

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР «ВСЕРОССИЙСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР  
ИМЕНИ В.С. ПУСТОВОЙТА»»

*На правах рукописи*



Занозина Олеся Дмитриевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ  
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ (*BRASSICA JUNCEA L.*) НА  
ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

4.1.1 – Общее земледелие и растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент  
Бушнев Александр Сергеевич

Краснодар – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	С.
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	11
1.1 Биологические особенности и ботанико-морфологическая характеристика	11
1.2 Влияние срока посева и норм высева семян на продуктивность горчицы	17
1.3 Влияние удобрений на урожай и качество горчицы	23
1.4 Использование яровых капустных культур в питании сельскохозяйственных животных	29
1.5 Использование яровых капустных культур в качестве зеленого удобрения	33
ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, СХЕМЫ ОПЫТОВ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	38
2.1 Погодно-климатические условия места проведения исследований	38
2.2 Агрохимическая характеристика почвенного покрова опытных участков исследований	42
2.3 Методика и условия проведения исследований	44
2.4 Агротехника возделывания горчицы сарептской в исследованиях	54
ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА, НОРМ ВЫСЕВА СЕМЯН И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ	56
3.1 Рост горчицы сарептской в зависимости от элементов технологии возделывания	56
3.2 Влияние элементов технологии возделывания горчицы на структуру урожая	62
3.3 Зависимость урожайности семян горчицы сарептской от элементов технологии возделывания	67
3.4 Качество семян горчицы сарептской при оптимизации элементов технологии возделывания	76

ГЛАВА 4 УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ АГРОПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ	83
4.1 Зависимость урожая биомассы горчицы сарептской от агроприемов ее возделывания на сидерат	83
4.2 Питательная ценность зеленой массы горчицы сарептской в зависимости от агроприемов ее возделывания	96
ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ НА СЕМЕНА	104
5.1 Экономическая эффективность сроков посева и норм высева семян	104
5.2 Расчет экономической эффективности применения аммиачной селитры	106
5.3 Экономическая эффективность применения микроудобрений	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	111
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ	113
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	114
ПРИЛОЖЕНИЯ	137

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** Одной из самых древнейших и широко используемых культур в мире является горчица. Легенды гласят, что еще в библейские времена человечество обнаружило ее вкусовые и целебные свойства. В России горчица сарептская (*Brassica juncea* L.) входит в пятерку основных масличных культур после подсолнечника, сои, рапса и льна масличного. Народно-хозяйственное значение горчицы очень разнообразно, так как она является культурой многоцелевого назначения. Пищевое масло, горчичный порошок, зеленые удобрения и зеленый корм являются основной целью ее возделывания. Семена горчицы сарептской способны накапливать высококачественное масло (40-52 %), пригодное для пищевых и технических целей. Кроме этого, они содержат эфирные масла (0,50-0,89 %), являющиеся очень ценным сырьем для химической промышленности и медицины (медицинские горчичники) [11, 123, 166].

«Горчичное масло обладает ценными пищевыми и вкусовыми качествами, устойчиво к процессам окисления и имеет самый низкий кислотный показатель по сравнению с другими масличными культурами. Кроме того, оно обладает высоким содержанием витаминов А, В, Е, РР (никотиновой кислоты), D и благодаря своему приятному вкусу рекомендуется для использования в производстве хлеба и кондитерских изделий». Благодаря своим уникальным свойствам, горчичное масло активно применяется в мыловарении, текстильной и кожевенной отраслях промышленности [23, 29, 63, 68].

При добавлении в рацион коров горчичный жмых, который содержит много макро- и микроэлементов, а также белка (32-41 %), это может увеличить их надои без снижения качества молока. Горчичный жмых можно использовать в качестве концентрированного корма, но перед кормлением его следует подвергать термической обработке [19]. Кроме того, «растения горчицы можно использовать в качестве зеленого корма. Однако рекомендуется скашивать растения до начала цветения, чтобы избежать появления «синигрина» – горчичного вещества, которое может раздражать кишечник животного» [139].

У современных сортов горчицы сарептской яровой потенциальная урожайность составляет свыше 3,0 т/га [100, 101]. Перспективность и интерес сельхозтоваропроизводителей к культуре отражается в увеличении на всей территории Российской Федерации ее посевных площадей. Так, в 2021 г. они составили 216,8 тыс. га, а в 2023 г. произошел резкий рост площадей и составил 431,4 тыс. га.

Горчицу выращивают в основном в засушливых регионах страны – Волгоградской, Саратовской, Ростовской областях и Ставропольском крае, в местах, где среднегодовое количество осадков, как правило, не превышает 280-400 мм, другие капустные масличные культуры требуют значительно большей влагообеспеченности [31, 143].

Вопросы, связанные с совершенствованием технологии возделывания культуры в зональном разрезе, остаются по-прежнему актуальными и своевременными, особенно на фоне появления новых сортов, изменений климата, наблюдающегося расширения посевных площадей и низкой ее продуктивностью в производстве. В связи с этим важно изучить особенности отдельных элементов технологии возделывания горчицы сарептской, чтобы разработать научно обоснованные рекомендации по ее использованию в различных целях, таких как получение семян, производство зеленого корма или использование в качестве сидерата, с учетом почвенно-климатических условий Западного Предкавказья.

**Степень разработанности темы.** Многие исследователи занимались разработкой технологии возделывания горчицы, чтобы получить высокопродуктивные агрофитоценозы культуры. Среди них: С.Б. Адьяев [3], Н.И. Велкова [10-16], В.В. Бородычев [3, 8], В.И. Радченко [136, 137], Н.Н. Дубенок [164], В.Т. Воловик [19-21], В.А. Гущина [53-55], М.М. Русакова [93, 123, 166], В.И. Шпота [176], О.Л. Томашова [160], Г.А. Медведев [100-102], Д.Е. Михальков [107-109], Е.Н. Ростова [145, 146], Е.Т. Нурманов [122], Прахова Т.Я. [131-133], А.Р. Цыганов, А.С. Мастеров, Е.А. Плевко [169] и другие. Изучались вопросы нормы высева семян, оптимального срока посева, способа посева, применения минеральных удобрений, оказывающих влияние на продуктивность разных видов горчицы. На сегодняшний

день накоплен значительный объем литературных данных, однако для более глубокого понимания этой культуры требуются дополнительные исследования. Важно учитывать не только ее биологические и ботанико-морфологические особенности, но и почвенно-климатические условия, в которых она выращивается, а также изменения климата и появление новых сортов. Поэтому для повышения эффективности выращивания горчицы сарептской на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья требуется совершенствование таких технологических приемов, как срок посева, норма высева семян и применение макро- и микроудобрений, которые позволят реализовать потенциал продуктивности культуры, повысить урожайность и качество семян и зеленой массы.

**Цель исследований** – разработка научно обоснованных элементов технологии возделывания (норм высева семян, сроков посева и применения минеральных удобрений) с целью повышения урожайности и качества получаемой продукции горчицы сарептской на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья.

**Задачи исследований:**

1. Изучить особенности роста горчицы сарептской в зависимости от сроков посева и норм высева, определить степень влияния их на урожайность и качество семян.
2. Выявить влияние сроков и способов применения макро- и микроудобрений на процессы формирования урожая, урожайность и качество семян горчицы сарептской.
3. Установить действие изучаемых элементов технологии возделывания горчицы сарептской на урожайность и качество зеленой массы, используемой на корм крупного рогатого скота (КРС) или сидерат.
4. Рассчитать экономическую эффективность агроприемов возделывания горчицы сарептской на семена.

**Научная новизна исследования.** На черноземе выщелоченном Западного Предкавказья изучено влияние сроков посева, норм высева семян, макро- и микроудобрений на продуктивность горчицы сарептской при возделывании на

семена и зеленую массу. Выявлены особенности роста растений горчицы сарептской, уточнены элементы технологии ее возделывания, определен биохимический состав семян и зеленой массы, используемой на корм и в качестве сидерата.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в определении степени влияния сроков посева, нормы высева семян и применения макро- и микроудобрений на продуктивность горчицы сарептской, выращенной на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья.

На основании проведенных исследований рекомендованы оптимальный срок посева, норма высева семян, срок и доза применения макро- и микроудобрений, обеспечивающие получение стабильно высоких урожаев семян и зеленой массы горчицы сарептской на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. Разработанная технология возделывания горчицы сарептской позволяет получать урожай семян на уровне 1,81-2,20 т/га, зеленой массы – 28-38 т/га.

Результаты исследований были внедрены в сельскохозяйственных предприятиях Краснодарского и Ставропольского краев и успешно прошли производственную проверку. В частности, в АО «Воронцовское» урожайность горчицы сарептской увеличилась на 0,31 т/га, а чистый доход предприятия вырос на 6,8 руб./га. В ЗАО «ФЭС-Семена» благодаря применению аналогичных элементов технологии возделывания урожайность культуры увеличилась на 0,65 т/га, а чистый доход – на 14 тыс. руб./га.

**Методология и методы исследований.** Методика проведения полевых и лабораторных исследований была основана на анализе и сравнении научной литературы, написанной отечественными и зарубежными авторами, которые ранее занимались изучением похожей тематики. Кроме того, мы использовали специфические и общенаучные методы исследований, которые характерны для растениеводства и земледелия. Они включали в себя различные виды учета, измерения и описания, проводимые по общепринятым методикам. Полученные экспериментальные данные были статистически обработаны, а результаты проанализированы.

**Основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту:**

1. Закономерности воздействия агроприемов (сроков посева, норм высева семян, применение удобрений) на прохождение фенологических фаз растений горчицы сарептской.

2. Обоснование сроков посева и норм высева семян горчицы сарептской.

3. Подкормки посевов горчицы сарептской азотным удобрением и микроудобрением оказывают положительное влияние на урожайность семян, зеленой массы и сухой биомассы.

4. Показатели качества зеленой массы горчицы сарептской для использования в питании КРС в зависимости от сроков посева, норм высева семян, применения удобрений.

**Степень достоверности результатов исследования.** Достоверность полученных результатов исследования экспериментально обоснована трехлетними полевыми опытами и лабораторными анализами, а также подтверждается благодаря статистическому анализу полученных данных и расчету экономической эффективности экспериментов.

**Апробация результатов исследований.** Основные положения (результаты) диссертационной работы ежегодно (2020-2024 гг.) докладывались, обсуждались и получили одобрение на заседаниях методической комиссии ученого совета ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, а также на 10 конференциях различного уровня.

XI Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур» в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (Краснодар, 2021); Международная научно-практической конференция: «Селекция, семеноводство, технология возделывания и переработка сельскохозяйственных культур» в ФГБНУ «ФНЦ риса» (Краснодар, 2021); Международная научно-практической конференция «Развитие сельского хозяйства, экологии и энергетики» (ЕЕА2022) в Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими



(Таджикистан, Душанбе, 2022); II Международная научно-практической конференция «Обеспечение устойчивого развития в контексте сельского хозяйства, энергетики, экологии и науки о Земле» (ESDCA-II-2022) в ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА (Смоленск, 2022); II Международная научно-практической конференция «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата» в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (Самара, 2022); VI Международная научная конференция «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» в ФГБУН «НИИСХ Крыма» (Симферополь, 2022); VII Международная научно-практическая конференция: «Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы» в МГТУ (Майкоп, 2022); Международная научно-практической конференция «Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур» в ФГБНУ «ФНЦ риса» (Краснодар, 2022); Международная научно-практической конференция «Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях меняющегося климата» в ФГБНУ «ФНЦ риса» (Краснодар, 2023), Всероссийская научно-практической конференция с международным участием «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» (Майкоп, 2023).

**Публикация результатов исследований.** По теме диссертационной работы опубликовано 11 печатных работ, в том числе 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 – индексируемая в Scopus.

**Личное участие автора.** Автор совместно с научным руководителем разработал схему полевых опытов и план эксперимента. Экспериментальные (полевые) исследования и лабораторные анализы проводились лично автором или с его участием. Автор самостоятельно проводил закладку полевых опытов, статистическую обработку исходных данных, обобщение результатов исследований, формулирование выводов и предложений производству. Также он подготовил публикации по основным положениям своей диссертации в научных изданиях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 151 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, приложений

производству, списка литературы и приложений. Работа включает 29 таблиц, 7 рисунков и 14 приложений. Список использованных источников состоит из 211 наименований, в том числе 31 на иностранных языках.

## ГЛАВА 1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Изменения в климате, расширение посевных площадей и выведение новых сортов горчицы подтверждают, что сельскохозяйственным производителям необходимо применять научно обоснованные агротехнологические методы при выращивании горчицы сарептской яровой для обеспечения стабильного увеличения урожайности.

### 1.1 Биологические особенности и ботанико-морфологическая характеристика

Семейство *Brassicaceae* полиморфно и насчитывает около четырех тысяч видов, как дикорастущих, так и культурных. Среди представителей семейства капустных или крестоцветных встречаются однолетние, двулетние и многолетние растения, относящиеся к классу двудольных [62, 81, 138]. На территории Российской Федерации под капустные культуры ежегодно отводят свыше 3000 тысяч пахотных угодий, так как многие представители (рапс, рыжик, капуста, горчица, брюква, редька, редис, турнепс) данного семейства имеют важное народно-хозяйственное значение в продовольственной безопасности нашей страны. Например, все представители семейства *Brassicaceae* опыляются насекомыми-опылителями за счет ярких и ароматных цветков, поэтому они отличаются высокой медоносностью (сбор меда может достигать 100-150 кг/га). Также многие виды (рапс, рыжик, горчица, редька масличная) семейства содержат в семенах большое количество растительных масел, используемых в различных отраслях производства: пищевой, кондитерской, химической, парфюмерной, лакокрасочной, консервной и в медицине. Масла также могут быть источником биотоплива (биоэтанол) [11, 13, 19, 21, 154, 204]. Кроме этого, капустные культуры обладают рядом полезных свойств: фитосанитарные (биогербицидные,

биоинсектицидные, биофунгицидные), фиторемедиационные (техническая очистка техногенных почв) и фитомелиоративные:

- биофунгицидные – к грибковым патогенам: *Fusarium graminearum*, *Fusarium poae*, *Rhizoctonia solani* и другим [186, 196, 207, 209];

- биоинсектицидные – медведка (*Gryllotalpidae*), проволочник (*Elateridae*) и нематоды (*Heterodera glycines Ichinohe*) [180, 205];

- биогербицидные – подавляет злаковые (куриное просо, мятлик луговой, овсюг, щетинник) и двудольные (дикая фиалка, подорожник, чертополох, амброзия, молочай) сорняки [50, 53, 99, 101];

- фитомелиорация – перевод труднодоступных элементов минерального питания в доступные, просушивание рисовых чеков [3, 8, 56];

- фиторемедиация – накапливает тяжелые металлы (мышьяк, свинец, ртуть, кадмий, цинк), то есть происходит очистка техногенных почв при отчуждении урожая с поля [10, 14, 16, 82, 115, 127, 155, 185, 191, 192, 194].

Ученые при объединении растений в семейства и рода руководствуются схожими анатомическими, ботаническими и биологическими особенностями культур. К примеру, биология рапса и горчицы очень схожа, поэтому многие сельскохозяйственные товаропроизводители, которые раньше занимались рапсом, начинают применять свои знания технологии на посевах горчицы, однако не все подходящие рапсу агроприемы могут практиковаться на горчице. Поэтому при составлении научно обоснованной технологии возделывания культуры необходимо учитывать ее ботанико-морфологическое строение и биологические особенности.

Горчица сарептская яровая, также известная как *Brassica juncea* L., принадлежит к семейству капустных (*Brassicaceae*). Она является одним из видов рода *Brassica*. «Это однолетнее травянистое растение длинного дня. Ее мощный главный веретеновидный (стержневая корневая система) корень проникает в почву на глубину до 3,0 м (в почвы с тяжелым гранулометрическим составом до 1,5 м), благодаря этому из глубоких почвенных слоев влага и питательные элементы перемещаются в пахотный горизонт (0-20 см). Преобладающая масса корней

горчицы находится на глубине до 50 см, и до 70 см может разрастаться в горизонтальном направлении», что способствует дополнительному рыхлению пахотного ( $A_{\text{пах}}$ ) и гумусового (А) горизонтов [28, 83, 106, 148].

«Стебель горчицы сарептской тонкий, сильноветвистый (ветви тонкие, прижатые к главному стеблю), прямостоячий, гладкий или слабобугорчатый, полый или заполненный паренхимой, в нижней части иногда покрыт щетинковидными волосками с сизоватым восковым налетом» [63, 139, 177]. Ветвистость стебля (количество боковых побегов) напрямую зависит от условий и технологии выращивания (площади питания) растений. Так, узкорядный посев горчицы способствует образованию только ветви 1-го порядка, и высота растений составляет до 1,0 м, а при разреженном посеве образуются ветви – 2-го, 3-го и даже 5-го порядка, и растения могут достигать высоты до 2,2 м [63, 106].

Листья горчицы сарептской неодинаковы по величине и форме в зависимости от яруса расположения их на растении. «Листья нижнего яруса (нижние) более крупные, розеточные длиной 10-12 см, длинночерешковые, опушенные, лировидные, с 1-3 парами лопастей, с крупной верхней долей». Средние или стеблевые листья, располагающиеся на среднем ярусе, имеют переходную форму, то есть листья по форме приближаются к листьям нижнего яруса, но меньше их по размеру, также они по окраске более светлые, черешки короткие. «Листья верхнего яруса (верхние) более узкие и по большей части сидячие, продолговато-линейные, в 2-3 раза мельче стеблевых листьев». Листья и стебель горчицы имеют сизый восковой налет [63, 83, 106, 148].

Соцветие горчицы сарептской имеет щитковидную или кистевидную форму и состоит из 25-50 цветков. «Растение в целом цветет сверху вниз, начиная от центральной кисти и заканчивая нижними ветвями, при этом сначала зацветает нижняя часть центральной кисти, а в конце – последняя ветвь самого старшего порядка. Цветки горчицы небольшие, их диаметр составляет 12-17 мм. Они имеют желтый цвет и четыре лепестка. Эти цветки являются обоеполыми, то есть они содержат и мужские, и женские органы размножения. У них есть четыре длинные тычинки и две короткие. Также у цветка имеется один небольшой пестик с

тонким столбиком и верхней завязью, которая содержит 15-25 семязачатков. Каждый цветок цветет три-четыре дня. В зависимости от погодных условий, цветение растений может продолжаться две-четыре недели» [5, 81, 106].

«Плод горчицы сарептской яровой – это тонкий двустворчатый стручок с бугорками. Его длина составляет от 2,5 до 10 см, а ширина – от 0,2 до 0,5 см. Его носик тонкий и шиловидный длиной от 0,6 до 1,2 см, а плодоножка достигает от 0,6 до 1,6 см». Этот стручок присоединен к оси цветения под острым углом и содержит от 8 до 25 семян [5, 91, 93, 113].

Семена различных сортов горчицы известны своими небольшими размерами (1,2-2,0 мм) и овально-круглой формой. Они могут иметь желтый, темно-бурый или коричневый окрас, а их оболочка обычно крупносетчатая. Вкус семян горчицы горький, а запах характеризуется эфирными нотками. Масса 1000 семян может быть в пределах от 2,5 до 5,0 г [90, 91].

В семенах горчицы сарептской содержание «растительного масла колеблется от 45 до 52 %, а содержание эфирного масла – с 0,5 до 0,8 %. Также в ее семенах присутствуют такие полезные ненасыщенные жирные кислоты, как олеиновая – 54 %, линоленовая – 11 % и линолевая – 32 %, а также содержатся витамины группы В, А, Е, Д и РР (никотиновая кислота)» [24, 58, 166].

Горчица сарептская – это растение, которое может опыляться как самостоятельно, так и с помощью насекомых или ветра. Доля перекрестного опыления может достигать 30 % в зависимости от погодных условий во время цветения [30, 95, 163, 167].

Горчица сарептская – холодостойкая культура, которая не требовательна к теплу и не боится холода, так как семена начинают прорастать при температуре почвы на глубине 8-10 см не ниже 1-2 °С. Однако при этой температуре могут наблюдаться неравномерные всходы, появляющиеся на 10-12 сутки после посева, а при прогревании почвы до 10-12 °С появляются дружные всходы культуры. Горчица в фазе всходов не чувствительна к холоду. В фазе семядольных листочков (проростков) горчица выдерживает кратковременные заморозки до минус 2-3 °С, а после образования прикорневых листьев она способна

непродолжительное время выдерживать понижение температуры до минус 5-6 °С, при этом может наблюдаться отмирание краев листьев, а взрослые растения культуры (в фазе цветения) могут переносить заморозки до минус 2 °С [90, 91].

По фотопериодизму горчица сарептская классифицируется как растение длинного дня, то есть продолжительность ее вегетации обусловлена длиной светового периода. В условиях длинного светового дня прохождение горчицей фаз развития проходит ускоренно (сокращается период вегетации), то есть фазы вегетации наступают быстрее по сравнению с растениями короткого дня. В условиях Южного Федерального округа период посев-созревание семян горчицы составляет от 60 до 100 суток, а при выращивании ее на корм или сидерат он сокращается до 30-40 суток [69, 112, 125].

Горчица сарептская является «условно» засухоустойчивой культурой, так как коэффициент транспирации у нее всего 350-400, однако она в определенные этапы вегетации очень чувствительна к недостатку почвенной влаги. Дефицит влаги в почвенном профиле при посеве может приводить к увеличению периода посев-всходы, также это приводит к образованию низкорослых растений с малым количеством боковых побегов и листьев с небольшой листовой поверхностью. Кроме того, в период бутонизации и начала цветения горчица особенно чувствительна к влажности почвы. В этот период у нее происходит интенсивный рост вегетативной массы, что увеличивает потребность растений во влаге. Однако если запасы влаги в почве, накопленные зимой и весной, составляют 70-75 % от полной полевой влагоемкости, то горчица может успешно начать свой жизненный цикл. Ее мощная корневая система позволяет растению благополучно завершить период вегетации. А при использовании орошения на посевах горчицы урожайность может увеличиться в 3-4 раза по сравнению с выращиванием без полива [68, 81, 101, 106].

Горчица сарептская отличается высокой экологической пластичностью и способностью адаптироваться к различным почвенно-климатическим условиям. Это позволяет успешно выращивать ее в разных регионах. В ходе экологического сортоиспытания, проведенного в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, было установлено, что

при возделывании горчицы сарептской сорта Ника высокий урожай можно получить как на юге страны, например, в Краснодаре, где почва представлена черноземом выщелоченным (2,84 т/га), так и на севере, например, в Омске, где чернозем южный (2,61 т/га) [141]. На урожайность горчицы, кроме климатических условий, также влияет почвенный покров. Горчица сарептская относится к сельскохозяйственным культурам, которые неприхотливы к почвам и ее гранулометрическому составу, однако она больше предпочитает суглинистые почвы. Также она лучше растет на черноземах и каштановых почвах, в отличие от солонцов и песчаных почв. Оптимальная реакция среды почвенного раствора для горчицы сарептской рН 6,0-7,5 (водная вытяжка) [81, 102, 105, 138].

Исследованиями Д.Н. Прянишникова было установлено, что корневая система всех видов горчицы отличается высокой усвояющей способностью (поглощает труднодоступные элементы питания из почвенного профиля) [134]. Однако горчица сарептская весьма отзывчива на дополнительное внесение органических и минеральных удобрений, так как для реализации биологического потенциала продуктивности, который при благоприятных условиях составляет 3,0-3,5 т/га, ей необходимы дополнительные источники элементов питания. Растения горчицы сарептской нуждаются в элементах минерального питания с момента прорастания до созревания семян. Недостаток основных элементов (NPK) в почве может замедлить рост и развитие растения, а также его корневой системы. В результате образуется меньше семян и зеленой массы, нарушаются процессы фотосинтеза и обмена веществ. Дефицит микроэлементов также может привести к задержке цветения, ухудшению завязываемости и разрушению хлорофилла. Все это может нарушить нормальную жизнедеятельность растений и даже привести к их гибели. Избыток элементов минерального питания также может быть вреден для растений горчицы сарептской. Он может привести к полеганию растений, задержке завязываемости семян и перерастанию растений. При избытке элементов питания на листьях и стеблях могут появляться пятна и ожоги, что делает растения более уязвимыми для болезней и вредителей. В результате



урожайность может снизиться, а растения горчицы сарептской яровой могут погибнуть [28, 29, 138, 148, 179].

Итак, изучение особенностей агротехники при выращивании горчицы сарептской с учетом ее биологических и ботанико-морфологических особенностей поможет в полной мере раскрыть потенциал урожайности этой культуры.

## **1.2 Влияние сроков посева и норм высева семян на продуктивность горчицы**

Изучение биологических особенностей сельскохозяйственных культур помогает определить оптимальный срок посева для них, так как учитывается потребность семян в тепле и влаге при прорастании, отношение всходов конкретной культуры к низким температурам, а также массовый лет наиболее опасных вредителей. Горчица относится к культурам, которые хорошо переносят кратковременные возвратные заморозки до минус 5-6 °С (в фазе розетки листьев), поэтому для нее срок посева в первую очередь определяется целью ее дальнейшего использования (семена, зеленый корм или зеленое удобрение). С целью получения высокой семенной продуктивности культуры и высококачественной зеленой массы для ранней подкормки крупного рогатого скота (до посева яровых колосовых культур) горчицу необходимо высевать весной при первой возможности выхода сельскохозяйственной техники в поле, то есть при «физической спелости» почвы и температуре на глубине десятисантиметрового слоя не ниже 1-2 °С [5, 114, 150]. Это согласуется с исследованиями В.Г. Шурупова и Е.В. Картамышевой [177], которые утверждают, что «своевременный срок посева горчицы сарептской существенно влияет на ее урожайность и качество. Авторы понимают под своевременным сроком посева ранний срок, когда верхний слой почвы еще влажный, но уже можно проводить минимальную обработку почвы (предпосевную обработку зяби), то есть в ее "спелом" состоянии». В этом состоянии почва не прилипает к рабочим органам сельскохозяйственной техники,

что позволяет посеять мелкие семена горчицы на оптимальную глубину 2-3 см и обеспечить дружные и равномерные всходы культуры [177].

Следует отметить, что в зарубежных странах, возделывающих различные виды горчицы, известны иные подходы к выбору оптимального срока посева. Так, в юго-западной Австралии ученые установили, что урожайность в условиях низкого количества осадков (в городах Мерредин, Маллева и Ньюдегейт) была выше при посеве в начале сезона (май). Это в основном связано с устойчивостью горчицы к стрессовым условиям (высокая температура, малое количество осадков и поздний посев), раннем появлении всходов, более коротком периоде вегетации, большей выработке сухого вещества и хорошем запасе почвенной влаги, накопившейся за осенне-зимний период. Следовательно, для снижения затрат на выращивание горчицы необходимо учитывать не только цели ее возделывания, но и почвенно-климатические зоны [183], поэтому для каждого региона необходимо устанавливать свой оптимальный срок посева.

В США горчица введена в культуру в 50 штатах, однако ученые Cornell University считают, что горчицу лучше всего возделывать в штатах со среднегодовой температурой от 6 до 29,5 °С, так как в противном случае горчица может быстро прорасти и тем самым образовывать горечь из-за недостатка влаги, что негативно сказывается на качестве будущей продукции [197, 204].

Тем не менее, при раннем сроке посева корневая система растений горчицы сарептской развивается более мощной и лучше усваивает осенне-зимние запасы влаги, благодаря чему хорошо переносит засуху в летний период. Также это способствует уменьшению конкуренции с сорными растениями и рисков от повреждения культуры злостным вредителем горчицы – крестоцветной блошкой, так как к моменту ее массового появления растения горчицы успеют хорошо развиваться и огрубеть (насекомым-вредителям тяжелее нанести вред растению). Более дружные всходы горчицы получаются при хорошем прогревании почвы (10-12 °С, иногда 18 °С), но в этот период может наблюдаться иссушение поверхностного слоя почвы, что, наоборот, приводит к плохому (медленному) прорастанию семян, в последствии к изреживанию посевов и их ослаблению, из-

за чего происходит сильное повреждение их вредителями. Так, например, на территории Индии горчичная тля (*Lipaphis erysimi* Kalt.), капустная тля (*Brevicoryne brassicae* L.) и зеленая персиковая тля (*Myzus persicae* Sulzer) являются основными вредителями, вызывающими значительные потери урожая, которые могут достигать 96 %, а также 5-6 % снижение содержания масла в определенных регионах выращивания горчицы [181]. В связи с этим индийские фермеры предпочитают производить посев в период с декабря по февраль, так как потери урожая из-за вредителей в этом случае варьируют от 0 до 31 %, а более поздний посев в марте может привести к потерям до 49,8 %. Более поздний срок посева приводит не только к потере урожая, но и росту затрат на применение инсектицидов и дополнительного полива из-за нехватки атмосферных осадков в весенне-летний период [184, 191, 198].

Вышеизложенная информация подходит для получения высокой семенной продуктивности и ранних зеленых кормов. Между тем горчицу сарептскую из-за своего короткого периода вегетации можно «вводить в рацион питания сельскохозяйственных животных в осенний период, когда происходит острая нехватка сочных кормов. Ее высевают после уборки основной культуры – пшеницы, то есть в третьей декаде июля или первой декаде августа. Этот срок посева подходит для всех капустных культур, которые выращивают на зеленый корм в центральном районе Нечерноземной зоны». Г.Н. Виниченко [17] экспериментально доказал, что «посев яровых капустных культур на зеленый корм во второй и третьей декадах августа приводит к снижению урожайности зеленой массы в 2,5-3 и 5 раз соответственно». Из-за этого такие посевы становятся экономически невыгодными для производства.

В.Р. Колесников [80] придерживается аналогичного мнения по поводу срока посева для условий Центрально-Черноземной зоны. Однако в исследованиях О.Л. Кирилеско [77], проведенных в Черновицкой области, установлено, что «более поздний срок посева снижает урожайность зеленой массы, но при этом содержание протеина возрастает с 17,9 до 24,0 %, а содержание клетчатки снижается с 28 до 22 %, то есть при меньшей урожайности

получен более качественный зеленый корм». Кроме того, в данный период времени можно осуществлять посев горчицы, если у сельхозпроизводителя есть цель в последующем использовать ее в виде сидеральной культуры.

Важным фактором, оказывающим влияние на рост и развитие растений, как и срок посева, является норма высева семян. Горчица обладает высокой пластичностью, то есть в разреженных посевах она развивается мощнее (происходит образование большого количества боковых побегов), чем в густых. В свою очередь, густые посевы развиваются быстрее, что способствует лучшей стойкости их к неблагоприятным воздействиям вредителей и сорных растений, однако в засушливые годы они формируют очень низкие урожаи. Кроме этого, загущенные посевы сильнее поражаются болезнями, склонны к полеганию стеблестоя, что также приводит к снижению урожайности [125, 130, 142]. При возделывании горчицы норма высева семян зависит от почвенно-климатических условий конкретного региона и от технических возможностей сельскохозяйственного предприятия (ширина рабочих органов сеялки, находящейся на балансе хозяйства).

У ряда советских и российских исследователей (А.С. Кушнир [91, 92], О.В. Столяров, С.В. Кадыров, Д.И. Щедрина и В.А. Федотов [136], С.С. Жирных [54, 55], М.П. Космодемьянский [88], В.А. Савельев [148], В.Е. Ториков [138]) есть обобщенное мнение, что для получения крупных полновесных семян горчицы норма высева семян должна быть: в засушливых зонах – 8-10 кг/га, во влажных – 12-15 кг/га, при узкорядном посеве – 10-12 кг/га и при широкорядном посеве – 6-8 кг/га. Однако биология культуры, постоянная смена климатических поясов обязывает ученых постоянно совершенствовать и дополнять уже имеющиеся рекомендации.

В некоторых исследованиях было обнаружено, что урожайность семян и зеленой массы горчицы напрямую зависит от количества семян, посеянных на гектар. Например, «в 2019 г. на черноземе выщелоченном центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК изучались три нормы высева семян: 0,66 0,80 и 0,93 млн шт./га, что соответствует 2,0, 2,4 и 2,8 кг/га.

«Результаты эксперимента подтвердили, что урожайность горчицы сарептской прямо пропорциональна количеству семян, посеянных на гектар. То есть, чем больше семян посеяно, тем выше урожайность». Например, при норме высева семян 0,93 млн шт./га урожайность составила 1,71 т/га [65]. Аналогичная зависимость была выявлена в исследованиях Д.Е. Михалькова и А.С. Кочергиной [107]. Они изучали нормы высева семян в Волгоградской области и обнаружили, что увеличение количества семян приводит к повышению урожайности. Например, «при норме высева семян 0,5 млн шт./га урожайность составила 0,20 т/га, а при норме высева семян 1,5 млн шт./га – наибольшая 0,60 т/га».

Как уже было отмечено, горчицу сарептскую можно применять как сидерат, то есть как зеленое удобрение. Поэтому исследования, посвященные нормам высева семян, влияющим на урожайность зеленой массы, имеют такое же важное значение, как и исследования норм высева семян, определяющих семенную продуктивность. В опытах С.С. Жирных [59] была выявлена аналогичная зависимость «урожайности зеленой массы горчицы сарептской от норм высева семян (2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 млн шт./га), о которой говорилось выше. В условиях Удмуртского НИИСХ была получена наибольшая урожайность зеленой массы – 11,6 т/га при максимальной норме высева семян – 4,0 млн шт./га. А наименьшая урожайность – 8,5 т/га была зафиксирована при минимальной норме высева семян 2,0 млн шт./га» [59]. Основываясь на этих исследованиях очевиден вывод, что норму высева семян можно увеличивать и увеличивать, так как чем больше посеём, тем больше получим. Но у ряда отечественных ученых (Е.А. Иванцова [68], Н.И. Велков [12, 15], Д.Е. Михалько и Е.С. Семенова [109, 135]) при более широком изучении влияния нормы высева семян (свыше 2,5 млн шт./га) на урожайность не наблюдалась данная зависимость [26, 210]. Например, в исследованиях Е.Н. Ростовской и А.М. Изотова [146] на черноземе южном была обнаружена интересная зависимость: «при увеличении нормы высева семян с 0,5 до 2,0 млн шт./га урожайность (с 0,32 до 0,47 т/га) сначала возрастала. Однако при дальнейшем увеличении нормы высева семян до 2,5 млн шт./га наблюдалось снижение урожайности до 0,43 т/га. А при норме

высева семян 3,0 млн шт./га урожайность снова увеличивалась, но всего на 0,01 т/га». Похожие результаты были получены в лесостепи Среднего Поволжья, где изучали влияние пяти норм высева семян на урожайность горчицы белой и сарептской. Шаг изменения норм высева семян составлял 0,5 млн шт./га (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 млн шт./га). Исследования показали, что «при увеличении нормы высева семян урожайность семян обоих видов горчицы также увеличивается. Наибольшая урожайность была достигнута при норме высева семян 2,5 млн шт./га: для горчицы белой – 2,19 т/га, для горчицы сарептской – 2,32 т/га. Дальнейшее увеличение нормы высева семян до максимальной (3,0 млн шт./га) приводило к снижению урожайности обоих видов горчицы» [55, 96]. Эти результаты говорят о том, что для каждой почвенно-климатической зоны нет единого мнения о том, когда лучше проводить посев и сколько семян нужно высевать.

Норма высева семян и срок посева по отдельности являются важными элементами технологии возделывания всех видов горчицы, но изучение данных факторов вместе позволяет лучше оценить их эффективность на продуктивность горчицы сарептской. Например, в ходе исследований Н.Н. Дубенка и его коллег [164] было установлено, что «в почвенно-климатических условиях полупустынной зоны Республики Калмыкия при выращивании горчицы сарептской в рисовом севообороте наиболее экономически выгодным является ранний посев по мерзлоталой почве с нормой высева семян 2,4 млн шт./га. При такой комбинации факторов урожайность горчицы может достигать 2 т/га по сравнению с аналогичной нормой высева семян, но при более позднем (ранневесеннем) сроке посева – 1,4 т/га».

И.Б. Тихомировой [159] были проведены корреляционные исследования на листовых сортах горчицы Волнушка и Прима для определения влияния изучаемых элементов (норма высева семян и срок посева) технологии на их урожайность. «Семенная продуктивность растений сорта Волнушка снижалась при увеличении нормы высева семян, корреляционный коэффициент варьировал от минус 0,923 до минус 0,950 (среднее значение было минус 0,938). Однако у сорта Прима вариабельность коэффициента корреляции была более широкой и

составила от минус 0,899 до минус 0,948 (среднее значение минус 0,933). Это объясняется тем, что при увеличении нормы высева происходит загущение посевов, что приводит к существенному ограничению ветвления соцветия и, соответственно, существенному уменьшению количества формирующихся семян, а также их массы. Также была отмечена обратная корреляция, но значения коэффициента корреляции имели вариабельность для сорта Волнушка минус 0,702, а для сорта Прима минус 0,672, что говорит о средней тесноте связи результирующего показателя с данным приемом агротехники. Обратная корреляция также вполне объяснима: чем позже проводится посев (разница между вариантами достигала 10 дней), тем ниже была семенная продуктивность растений горчицы как у одного, так и у другого сорта. Последнее связано с наступающим иссушением слоя почвы, в который были заделаны мелкие семена горчицы» [159].

Таким образом, при определении сроков посева и нормы высева семян горчицы сарептской необходимо учитывать особенности ее биологии, а также почвенно-климатические условия региона, где она будет выращиваться.

### **1.3 Влияние удобрений на урожай и качество горчицы**

В Поволжье и Заволжье в XIX в. горчица сарептская получила широкое распространение как отличная масличная культура. Горчицу сеяли на лучших почвах, которые хорошо увлажнялись за счет стока весенних вод. При освоении целины ее высевали на свежевспаханных целинных почвах, что создавало благоприятные условия для посева горчицы. Она меньше страдала от сорной растительности, сельскохозяйственных вредителей и была обеспечена влагой и питательными элементами. Все это привело к увеличению ее посевных площадей до 150 тыс. га, но впоследствии из-за большой пестроты почвенного плодородия – к уменьшению урожайности культуры. Поэтому в 1913 г. посевные площади горчицы сократились до 54 тыс. га из-за нерентабельности ее производства, но нехватка растительных масел привела к увеличению посевных площадей под

всеми видами горчицы. Так, до 1931 г. в СССР горчицу выращивали на площади около 334 тыс. га [101]. Однако успешная селекционная работа В.С. Пустовойта с подсолнечником способствовала появлению в стране новых высокоурожайных масличных сортов подсолнечника, из-за чего возделывание горчицы вновь сокращается, так как появился новый высокомасличный конкурент. Это свидетельствует о том, что добиться высоких урожаев горчицы сарептской простым увеличением посевных площадей очень сложно, поэтому необходимо применять научно обоснованную технологию возделывания культуры, в том числе рациональную систему удобрения.

Согласно исследованиям Г.Т. Бойко [6], горчица сарептская хорошо реагирует на внесение удобрений. Роль элементов питания для растений нельзя переоценить, ведь они определяют структуру органических молекул, проницаемость мембран и участвуют в разнообразных биохимических реакциях. Эти элементы также являются частью клеточных структур. «В период активного роста и развития горчицы сарептской, который приходится на межфазный период от стеблевания до начала цветения, растение активно потребляет элементы питания из почвы. Однако к фазе плодообразования этот процесс замедляется, а затем и вовсе прекращается. Горчица сарептская на протяжении всего периода вегетации наиболее сильно реагирует на азотное питание. Поэтому для формирования 1 т урожая семян ей необходимо от 55 до 60 кг азота, от 25 до 30 кг фосфора и от 25 до 35 кг калия». Кроме того, горчице, в отличие от зерновых культур, требуется в 3,5 раза больше микроэлементов и серы (от 25 до 30 кг/т), которые играют важную роль в процессах ее роста [22, 69, 88, 129, 143]. Концентрация подвижных (легко доступных) форм микроэлементов в почвенном растворе должна быть в определенном диапазоне (варьировать от 0,2 до 50 мг/кг в зависимости от элемента) для нормального роста растений [87, 161, 162, 178].

Рядом отечественных ученых (Г.А. Ураев, Г.А. Воробейко и В.Н. Лебедев [23], Е.Ю.Зотова [66], С.Е. Сергеева [152]) были заложены опыты на дерново-подзолистых почвах, которые подтверждают, что горчице для высокой общей продуктивности необходимо на 30-50 % больше азота, чем фосфора или калия.



Так, например, в работе Е.Ю. Зотовой [67] отмечается, что наибольшую прибавку урожая семян (0,42-0,70 т/га) горчицы белой можно получить при внесении азотно-фосфорных удобрений.

Приведенные выше работы подтверждают отзывчивость горчицы на минеральное питание, однако применение удобрений должно быть научно обосновано (рациональная система удобрения). Когда-то основатель советской школы агрономической химии Д.Н. Прянишников писал: «Избытком удобрений нельзя заменить недостаток знаний о них» [134]. Все это говорит о целесообразности исследований в области минерального питания горчицы сарептской на современном этапе с целью получения максимальной урожайности при минимальных затратах на производство культуры [3, 100, 102, 135].

Например, в Индии ученые установили, что сочетание минеральных удобрений с биоудобрениями на аллювиальных почвах может не только повысить урожайность горчицы на 20-30 %, но и активировать действие почвенных микроорганизмов [201]. На латеритных почвах в западных регионах Индии совместное использование химических удобрений с органическими отходами способствовало получению наибольшей прибавки урожая семян горчицы – 14 % по сравнению с вариантом без внесения удобрений [195, 206].

В Индии горчица является вторым по значимости после земляного ореха (арахиса) источником масла, используемого в пищу, но география культуры на Индии не заканчивается. Так, австралийскими учеными изучалось «влияние различных доз и сроков внесения минеральных удобрений на урожайность, качество семян и сухое вещество пшеницы, рапса и горчицы. В результате было установлено, что хоть горчица ограничена низким индексом урожая, но в засушливых условиях, в ранний срок посева и при внесении одинаковых доз минеральных удобрений, как и у пшеницы, она способна обеспечивать стабильный урожай семян с высоким содержанием масла в них» [188]. Следовательно, агрономическая эффективность применения удобрений на горчице выражается в получении прибавки урожая без ухудшения его качества.

Влияние уровня минерального питания на формирование урожая и качество семян всех видов горчицы изучали в Российской Федерации и странах СНГ. В.И. Радченко [136] на черноземе обыкновенном Ставропольского края установил достоверную тесную связь между высотой растений, числом стручков, массой 1000 семян и урожайностью горчицы. «В вариантах с внесением  $N_{60}P_{60}$  и  $N_{60}P_{60}K_{60}$  средняя урожайность горчицы сарептской увеличилась на 15,5-29,0 % и масличность семян на 0,1-1,2 % по сравнению с контролем без удобрений, а одностороннее внесение дозы  $N_{60}$  снижало масличность семян на 0,8 %».

Исследования Е.Ю. Зотовой [66] на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья позволили установить, что «залогом будущего урожая растений горчицы белой является фотосинтез, один из важнейших биологических процессов, позволяющий синтезировать углеводы из неорганических веществ за счет энергии солнца. В вариантах внесения  $N_{45}P_{45}K_{45}$  и  $N_{90}P_{90}K_{90}$  в сравнении с контролем увеличилась площадь листовой пластинки в 2 и 3 раза соответственно, следовательно, и коэффициент поглощения ФАР (фотосинтетическая активность радиации) – в 1,8-2,0 и 2,4-2,7 раз соответственно. Усиление фотосинтетической активности растений горчицы привело к увеличению массы 1000 семян на 12-15 % и урожайности на 15-20 % по сравнению с контролем».

Полевые испытания, проведенные на черноземе обыкновенном Кабардино-Балкарской Республики З.Ж. Кандраковым [72], подтвердили, что площадь листовой пластинки, количество стручков и семян в них и урожайность горчицы сарептской тесно связаны между собой, а внесение минеральных удобрений может влиять на эти показатели. Установлено, что доза  $N_{60}P_{30}K_{30} + P_{120}K_{60}$  является наилучшей, так как урожайность и сбор масла горчицы сарептской увеличились на 14-15 % по сравнению с контролем.

Исследования О.Л. Томашевой с коллегами [160] по совместному применению азотно-фосфорных удобрений на посевах горчице сарептской позволили определить оптимальную дозу для чернозема южного слабогумусного. «Внесение  $N_{60}P_{60}$  осенью привело к увеличению урожайности на 30% по сравнению с контролем, в то время как дробное внесение удобрений ( $N_{30}P_{60}$

осенью +  $N_{30}$  весной) привело к снижению урожайности на 0,09 т/га по сравнению с полной дозой  $N_{60}P_{60}$  (осенью)» [160].

Опыты С.А. Коваленко [79] в южной степи Украины на темно-каштановых среднесуглинистых почвах при изучении дробного внесения азотных удобрений подтверждают, что одноразовое внесение минеральных удобрений ( $N_{60}$ ) под культивацию дает прибавку урожая по сравнению с контролем на 39 % больше и на 8-10 % эффективнее, чем дробное внесение ( $N_{30}$  под культивацию +  $N_{30}$  в подкормку). Однако, при изучении влияния сульфата аммония на продуктивность горчицы сарептской на черноземе выщелоченном в Западном Предкавказье, было установлено, что дробное внесение удобрения в фазах всходов ( $N_{22}S_{25}$ ) и стеблевания ( $N_{22}S_{25}$ ) дает лучшие результаты, чем однократное внесение полной дозы в фазе всходов или стеблевания. Так, при дробном внесении прибавка урожая составила 0,38 т/га, что на 0,20 т/га больше, чем при однократном внесении полной ( $N_{44}S_{50}$ ) дозы в фазе всходов, и на 0,28 т/га больше, чем при однократном внесении в фазе стеблевания [64, 211].

В.В. Бородычев с коллегами [8] установил, что «на бурых лесных почвах экономически нецелесообразно внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{70}$ , так как прибавка урожая, варьирующая от 0,66 до 0,87 т/га, соответствует прибавке от внесения дозы  $N_{80}P_{30}$ ». Опытами Е.Н. Ростовской установлено, что на черноземе южном в условиях степного Крыма внесение дозы  $N_{80}$  в отличие от дозы  $N_{60}$ , нерентабельно, так как при норме высева семян 2,0 млн шт./га в данных вариантах урожайность одинаковая (по 0,68 т/га) [145].

Казахстанскими учеными Е.Т. Нурмановым и Б.Н. Хамзиновой [122] было определено, что «растения горчицы сарептской способны реагировать не только на дефицит элементов питания в почве, но и на их избыток. Благодаря своему тонкому веретеновидному корню, они могут эффективно усваивать труднодоступные элементы питания из почвы и удобрений. В ходе исследований влияния различных доз азотных и фосфорных удобрений на урожайность семян горчицы сорта Рушена, ученые установили, что внесение  $N_{30}$  и  $N_{60}$  не оказывает существенного влияния на семенную продуктивность культуры. Однако

применение  $P_{150}$  привело к значительному повышению урожайности на 46,8% по сравнению с контролем. Однако дальнейшее увеличение дозы фосфорных удобрений ( $P_{180}$  и  $P_{210}$ ) не оказало положительного эффекта и даже привело к снижению урожайности практически на 20 %». Таким образом, было установлено оптимальное соотношение между азотными и фосфорными удобрениями для достижения максимальной урожайности горчицы сарептской.

Горчица сарептская для нормального роста и развития нуждается в сбалансированном уровне минерального питания, то есть, кроме макроэлементов, ей необходимы мезо- и микроэлементы, которые при дефиците их в почвенном растворе эффективнее всего вносить с помощью некорневых подкормок комплексными удобрениями. В настоящее время многие ученые сосредоточили свое внимание на данном вопросе.

Так, А.Р. Цыганов, А.С. Мастеров, Е.А. Плевко [169] изучали влияние микроудобрений на продуктивность горчицы белой и установили, что от внесения их существенного увеличения сухого вещества не наблюдается по сравнению с фоном ( $N_{80}P_{40}K_{60} + N_{40}$ ). Масса 100 сухих растений горчицы в фазе бутонизации на контроле составила 55 г, в фазе цветения – 151 г, зеленой спелости – 269 г, а к фазе полной спелости – 281 г, но после обработки растений горчицы белой комплексным препаратом Басфолиар 36 Экстра (36,3 % N, 4,3 % MgO, 1,34 % Mn, 0,27 % Cu, 0,03 % Fe, 0,03 % B, 0,013 % Zn, 0,01 % Mo) к фазе цветения масса 100 сухих растений увеличилась на 18 г, к фазе зеленой спелости – на 10 г, полной спелости – на 11 г по сравнению с фоном.

В исследованиях В.А. Гушеной и А.С. Лыковой [54], проведенных в лесостепи Среднего Поволжья, было показано, что применение двух некорневых подкормок микроудобрениями на фоне  $N_{32}P_{32}K_{32}$  способствовало увеличению у горчицы белой количества стручков до 69,1 шт./раст., массы 1000 семян – до 5,75 г. В результате урожайность культуры выросла до 2,71 т/га, что на 0,44 т/га превышало контрольный вариант. В качестве некорневых обработок использовали микроудобрения Agree's Сера в количестве 1 л/га и Agree's Бор в том же объеме. Первое удобрение вносили в фазу розетки листьев, второе – в

период бутонизации горчицы белой [54].

Микроудобрения способны оказывать положительное влияние на урожайность горчицы также без применения полного основного удобрения (фон). К.В. Наумцева и Д.В. Виноградов [117], изучая влияние препаратов Актив-Цинк (1 л/га) и Актив-Бор (1 л/га) на урожайность двух сортов горчицы Рапсодия и Люция, определили, что удобрения увеличивали урожайность горчицы по сравнению с контролем. При сочетании Актив-Цинк (1 л/га) + Актив-Бор (1 л/га) урожайность увеличилась у сорта Рапсодия на 0,11 т/га, а у Люция – на 0,19 т/га по сравнению с вариантом без применения удобрения.

Таким образом, все проведенные исследования свидетельствуют о том, что все виды горчицы очень отзывчивы на минеральное питание, однако применение удобрений должно быть научно обосновано, то есть, разработана рациональная система удобрения. Систему удобрения горчицы сарептской необходимо разрабатывать на основе: почвенно-климатических условий региона возделывания культуры и особенностей питания культуры в различные периоды ее роста и развития.

#### **1.4 Использование яровых капустных культур в питании сельскохозяйственных животных**

Согласно данным структуры посевных площадей по видам сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Российской Федерации, в 2020 г. только 18,4 % были заняты под кормовые культуры [151]. Кормовыми культурами называются сельскохозяйственные культуры, выращиваемые на корм сельскохозяйственным животным и птицам [85]. Основной кормовой базой, на которой держится вся отрасль животноводства (традиционные корма), являются травы, луговые травы, кормовые овощи и фуражное зерно. Однако только 3 % флоры от числа поедаемых растений используется в кормовых посевах (25 видов). Такой ограниченный набор сельскохозяйственных культур приводит к неустойчивости кормопроизводства и затрудняет обеспечение сельскохозяйственных

животных и птиц полноценным кормом. Также использование в рационах питания сельскохозяйственных животных более 70 % зерновой продукции приводит к возрастанию затрат производства в отрасли. Поэтому в целях снижения расходов и сбалансирования кормовой базы для животноводства и птицеводства необходимы альтернативные источники питательных веществ (нетрадиционные корма) [119, 147].

Нетрадиционные кормовые культуры должны быть сбалансированы не только по содержанию минеральных веществ, витаминов, жиров, углеводов, но и должны быть богаты белком, определяющим стоимость комбикорма. В настоящее время одной из главных проблем, которая мешает развитию животноводства в нашей стране, является нехватка белковых кормов. Для формирования надежной кормовой базы в сфере животноводства и птицеводства, производители могут рассмотреть возможность возделывания капустных культур в качестве зеленого корма и источника семян. Эти культуры обладают высокой энергетической и протеиновой ценностью, что делает их особенно полезными для обеспечения сбалансированного питания крупного рогатого скота, овец, свиней и птиц. Многочисленные исследования подтвердили, что корма, полученные из капустных (такие как зеленая масса, силос, мука, жмых и шрот), могут эффективно использоваться для питания всех видов и возрастных категорий сельскохозяйственных животных и птиц [70, 75, 84, 98].

В различных работах ученые для составления рациона сельскохозяйственных животных и птиц больше отдают предпочтение горчичному жмыху, так как он образуется после извлечения масла из семян горчицы и не востребован для производства горчичного порошка. Данная последовательная цепочка внедрения отходов производства одной отрасли в другую с целью использования в качестве сырьевой базы позволяет увеличить рентабельность обоих производственных процессов за счет сокращения расходов на предприятиях. Горчичный жмых в 1 кг сухого вещества содержит: сырого протеина – 425,3-436,7 г, сырого жира – 92,0-148,2 г, сырой клетчатки – 36,9-49,6 г, фосфора – 9,9-10,8 г, калия – 10,9-12,9 г, магния – 4,7-5,1 г, меди – 9,5-9,8 г, цинка – 64,1-67,9 г, кальция – 4,1-4,7 г, каротина – 5,2-5,6 мг [20, 123, 166].

Жмых, шрот относятся к грубым кормам, однако для КРС их лучше давать в зимний сезон при отсутствии альтернативного корма, а именно сочных кормов (зеленая масса). Зеленая масса горчицы хорошо переваривается, богата питательными веществами и легкоусвояемая КРС. Еще она благоприятно влияет на величину удоя и качество молока. В зеленой массе горчицы содержится много протеина, каротина – 4,5-5,0 мг, кальция – 1,0-1,2 %, фосфора – 0,7-1,2 %, калия – 2,4-5,0 % на 1 кг сухого вещества [110].

А.Е. Чиков и С. И. Кононенко вместе с соавторами в своей работе [70] отмечают, что зеленая масса капустных культур – это ранний и поздний сочный корм, который отлично подходит для кормления животных и заготовки кормов на будущее. По содержанию белка она не уступает люцерне и клеверу, при этом в три раза превосходит кукурузу и в полтора раза – горох. В 1 кг зеленой массы содержится 0,16 кормовых единиц и около 20 г перевариваемого протеина. Кроме того, при производстве масла из семян остаются жмых и шрот, которые также являются ценными источниками питательных веществ. По содержанию перевариваемого протеина они в три раза превосходят пшеницу и в четыре раза – ячмень. Также шрот низкогликозинолатных сортов рапса является полноценным заменителем соевого шрота (содержание белка 38-45 %). Для сбалансированного питания сельскохозяйственных животных, особенно цыплят-бройлеров, важно восполнение недостатка микроэлементов. «Жмых и шрот капустных культур по содержанию микроэлементов (Zn, Mn, Cu, Co) практически ничем не отличается от шрота и жмыха подсолнечника и сои, а по содержанию некоторых элементов даже превышает: кобальта в шроте – 0,18 мг/кг (в соевом – 0,16 мг/кг), в жмыхе – 0,11 мг/кг (в соевом – 0,08 мг/кг); марганца в шроте – 62 мг/кг (в подсолнечном – 57 мг/кг, в соевом – 22 мг/кг), в жмыхе – 44 мг/кг (соевый – 34 мг/кг)» [71].

Г.С. Шапкина [170] отмечает, что для восполнения кормовых запасов необходимо высевание ценных высокобелковых промежуточных культур, которые относятся к семейству капустных, так как они в наибольшей мере отвечают основным требованиям, предъявляемым к промежуточным культурам.

Они благодаря холодостойкости, короткому вегетационному периоду, способности интенсивно наращивать зеленую массу, богатую протеином при сравнительно низких затратах их возделывания.

В.В. Щугорев с коллегами [144] выделяют зеленую массу капустных как продукт, используемый непосредственно на зеленый корм, для приготовления силоса и гранул. В системе зеленого конвейера капустные культуры выращивают в основных и поукосных посевах, как в чистом виде, так и в смеси с другими культурами. Капустные – легко силосуемые растения и хороший консервант для других кормов. В смеси с другими культурами из них готовят питательный силос высокого качества, так как такие смеси обладают повышенным содержанием сырого протеина и пониженным уровнем сырой клейковины, в отличие от кукурузного силоса. Питательность 1 кг такого силоса, приготовленного из растений в фазе цветения и начала образования стручков, в среднем составляет 0,14-0,16 кормовых единиц, 20-22 г перевариваемого протеина, 10 г сырого жира и до 40 мг каротина [144].

Достоинством гранул является более высокое содержание в них сахара, жира и каротина по сравнению с концентратами, и могут использоваться взамен их в рационе КРС. Так, в 1 кг гранул капустных культур содержится 0,76 кормовых единиц, 83 г перевариваемого протеина, 65 г сырого жира и 164 мг каротина [75].

При всех положительных качествах кормов из яровых капустных культур сдерживающим фактором для повсеместного использования их является наличие в растениях антипитательных веществ. Например, острый и приятный вкус горчицы, который так нравится многим гурманам, возникает благодаря химической реакции. «Вещество «синигрин», содержащееся в горчице, расщепляется ферментом мирозином до  $K_2SO_4$ , сахара и аллилгорчичного масла (жгучий вкус)». Данная химическая реакция неблагоприятно влияет на здоровье сельскохозяйственных животных. Легкие последствия отравления антипитательными веществами – недобор веса животного, снижение производства молока и шерсти. Однако сильный токсикоз может приводить к



раздражению слизистой оболочки желудка, нарушению работы сердца и почек, анемии, атонии преджелудка, также может развиваться тимпания. Для избежания у сельскохозяйственных животных появления серьезных последствий отравления антипитательными веществами корма необходимо подвергать термической обработке, так как фермент белкового типа мирозин при 42 °С и выше подвергается безвозвратной денатурации [63, 78, 118].

Таким образом, использование высокобелковой и богатой микроэлементами зеленой массы капустных культур, включая горчицу сарептскую, в рационе питания сельскохозяйственных животных и птиц, может помочь устранить дефицит в кормах и стать мощным толчком для развития животноводческого комплекса нашей страны.

### **1.5 Использование яровых капустных культур в качестве зеленых удобрений**

Почвы, которые обеспечивают растения необходимыми питательными веществами, влагой и воздухом, являются плодородными. Для таких почв характерны определённые свойства, такие как общая плотность, скважность, кислотность, гранулометрический состав и другие. Одним из самых главных показателей является содержание гумуса в почвенном профиле [9, 25]. Гумус (совокупность специфических и неспецифических органических веществ почв) оказывает прямое влияние на все химические и физические свойства почвы, но интенсификация современного земледелия и резкое сокращение на территории Российской Федерации животноводческих комплексов приводит к уменьшению содержания гумуса в почвенном профиле, следовательно, к потерям естественного плодородия почв [9]. В Центральной черноземной зоне для предотвращения процессов деградации почв и восстановления дефицита гумуса ежегодно необходимо вносить около 10 т/га органических удобрений (навоза), однако некоторые сельхозпроизводители могут вносить только около 4,1 т/га и то не постоянно и не на всей территории хозяйства. Хорошей альтернативной

заменой навозу являются сельскохозяйственные культуры, используемые на зеленые удобрения (сидераты). Это источник органического вещества и элементов минерального питания в почве. При запашке зеленой массы 35-40 т/га сидеральных культур в почву поступает 150-200 кг азота, что равноценно 30-40 т навоза, при этом в первый год коэффициент использования из зеленого удобрения азота составляет 77 %, а из навоза всего 25 % [7, 18].

Зеленые удобрения или сидераты – это свежая растительная биомасса, которую заделывают в почву для повышения почвенного плодородия и восполнения дефицита элементов минерального питания в почвенном профиле [57, 158]. Горчица сарептская (*Brassica juncea* L.) входит в десятку лучших сидеральных культур, потому что она обладает длинной веретеновидной корневой системой, достигающей глубины 2,5-3,0 м, что позволяет перемещать из нижележащих горизонтов труднорастворимые минеральные вещества. Также ее корневая система, оставшаяся после срезания надземной биомассы в почве, перегнивает, образуя многоканальную систему, проводящую кислород и влагу, что оказывает положительное действие на агрономические свойства почвы, урожай и качество сельскохозяйственных культур [18, 57, 99, 158].

О.Р. Premi, В.К. Kandpal, S.S. Rathore и J.S. Chauhan [199] в Индии оценивали влияние сидератов (остатки горчицы) и удобрения на состояние почвы и продуктивность индийской горчицы. Установлено постепенное улучшение свойств почвы и обогащение элементами питания ее пахотного горизонта, что способствовало увеличению продуктивности культуры (урожайность семян выше на 63,9 %) по сравнению с существующей практикой выращивания горчицы после парового предшественника. Разработанная система улучшила в целом экономику производства культуры.

В Республике Беларусь Н.В. Степанова [156] было установлено, что при запашке 11,4 т/га зеленой массы горчицы белой прибавка льнопродукции составила: семян 0,5-1,6 ц/га, тресты 4,6-13,4 ц/га, волокна 1,5-4,2 ц/га, а также было выявлено, что дозу азотных удобрений можно снизить с  $N_{30}$  до  $N_{20}$ , что

приводит к получению прибыли 1181,2 руб./га при рентабельности выращивания льна-долгунца – 76 %.

Г.С. Шапкина с коллегами [170] утверждает, что использование капустных культур может повысить доходы предприятия. Во-первых, это позволяет получать два урожая в год. Во-вторых, улучшается плодородие почв, что приводит к увеличению количества пожнивных остатков и, как следствие, повышению урожайности последующих культур при севообороте. Сидераты помимо обогащения почвы полезной органикой и минеральными элементами имеют свойство защищать почву от распространения болезней, вредителей и сорной растительности (осенний посев). Кроме этого, горчица сарептская еще является биофумигантом. Через корни она выделяет органические кислоты, угнетающие патогены. «Она способствует снижению уровня заболеваемости культивируемых растений (фитофторой (*Phytophthora*), паршой (*Streptomyces scabies*) и др.) и успешно использовалась для сокращения почвенных популяций грибных патогенов. Замечено также положительное ее влияние на уменьшение численности вредителей, таких как медведка (*Gryllotalpa gryllotalpa*) и проволочник (*Elateridae*)» [182, 187, 202, 203].

Корневая система сидеральных культур (горчицы) не просто способна извлекать из глубоких слоев почвы труднорастворимые (фосфор, калий, магний) соединения, которые после процессов минерализации растительных остатков становятся доступными, она также способна удерживать в почвенном профиле легкорастворимые соединения, которые могут вымываться из почвы [98].

Во Франции проводили исследования, чтобы проверить, насколько сидеральные культуры способны обогащать почву азотом и улучшать экосистему. Для этого изучали смеси из двух видов сидератов: капустных и бобовых. Оказалось, что капустные культуры, например горчица, эффективно поглощают нитраты из почвы. Это помогает снизить их вымывание и сохранить больше питательных веществ для растений. Бобовые же культуры в основном поглощают азот из воздуха, что тоже полезно для почвы. Ученые А. Couëdel, L. Alletto, Н. Tribouillois и É. Justes [189] установили, что смеси капустных и бобовых культур

обеспечивают большее содержание азота в почве (около 22 кг/га), чем одни капустные (около 8 кг/га) культуры. Однако применение таких смесей может быть «нерентабельно из-за риска конкуренции капустных за абиотические ресурсы и потенциального аллелопатического воздействия на бобовые культуры при выращивании вместе с ними. Поэтому в северо-западной Европе в течение 20 лет для двух участков с разными температурными и почвенными условиями в Фоулуме (Дания) и Киле (Германия) изучали накопление азота и минерализацию остатков биомассы капустных и бобовых культур». Учеными I. Vogeler, M. Böldt и F. Taube [205] было установлено, что поглощение азота у капустных и бобовых культур было выше в Киле по сравнению с Фоулумом. Так, в Фоулуме в среднем капустные культуры накопили 14,8 кг/га, а бобовые 16,8 кг/га, при этом накопление азота в растительных остатках в Киле составило 33,2 кг/га у капустных и 51,4 кг/га у бобовых. Это способствовало снижению вымывания азота из почв в Фоулуме на – 59 % (капустные) и на – 43 % (бобовые), а в Киле на – 83 % (капустные) и на – 43 % (бобовые).

Следовательно, выращивание горчицы в качестве сидератов положительно влияет на химические, физико-химические, физические и фитосанитарные свойства почвы. Также она является важным источником азота и гумуса, что улучшает почвенное плодородие [27, 76] и повышает урожайность культур в севообороте, тем самым увеличивая продуктивность севооборота и доходы производства.

Исходя из представленного анализа литературы, можно заключить, что вопрос о влиянии элементов технологии на продуктивность горчицы сарептской остается актуальным. В связи с этим, создание научно обоснованных элементов технологии возделывания культуры, учитывающие разные дозы и нормы применения макро- и микроудобрений, сроки посева и норму высева семян, представляет собой важную и своевременную задачу.

Таким образом, на нынешнем этапе крайне необходимо провести исследования, направленные на оптимизацию этих элементов технологии и

изучение их влияния на рост, развитие, а также урожайность как семян, так и зеленой массы горчицы сарептской, выращиваемой на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья.

## ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, СХЕМЫ ОПЫТОВ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Погодно-климатические условия места проведения исследований

Исследования проводили в 2021-2023 гг. на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в х. Октябрьском Прикубанского округа г. Краснодара. Согласно схеме агроклиматического районирования Краснодарского края, данная территория относится к III агроклиматическому району, который характеризуется умеренно-континентальным, умеренно-влажным и достаточно теплым климатом [1].

Среднегодовое количество выпадающих осадков составляет 643 мм, однако осадки кратковременные и преимущественно ливневые. За холодный период (ноябрь-март) выпадает 270 мм, а за теплый период (апрель-октябрь) – более 50 % (373 мм). Снежный покров в крае крайне неустойчив, но накопление влаги в почве происходит в основном за счет осадков, выпадающих в зимний период [1, 2].

В первой половине осени обычно стоит засушливая погода, а во второй половине осадки выпадают чаще. Зимы в крае обычно мягкие, с частыми оттепелями. Весна наступает рано и длится долго, температура постепенно повышается. Лето жаркое и часто сопровождается засухой. Весенние заморозки обычно бывают в середине апреля, а осенние – в конце октября. Среднегодовая температура воздуха составляет от 10,0 до 10,8 °С. Январь является самым холодным месяцем, со средней температурой минус 1,8 °С. Июль – самый теплый месяц, его средняя температура составляет 23,2 °С. Безморозный период в среднем длится 191 день. За вегетационный период сумма активных температур достигает 3567 °С, что является положительным аспектом местного климата и позволяет успешно культивировать множество теплолюбивых культур [1].

На территории х. Октябрьского, расположенного в г. Краснодаре, доминируют ветра с востока и запада. Влияние северо-восточных и восточных

ветров может негативно сказываться на климатических условиях региона, поскольку они способствуют наступлению летней засухи и повышению температуры, а весной приводят к иссушению пахотных земель, что, в свою очередь, может вызывать пыльные бури [4].

Несмотря на наличие некоторых неблагоприятных явлений, таких как оттепели зимой и засушливые дни летом, климат в этом районе в целом является благоприятным для роста всех сельскохозяйственных культур, которые традиционно возделываются в этом регионе.

Процессы роста, развития и питания растений горчицы сарептской определяются погодными условиями вегетационного периода культуры. В 2021-2023 гг. метеорологические условия вегетационного периода по годам исследования различались, но в целом они были характерны для исследуемой зоны (таблица 1).

Таблица 1 – Агрометеорологические данные региона возделывания горчицы сарептской

Метеопост х. Октябрьский г. Краснодара, 2021-2023 гг.

Год	Месяц				Средняя/сумма за период вегетации
	апрель	май	июнь	июль	
Среднесуточная температура воздуха, °С					
Средняя многолетняя [1]	10,9	16,8	20,4	23,2	17,8
2021	11,1	17,9	21,7	26,2	19,2
2022	13,4	15,2	22,9	23,7	18,8
2023	12,5	16,6	21,8	24,5	18,9
Осадки, мм					
Средние многолетние [1]	51	68	86	56	261
2021	86	64	108	27	285
2022	24	52	158	63	297
2023	94	81	41	62	278

Согласно агрометеорологическим данным, среднегодовая температура

воздуха в период вегетации горчицы сарептской в 2021 г. составила 19,2 °С, в 2022 г. – 18,8 °С, а в 2023 г. – 18,9 °С. Средняя температура самого теплого месяца (июля) – в 2021 г. была 26,2 °С, в 2022 г. – 23,7 °С, а в 2023 г. – 24,5 °С. Среднее количество осадков за вегетационный период в 2021 г. составила 285 мм, в 2022 г. – 297 мм, в 2023 г. – 278 мм со значительным превышением средней многолетней нормы в июне на 22 (2021 г.) и 72 мм (2022 г.), но июнь 2023 г. отличался засушливостью (осадков выпало на 45 мм меньше нормы).

В 2021 г. в апреле наблюдалась низкая температура воздуха (11,1 °С) с обильными осадками (86 мм), из-за чего подготовка почвы была осложнена (сельскохозяйственная техника не могла подготовить почву под посев ранних яровых культур, в том числе и горчицы сарептской). Поэтому в этот год не было возможности провести посев культуры в ранние сроки, и посев был начат в первой декаде мая. В апреле 2022 г. наблюдалась нестабильная погода с резкими перепадами температуры и недостатком осадков. Средняя температура за месяц составила 13,4 °С, что на 2,5 °С выше нормы. Количество выпавших осадков в апреле составило 24 мм, но данное сочетание осадков и температуры оказало благоприятное влияние на ранний посев горчицы сарептской, который был начат во второй декаде апреля. В апреле 2023 г. наблюдались обильные атмосферные осадки (94 мм), превышающие норму на 43 мм, однако большая их часть приходилась на первую и вторую декады апреля, из-за чего посев был произведен в третьей декаде апреля. Погодные условия были удовлетворительными для роста культуры.

Май 2021 г. был теплым (17,9 °С) с осадками меньше нормы всего на 4 мм (64 мм). В мае 2022 г. также преобладала теплая погода. Среднесуточная температура воздуха составила 15,2 °С, что на 1,6 °С ниже нормы, а сумма выпавших осадков – 52 мм, что ниже нормы на 16 мм. Май 2023 г. отличался теплой погодой (16,6 °С) и обильными дождями (81 мм, больше нормы на 13 мм). Это благоприятно повлияло на рост и развитие растений горчицы, так как для раннего посева культуры данные осадки приходились на критический период по отношению к влаге (стеблевание-начало цветения). Однако складывающиеся



погодные условия, а именно большое количество осадков для более позднего срока посева горчицы, приводили к загниванию семян и прибиванию всходов к поверхности почвы, из-за чего снижалась урожайность и ухудшались процессы маслообразования в семенах горчицы сарептской (приложение 2).

В июне наблюдалась жаркая погода с ливневыми дождями и сильными ветрами. В среднем температура воздуха составила в 2021 г. – 21,7 °С, в 2022 г. – 22,9 °С, в 2023 г. – 21,8 °С, что от 1,3 до 2,5 °С соответственно превышает норму (20,4 °С). Наибольшее количество осадков выпало во второй и третьей декадах месяца. Количество выпавших осадков в июне составило в 2021 г. – 108 мм, в 2022 г. – 158 мм, что на 20,4 и 83,7 % соответственно больше нормы. Июнь 2023 г. также отмечался знойной жарой, однако он был более засушливый, так как за весь месяц выпало 41 мм, что на 45 мм меньше нормы. Однако такое небольшое количество осадков благоприятно повлияло на рост и развитие растений первого и второго срока посева, так как растения постепенно уменьшают потребление влаги к фазе образования зеленого стручка, но у растений третьего срока посева в данный интервал наступал критический период (стеблевание-начало цветения) по отношению к влаге (приложение 1).

Во все годы исследований июль отмечался знойной погодой. В среднем температура воздуха составила в 2021 г. – 26,2 °С, в 2022 г. – 23,7 °С, в 2023 г. – 24,5 °С, что на 3,0; 0,5 и 1,3 °С соответственно превышает среднее многолетнее значение. Июль 2021 г. выдался засушливым, так как недобор осадков составил 29 мм в сравнении с нормой (56 мм). В 2022 г. сумма выпавших осадков в этот месяц составила 63 мм, а в 2023 г. – 62 мм, что выше нормы на 7 и 6 мм соответственно.

В целом погодные условия в годы исследования были благоприятными и способствовали выращиванию горчицы сарептской. Однако неравномерное распределение атмосферных осадков в 2021 и 2022 гг. по критическим периодам (стеблевание-начало цветения) роста и развития растений было менее благоприятно для получения высоких урожаев культуры. Но в 2023 г. общее количество атмосферных осадков за вегетационный период было меньше на 7 мм,

чем в 2021 г., и на 19 мм, чем в 2022 году. Данное количество осадков не оказало отрицательного влияния на продуктивность культуры первого и второго сроков посева, так как они приходились на критические фазы роста и развития (стеблевание-начало цветения). Это способствовало у первого и второго сроков посева получению урожайности семян на уровне 2 т/га и более, а урожайности зеленой массы на уровне 20 т/га и выше.

## **2.2 Агрохимическая характеристика почвенного покрова опытных участков исследований**

На центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК почвенный покров представлен черноземом выщелоченным слабогумусным сверхмощным (160-180 см) тяжелосуглинистым на лессовидных тяжелых суглинках [9, 129], который отличается невысокой плотностью по всему почвенному профилю (1,37-1,48 г/см<sup>3</sup>). Это свидетельствует о слабо- и среднеуплотненном сложении почвы, что обеспечивает благоприятные условия для водопроницаемости [129, 137]. В пахотном слое общая пористость составляет 51 %. Это значит, что почва хорошо аэрируется и пропускает воду. По гранулометрическому составу чернозем выщелоченный является глинистым по всему профилю. Содержание физической глины в верхнем горизонте варьируется от 60,9 до 67,2 %. Гидролитическая кислотность чернозема выщелоченного опытных участков составила 2,0-4,3 мг-экв/100 г почвы, что свидетельствует о ненасыщенности почвы основаниями. ЕКО в пахотном слое составляет 42-43 мг-экв/100г почвы, степень насыщенности основаниями варьирует от 87 до 91 %.

В период проведения исследований перед посевом горчицы были взяты образцы чернозема выщелоченного. Они были отобраны на глубине пахотного горизонта (0-20 см) для последующего анализа содержания доступных форм макро- и микроэлементов. Согласно результатам агрохимического обследования чернозема выщелоченного на опытных участках, уровень гумуса в почве был низким и составлял 3,2-3,4 %. Однако, по данным В.И. Терпельца [157], благодаря

мощному гумусовому горизонту у чернозема выщелоченного, запасы гумуса могут достигать 500-700 т/га. Содержание подвижного фосфора в почве опытных участков – среднее-высокое (21-36 мг/кг), а обменного калия – повышенное (313-368 мг/кг). Концентрация минерального азота в пахотном слое почвы варьировалась от 14,2 до 27,8 мг/кг. Растениям горчицы для сбалансированного минерального питания, кроме макроэлементов, необходимы также мезо- и микроэлементы. Наиболее яркую картину обеспеченности растений элементами минерального питания показывает содержание подвижных форм их в почвенном растворе. В пахотном слое чернозема выщелоченного было определено содержание подвижных форм следующих элементов: серы – 0,6-1,5 мг/кг (низкая), цинка – 0,1-0,30 мг/кг (низкая), марганца – 1,0-8,0 мг/кг (низкая), меди – 0,09-0,38 мг/кг (низкая), кобальта – 0,12 мг/кг (низкая), молибдена – 0,14 мг/кг (низкая), бора – 0,25-0,32 мг/кг (низкая-средняя) (таблица 2).

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика чернозема выщелоченного опытных участков (2021-2023 гг.)

Показатель и единица измерения	Интервал значений
Гумус, %	3,1-3,4
Обменная кислотность (рН <sub>KCl</sub> )	5,2-5,3
Минеральный азот, мг/кг	14,2-27,8
Подвижный фосфор, мг/кг	21-36
Обменный калий, мг/кг	313-368
Подвижная сера, мг/кг	0,6-1,5
Подвижный цинк, мг/кг	0,10-0,30
Подвижный марганец, мг/кг	1,0-8,0
Подвижная медь, мг/кг	0,09-0,38
Подвижный кобальт, мг/кг	0,10-0,12
Подвижный бор, мг/кг	0,25-0,32
Подвижный молибден, мг/кг	0,10-0,14

В связи с этим на опытном участке необходимо вносить органические и минеральные (макро-, мезо-, микро-) удобрения для восполнения дефицита элементов минерального питания и получения высоких урожаев горчицы сарептской, так как данной культуре для реализации своего биологического потенциала (3,0-3,5 т/га) необходимо дополнительное питание. Также на черноземе выщелоченном необходимо проводить мелиорационные работы по раскислению (известкованию) почв, так как для хорошего роста и развития горчицы сарептской благоприятной реакцией почвенной среды является рН водной вытяжки 6,6.

В целом почва опытных участков является благоприятной для выращивания горчицы сарептской, однако для поддержания ее плодородия и восполнения дефицита доступных форм элементов минерального питания необходимо соблюдать научно обоснованную систему удобрения.

### **2.3 Методика и условия проведения исследований**

В период с 2021 г. по 2023 г. были проведены полевые и лабораторные исследования для достижения поставленной цели и выполнения запланированных задач экспериментов.

#### **Полевые исследования**

Экспериментальные исследования проводили на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Программа исследований включает в себя три полевых опыта (опыты № 1, 2, 3). Учетная площадь делянки во всех опытах – 12 м<sup>2</sup>. Размещение делянок в экспериментах систематическое. Посев горчицы сарептской яровой сорта Юнона проводился селекционно-семеноводческой сеялкой «Wintersteiger Plot Seeds» с шириной междурядий 30 см. Схемы опытов приведены ниже.



Рисунок 1 – Опытный участок горчицы сарептской яровой (1 – разбивка опытного поля, 2 – учет густоты стояния растений, 3 – некорневое опрыскивание посевов горчицы сарептской) (ориг.)

*Характеристика исследуемого сорта горчицы сарептской Юнона.* Безэруковый среднеранний сорт. Vegetационный период составляет 78-83 сутки. Потенциальная урожайность семян – 3,0-3,5 т/га, урожайность зеленой массы – 33-50 т/га, масличность семян – 47-52 %, эфиромасличность семян – 0,62-0,67 %, содержание олеиновой кислоты в масле – 53-54 %. Сорт засухоустойчив. Зеленую массу рекомендуют для крупного рогатого скота, как высокопротеиновую кормовую добавку, а также ее используют в виде зеленого удобрения. Данный сорт горчицы сарептской яровой селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК является типичным представителем культуры, проявляющий оптимальные показатели по урожайности, масличности семян и содержанию эфирного масла в семенах, в отличие от специализированного высокоэфирного сорта горчицы сарептской яровой Горлинка (содержание эфирного масла в семенах больше 0,70 %) [121, 125].

В полевые исследования входило:

1. Отбор почвенных образцов по заранее составленным маршрутам (по

двум диагоналям). Отбор почвенных образцов производился перед посевом горчицы сарептской яровой [94].

2. Перед цветением горчицы сарептской с площадок по 0,25 м<sup>2</sup> были отобраны растительные образцы для определения содержания: влаги, сухого вещества, сырой клетчатки, сырого жира, сырой золы, макроэлементов (NPK) и каротина в лабораторных условиях [50, 147].

3. В опыте № 2 вручную вносили азотное удобрение в фазах всходов и стеблевания горчицы сарептской яровой. В качестве азотного удобрения использовали аммиачную селитру, содержащую азот в аммонийной и нитратной форме (содержание азота – 34,6 %) [171].

4. В опыте № 3 некорневые подкормки комплексными микроудобрениями проводили ручным опрыскивателем с помпой Solo 408 (рисунок 1). Обработки проводили в фазах всходов (Веgetатив) и стеблевания (Кальцибор, Микро, Брассика) горчицы гелеобразными микроудобрениями бельгийской фирмы «GroGreen», содержащие:

Название микроудобрение	Состав микроудобрения	Норма внесения, л/га
Брассика	8-8-38 (NPK) + Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	2
Веgetатив	27-27-27 (NPK) + Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	2
Кальцибор	CaB	2
Микро	аминокислоты + B, Fe, Mn, Mo, Zn, Cu	1

Объем рабочего раствора составил в пересчете на 1 га – 300 литров.

*Преимущества выбранных микроудобрений.* Гелеобразные микроудобрения бельгийской фирмы «GroGreen» обладают инновационной технологией, позволяющей улучшить распыляемость раствора, следовательно, продолжительность действия активного вещества на поверхности листа увеличивается. Гелеобразные микроудобрения в своем составе содержат специальные прилипатели и смачиватели, которые снижают потери удобрения за

счет уменьшения испарения капли с поверхности листа или ее скатывания, так как они позволяют снизить поверхностное натяжение за счет увеличения вязкости и эластичности капель.

5. На посевах горчицы сарептской яровой отмечалось наступление фенологических фаз: всходы, стебление, бутонизация, цветение, физиологическая спелость [89].

6. Учет густоты стояния растений в фазах всходов и физиологической спелости проводили на площадках по 0,25 м<sup>2</sup> (рисунок 1) [103, 111].

7. В фазе физиологической спелости перед уборкой урожая горчицы сарептской яровой с площадок по 0,25 м<sup>2</sup> срезали на уровне корневой шейки растения в снопы, в которых позже определяли: на одном растении число ветвей и стручков, высоту растений и массу 1000 семян [94].

### Схема опытов

*Опыт № 1 – Изучение влияние сроков посева и норм высева семян на особенностей формирования урожая горчицы сарептской.*

Горчица сарептская является культурой раннего срока посева, так как всходы начинают прорастать при температуре 2-3 °С, поэтому посевные работы можно проводить сразу после весенней культивации поля.

В опыте изучалось 3 срока посева и 5 норм высева семян горчицы сарептской яровой в 4 кратной повторности. Неблагоприятные условия в 2021 г. сместили даты посева горчицы сарептской на следующие: первый срок – 03.05, второй срок – 13.05, третий срок – 23.05. В 2022 г. условия были благоприятными для раннего посева культуры: первый срок – 15.04, второй срок – 25.04, третий срок – 05.05. В марте-апреле 2023 г. отмечались неблагоприятные погодные условия для раннего посева горчицы сарептской яровой: первый срок – 25.04, второй срок – 05.05, третий срок – 15.05.

**Схема опыта:**

Срок посева (Фактор А)*	Первый (ранний)	Второй (средний)	Третий (поздний)
Норма высева семян (Фактор В)	1,3 млн шт./га		
	1,7 млн шт./га (Контроль)		
	2,0 млн шт./га		
	2,3 млн шт./га		
	2,7 млн шт./га		

\* Рекомендованная температура почвы для посева горчицы сарептской [93, 136]:

- первый (ранний) срок – температуры почвы (2-5 °С)
- второй (средний) срок – через 10 дней после первого
- третий (поздний) срок – через 20 дней после первого

**Опыт № 2** – Изучить влияние подкормки макроудобрением (аммиачной селитрой) на продуктивность горчицы сарептской.

Повторность в опыте 4-х кратная, норма высева семян – 4 кг/га.

**Схема опыта:**

Вариант	Срок внесения по фазам развития	
	всходы	стеблевание
Контроль, без удобрений	N <sub>0</sub>	N <sub>0</sub>
N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>
N <sub>30</sub>	N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>
N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>
N <sub>60</sub>	N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>
N <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>
N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>
N <sub>60</sub>	N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>
N <sub>60</sub>	N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>



**Опыт № 3** - Изучить влияние некорневой подкормки различными видами комплексных микроудобрений на продуктивность горчицы сарептской.

Повторность опыта 4 кратная, норма высева семян – 4 кг/га.

**Схема опыта:**

Вариант	Срок внесения по фазам развития	
	всходы	стеблевание
Контроль, без удобрений	-	-
Вегетатив, 2 л/га	+	-
Брассика, 2 л/га	-	+
Вегетатив, 2 л/га + Брассика, 2 л/га	+	+
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га	-	+
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га	-	+

**Лабораторные исследования**

Предварительное агрохимическое исследование почвы на опытных участках проводилось в соответствии с ГОСТами и нормативной документацией. В ходе исследования определялось содержание азота (аммонийного и нитратного), подвижного фосфора, обменного калия и общего гумуса (таблица 3). Вытяжку подвижных форм микроэлементов из почвы извлекали ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 для последующего анализа на атомно-абсорбционном спектрометре (ААС) или с помощью фотометрического метода. Подвижные соединения молибдена и бора определяли фотометрическим методом. Их извлекали из почвы следующими способами: подвижные формы молибдена – по методу Григга в модификации ЦИНАО; подвижные соединения бора – по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО (таблица 4).

Таблица 3 – Методы агрохимического анализа почвенных образцов

№	Показатель	Метод определения	Ссылка на методику
1	Гумус	«По методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО: Образец титруют 0,1 н солью Мора в присутствии фенилантраниловой кислоты».	ГОСТ 26213-91 п. 1 Почвы. Методы определения органического вещества [35].
2	N-(NH <sub>4</sub> )	«Солевую вытяжку анализировали с реактивом Несслера на фотометре (λ = 420 нм)».	ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО [52].
3	N-(NO <sub>3</sub> )	«К образцу почвы приливают 50 см <sup>3</sup> алюмокалиевых квасцов с последующим определением ЭДС на ионметре при помощи ионоселективного электрода».	ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом [40].
4	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	«Извлекали из почвы 0,5 н раствором уксусной кислоты, при соотношении 1:25 почвы и раствора, полученный экстракт исследовали на спектрофотометре при λ 670 нм».	ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО [51].
5	K <sub>2</sub> O	«Извлекали из почвы обменный калий из почвы раствором 0,5 н уксусной кислоты с последующим определением пламенно-фотометрическим методом».	
6	Подвижная сера	«Подвижные формы серы извлекаются из почвы с помощью раствора хлористого калия. Затем с использованием хлористого бария происходит осаждение сульфатов, которые впоследствии определяют турбидиметрическим методом в виде сульфата бария, основываясь на оптической плотности полученной взвеси. Для стабилизации этой взвеси добавляется растворимый крахмал».	ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО [37].

Таблица 4 – Методы агрохимического анализа почвенных образцов (подвижные формы микроэлементов)

№	Показатель	Метод определения	Ссылка на методику
1	Цинк	«рН 4,8 ацетатно-аммонийным буфером. Реактив для определения дитизоном».	ГОСТ Р 50686-94 Почвы. Определение подвижных соединений цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО [46].
2	Медь	«рН 4,8 ацетатно-аммонийным буфером. Реактивы для определения: Cu – с диэтилдитиокарбаматом свинца, Co – с 1-(2-пиридилазо)-2-нафталом».	ГОСТ Р 50683-94 Почвы. Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО [44].
3	Кобальт		
4	Марганец	«рН 4,8 ацетатно-аммонийным буфером. Реактив для определения формальдоксимом».	ГОСТ Р 50685-94 Почвы. Определение подвижных соединений марганца по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО [45].
5	Молибден	«Молибден извлекают с помощью оксалатного буферного раствора с рН 3,3, а затем определяют его фотометрическим методом с использованием роданида или цинк-дителиола».	ГОСТ Р 50689-84 Почвы. Определение подвижных соединений молибдена по методу Григга в модификации ЦИНАО [48].
6	Бор	«Подвижные соединения бора извлекают из почвы с помощью горячей воды, содержащей серноокислый магний. Затем определяют содержание бора фотометрическим методом, используя хинализарин или азометин Аш».	ГОСТ Р 50688-94 Почвы. Определение подвижных соединений бора по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО [47].

Биохимический анализ семян горчицы сарептской яровой проводили в лаборатории биохимии ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК по нормативным документам, которые включали определение биохимических показателей (масличность и эфиромасличность семян). Также в камеральных условиях по ГОСТу определяли массу 1000 семян культуры (таблица 5).

Таблица 5 – Методы анализа семян горчицы сарептской

№	Показатель	Метод	Ссылка на методику
1	Масса 1000 семян	«Семена основной культуры тщательно перемешивают, затем берут две пробы по 500 шт. и взвешивают их с точностью до сотой доли г».	ГОСТ 12042-80 Методы определения массы 1000 семян [32].
2	Масличность семян	«Метод ЯМР для определения масличности и влажности семян масличных культур и продуктов их переработки основан на анализе амплитуд сигналов свободной прецессии и спинового эха, а также на измерении времени спин-спиновой релаксации протонов молекул жира и воды в исследуемом образце».	ГОСТ 8.597-2010 Методика измерений масличности и влажности методом импульсного ядерного магнитного резонанса [43].
3	Эфиромасличность семян	«Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2».	ГОСТ Р 51486-99 Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот [49].

Отобранная зеленая масса растений горчицы сарептской яровой была доставлена в день отбора в лабораторию, где ее проанализировали в соответствии с нормативными документами по следующим показателям: массовая доля сухого вещества и влаги, содержание сырого жира, сырой золы и клетчатки. Также была проведена листовая диагностика для определения содержания макроэлементов (азот, фосфор, калий) в растениях горчицы сарептской яровой (таблица 6).

Таблица 6 – Методы анализа зеленой массы

№	Показатель	Метод	Ссылка на методику
1	Массовая доля влаги	$X_1 = 100 - X$ , где $X$ – массовая доля сухого остатка, %.	ГОСТ 26713-85 Метод определения влаги и сухого остатка [39].
2	Массовая доля сухого вещества	Навеску при температуре 105-110 °С и высушивают в течение 5 ч. Затем взвешивают с точностью до 0,1 г.	
3	Сырой жир	Сущность метода заключается в экстракции сырого жира из навески диэтиловым или петролейным эфиром в аппарате Сокслета, удалении растворителя и взвешивании обезжиренного остатка.	ГОСТ 13496.15 2016 «Методы определения массовой доли сырого жира» [33].
4	Сырая зола	В муфельной печи пробу озоляют при температуре 525 °С в течение 4-5 ч. С последующим взвешиванием с точностью до 0,001 г.	ГОСТ 26226-95 «Методы определения сырой золы» [36].
5	Сырая клетчатка	Методика оценки содержания сырой клетчатки, предложенная Геннебергом и Штоманом, заключается в последовательной обработке образца с использованием кислотных и щелочных растворов. В процессе исследования проба подвергается озолению, после чего происходит весовое определение оставшегося органического остатка.	ГОСТ 31675-2012 Корма. «Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации» [42].
6	Азот в растительных образцах	Титриметрический метод определения азота по Кьельдалю. Сущность метода заключается в минерализации органического вещества пробы кипящей $H_2SO_4$ в присутствии катализатора с образованием $(NH_4)_2SO_4$ , добавлении к охлажденному минерализату избытка NaOH для выделения аммония, отгонке и титровании выделенного аммиака, вычислении массовой доли азота в испытуемой пробе и пересчете на массовую долю сырого протеина.	ГОСТ 13496.4 2019 «Методы определения содержания азота и сырого протеина» [34].
7	Фосфор в растительных образцах	Фотометрический метод определения содержания фосфора. Пробу минерализуют с помощью сухого/мокрого озоления с образованием солей $H_3PO_4$ и последующем фотометрическом анализе при $\lambda$ 670 нм.	ГОСТ 26657-97 «Методы определения содержания фосфора» [38].
8	Калий в растительных образцах	Метод пламенно-фотометрии для измерения концентрации калия основывается на зависимости между яркостью света, излучаемого в пламени возбужденного элемента, и уровнем его концентрации в растворе. Для определения количества калия применяются спектральные линии с длиной волны 766,5 и 769,9 нм.	ГОСТ 30504-97 «Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия» [41].

Элементы структуры урожая определяли в фазе физиологической спелости. Перед уборкой с учетных площадок площадью по 0,25 м<sup>2</sup> срезали снопы, где определяли [94]:

- высота растения, см;
- на одном растении число побегов (ветвей), шт.;
- на одном растении число стручков, шт.;
- масса тысячи семян, г.

К камеральным работам, кроме лабораторных и сноповых анализов, относился расчет экономической эффективности приемов возделывания горчицы сарептской яровой [89].

#### **2.4 Агротехника возделывания горчицы сарептской в исследованиях**

Агротехника возделывания горчицы предусматривает выполнения целого комплекса научно обоснованных агротехнических мероприятий, направленных на получение высоких и высококачественных урожаев культуры при минимальных затратах производства.

Предшественником в годы проведения исследований являлась озимая пшеница.

Допосевная обработка почвы заключалась в следующих операциях:

- двукратное дискование – Joon Deer-7930 + БДМ-5х3ПК;
- вспашка на глубину 20-22 см – Joon Deer-8430 + Грегуар-Бессон SPSL-7;
- культивация по мере появления сорняков – МТЗ-82.1 + КПС-4 на глубину 6-8 см.

Предпосевная обработка почвы в весенний период состояла из ранневесеннего боронования (Joon Deer-7930 + БДМ-5х3ПК) в первой декаде марта и предпосевной культивации (на глубину 3-5 см).

Посев осуществлялся селекционно-семеноводческой сеялкой «Wintersteiger Plot Seeds».

Уборку урожая производили селекционным комбайном «Wintersteiger Classic».

На посевах горчицы сарептской яровой применяли средства защиты растений, рекомендованные специалистами ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК на основании многолетних исследований [69]. Против однолетних злаковых и двудольных сорняков применяли опрыскивание гербицидом Бутизан-400 в дозе 1,5-2,0 л/га до появления всходов культуры. Для борьбы с крестоцветной блошкой и капустной молью проводили двух-, трехкратные обработки инсектицидом Аплиго, МКС в дозе 0,2-0,3 л/га. В качестве фунгицида использовали Пиктор Актив, КС в дозе 0,4 л/га (в фазе цветения при проявлении альтернариоза) и Фоликур, КЭ в дозе 1 л/га в фазе стеблевания против фузариоза.

### **ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА, НОРМ ВЫСЕВА СЕМЯН И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ**

Для достижения максимальной продуктивности горчицы сарептской яровой необходимо создать благоприятные условия для ее роста и развития. Важно правильно определить норму высева семян и срок посева, а также обеспечить растения достаточным количеством минеральных удобрений. Также следует позаботиться о защите от сорняков и вредителей, что включает в себя регулярный мониторинг и профилактические меры. Кроме того, важно своевременно и качественно убрать урожай.

#### **3.1 Рост горчицы сарептской в зависимости от элементов технологии возделывания**

Горчица проходит через несколько фаз роста в течение вегетационного периода. Основные фазы включают всходы, стеблевание, цветение, образование желто-зеленого стручка и созревание. Каждая из этих фаз имеет свои особенности, и растения в них по-своему реагируют на условия внешней среды и приемы технологии возделывания. Продолжительность межфазовых периодов зависит от факторов окружающей среды и методов выращивания. Эти изменения влияют на общий период вегетации культуры, который, в свою очередь, определяет качество и количество будущего урожая. Срок посева горчицы сарептской яровой имеет большое значение из-за ее биологических особенностей. Эта культура относится к растениям длинного дня, что означает, что посев в поздние сроки приводит к более быстрому переходу к фазе образования зеленого стручка (формирование семян). В результате снижается способность формировать высокий урожай. Однако посев горчицы слишком рано на юге России, включая Краснодарский край, может снизить семенную продуктивность из-за высокого риска возвратных весенних заморозков. Поэтому необходимо определить оптимальный срок посева для этого региона. Несоответствие оптимальной норме



высева семян также может повлиять на развитие растений. Изменение площади питания и возникновение конкуренции между растениями за факторы жизни, такие как влага, свет и элементы минерального питания, отрицательно сказывается на семенной продуктивности горчицы. Выбор оптимального срока посева и нормы высева семян для конкретного региона возделывания горчицы сарептской яровой играет решающую роль в получении максимальной продуктивности культуры с единицы площади.

В двухфакторном полевом опыте продолжительность вегетационного периода растений горчицы сарептской яровой (от всходов до созревания) по годам (2021-2023 гг.) исследования в зависимости от срока посева варьировала от 60 до 89 суток. Наступление фенологических фаз развития культуры в годы исследований во многом зависело от агрометеорологических условий. Так, при достаточном увлажнении (2022 г.) увеличивалась продолжительность межфазных периодов, что в конечном итоге удлинит вегетацию культуры в целом, а в засушливый (2023 г.) год наблюдалась обратная тенденция (таблица 7).

Таблица 7 – Продолжительность межфазных и вегетационного периодов горчицы сарептской в зависимости от сроков посева и норм высева семян, суток (2021-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Период вегетации								
		всходы - бутонизация			бутонизация - созревание			всходы - созревание		
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Первый (ранний)	1,3	20	38	30	45	51	56	65	89	86
	1,7 (К)	20	38	30	45	51	56	65	89	86
	2,0	20	38	30	45	51	56	65	89	86
	2,3	20	38	30	45	51	56	65	89	86
	2,7	20	38	30	45	51	56	65	89	86
Второй (средний)	1,3	21	35	25	44	48	47	65	83	72
	1,7 (К)	21	35	25	44	48	47	65	83	72
	2,0	21	35	25	44	48	47	65	83	72
	2,3	21	35	25	44	48	47	65	83	72
	2,7	21	35	25	44	48	47	65	83	72
Третий (поздний)	1,3	20	32	23	40	44	44	60	76	67
	1,7 (К)	20	32	23	40	44	44	60	76	67
	2,0	20	32	23	40	44	44	60	76	67
	2,3	20	32	23	40	44	44	60	76	67
	2,7	20	32	23	40	44	44	60	76	67

В 2021 г. вегетационный период горчицы сарептской яровой составил от 60 до 65 суток, что является самым коротким показателем за все время исследований. Это произошло из-за того, что пришлось отложить посев до первой декады мая из-за неблагоприятных погодных условий в марте и апреле: были обильные осадки и низкие температуры воздуха. С мая по июль температура воздуха резко повысилась, а количество осадков уменьшилось. Это привело к тому, что фазы вегетации горчицы сарептской прошли быстро, а продолжительность межфазных периодов у культуры сократилась. Установлено, что продолжительность вегетационного периода растений горчицы сарептской яровой зависит от срока посева, сокращаясь от раннего (первого) к позднему (третьему) (таблица 7, рисунок 2). Так, в 2021 г. при третьем сроке посева он был на 5 суток короче, чем при первом и втором, в 2022 и 2023 гг. – на 13 и 19 суток в сравнении с первым и на 7 и 5 суток в сравнении со вторым соответственно.



Рисунок 2 – Развитие растений горчицы сарептской в разные сроки посева (первый срок посева – фаза начало цветения; второй срок посева – фаза бутонизации; третий срок посева – фаза 5-6 настоящих листьев) (ориг.)

Норма высева семян и срок посева являются важными факторами, которые влияют на рост и развитие растений культуры. Однако в наших исследованиях было отмечено, что норма высева семян не оказала существенного влияния на продолжительность вегетационного периода растений, в отличие от срока посева (таблица 7 и рисунок 3).



Рисунок 3 – Общий вид посевов горчицы сарептской при разных нормах высева семян (ориг.)

За годы исследований было установлено, что применение аммиачной селитры в разных дозах в фазах всходов и стеблевания горчицы не повлияло на продолжительность ее вегетационного периода (от всходов до созревания) по сравнению с контрольным вариантом. В разные годы исследований этот период составлял от 65 до 87 суток (таблица 8).

Таблица 8 – Продолжительность межфазных и вегетационного периодов горчицы сарептской в зависимости от внесения азотного удобрения, суток (2021-2023 гг.)

Доза подкормки в фазе		Период вегетации								
всходов	стеблевания	всходы - бутонизация			бутонизация - созревание			всходы - созревание		
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль, без удобрений		20	38	30	45	51	56	65	87	86
N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	20	38	30	45	51	56	65	87	86
N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	20	38	30	45	51	56	65	87	86
N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	20	38	30	45	51	56	65	87	86
N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	20	38	30	45	51	56	65	87	86
N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	20	38	30	45	51	56	65	87	86
N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	20	38	30	45	51	56	65	87	86
N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>	20	38	30	45	51	56	65	87	86
N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>	20	38	30	45	51	56	65	87	86

Во все годы исследований отмечено отсутствие влияния азотных удобрений на продолжительность вегетационного периода горчицы сарептской яровой, возделываемой на черноземе выщелоченном. Аналогичные результаты получены в исследованиях В.И. Радченко [136] при возделывании горчицы сарептской яровой на черноземе обыкновенном. В его исследованиях продолжительность вегетационного периода составляла 91 сутки, но в зависимости от вида и формы минеральных удобрений межфазные периоды роста горчицы сарептской яровой увеличивались или уменьшались.

Рапс и горчица относятся к одному семейству крестоцветных (капустных), то есть имеют схожие биологические особенности. Однако в исследованиях по применению азотных удобрений на рапсе яровом, возделываемом на черноземе выщелоченном, наблюдалось прямолинейное увеличение продолжительности вегетационного периода, в отличие от исследований, проводимых на горчице сарептской. Так, в работах Э.Г. Устархановой [165] отмечено, что по сравнению с контрольным вариантом (без внесения удобрений) внесение  $N_{30}$  удлиняет период цветения-созревания на 1 сутки,  $N_{60}$  – на 3 суток, а  $N_{90}$  – на 1 сутки период бутонизация-цветение и на 3 суток – период цветение-созревание культуры.

В среднем за три года нами установлено, что применение некорневых подкормок комплексными микроудобрениями на посевах горчицы сарептской яровой во все годы не оказало влияния на продолжительность межфазных периодов и вегетационного периода (таблица 9). Аналогичные данные получены и при подкормках культуры азотными удобрениями (таблица 8).

Вегетационный период горчицы сарептской яровой во все годы исследований варьировался от 65 до 87 суток в зависимости от варианта некорневой обработки посевов комплексными микроудобрениями. Однако следует отметить, что вегетационный период всходы-созревание в 2021 г. был короче на 22 суток, чем в 2022 г. и на 21 суток, чем в 2023 г., что может быть связано с биологическими особенностями культуры и с агрометеорологическими

особенностями периода вегетации и не зависит от действия применяемых микроудобрений.

Таблица 9 – Продолжительность межфазных и вегетационного периодов горчицы сарептской в зависимости от применения комплексных микроудобрений, суток (2021-2023 гг.)

Вариант	Период вегетации								
	всходы - бутонизация			бутонизация - созревание			всходы - созревание		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль, без удобрений	20	38	30	45	51	56	65	87	86
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	20	38	30	45	51	56	65	87	86
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	20	38	30	45	51	56	65	87	86
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	20	38	30	45	51	56	65	87	86
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	20	38	30	45	51	56	65	87	86
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	20	38	30	45	51	56	65	87	86

Нормы высева семян, азотное удобрение и комплексные микроудобрения в годы исследования не оказывали значительного влияния на длительность фенологических фаз роста горчицы сарептской яровой. Вегетационный период напрямую зависел от срока посева и агрометеорологических условий в годы проведения исследований.

Таким образом, продолжительность вегетационного периода растений горчицы сарептской яровой сокращается от раннего (первого) к позднему (третьему) сроку посева. Так, при третьем сроке (посев через 20 дней после первого (раннего) срока) он уменьшался по сравнению с ранним (температура в слое почвы 0-10 см достигала 2-5 °С) на 5-19 суток и вторым (средним) (посев через 10 дней после первого срока) – на 5-7 суток. Норма высева семян и подкормка удобрениями не влияли на продолжительность вегетационного периода горчицы сарептской яровой.

### **3.2 Влияние элементов технологии возделывания горчицы сарептской на структуру урожая**

Структура урожая – это важный показатель, который отражает реакцию растений (в данном случае горчицы сарептской яровой) на условия окружающей среды. «Анализ структуры урожая позволяет делать прогнозы относительно будущих урожаев. Структура урожая зависит от биологических особенностей культуры, но также формируется под влиянием технологии ее возделывания. Исследования показали, что в отличие от злаковых культур, структура урожая капустных культур тесно связана с такими параметрами, как степень ветвления, количество стручков и масса 1000 семян» [120]. Именно эти показатели мы изучили в своих исследованиях.

2021 г. по количеству осадков, в отличие от других лет исследования, характеризовался как неблагоприятный для роста растений культуры, так как за вегетационный период с мая по июль выпало 199 мм осадков. В этот год отмечены самые низкие показатели по высоте растений и основным элементам структуры урожая культуры (количество ветвей и стручков на одном растении). К элементам структуры, влияющим на будущий урожай культуры и его качество, относится также масса 1000 семян. Данный показатель в 2022 г. во всех вариантах опыта превышал 3,00 г, что может быть связано с биологическими особенностями культуры и агрометеорологическими условиями года (приложение 1).

В ходе исследования было выявлено, что сроки посева и нормы высева семян горчицы сарептской оказывают влияние на ее биометрические показатели. В среднем за три года высота растений варьировала от 115 до 144 см, количество ветвей – от 7 до 12 шт. и количество стручков – от 80 до 150 шт. на одном растении. Масса 1000 семян также менялась: от 2,69 до 3,13 г. Наилучшие результаты были получены при раннем (первом) сроке посева горчицы. Посев в более поздние сроки (второй и третий) приводил к снижению показателей, за исключением количества ветвей на одном растении. При втором сроке посева

на одном растении формируется в среднем 10 ветвей, что на 1-3 больше, чем в другие сроки. Норма высева не оказала существенного влияния на высоту растения и массу 1000 семян (таблица 10).

Таблица 10 – Влияние сроков посева и норм высева семян на высоту растений и структуру урожая горчицы сарептской (среднее за 2021-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Высота растения, см	Количество, шт./раст.		Масса 1000 семян, г
			ветвей	стручков	
Первый (ранний)	1,3	144	12	150	3,00
	1,7 (К)	142	9	114	2,90
	2,0	139	9	123	2,89
	2,3	139	8	117	3,01
	2,7	134	9	135	3,13
Второй (средний)	1,3	139	11	126	2,88
	1,7 (К)	139	11	132	2,85
	2,0	139	9	124	2,96
	2,3	135	9	112	2,93
	2,7	130	10	139	2,92
Третий (поздний)	1,3	120	7	107	2,80
	1,7 (К)	116	8	81	2,72
	2,0	115	8	106	2,69
	2,3	118	8	80	2,78
	2,7	128	7	95	2,75
Среднее по сроку посева	Первый	140	9	128	2,99
	Второй	136	10	127	2,91
	Третий	119	7	94	2,75
Среднее по норме высева семян	1,3	134	10	128	2,89
	1,7 (К)	133	9	109	2,82
	2,0	131	8	118	2,84
	2,3	131	8	103	2,91
	2,7	131	9	123	2,94
НСР <sub>05</sub> по фактору А		2	1	4	0,10
НСР <sub>05</sub> по фактору В		2	1	4	0,10
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		3	2	5	0,13

При раннем (первом) сроке посева горчицы сарептской яровой с нормой высева семян 1,3 млн шт./га отмечены самые высокие растения – 144 см с самым большим числом ветвей – 12 шт. и стручков – 150 шт. на одном растении. Наибольшая масса 1000 семян наблюдалась при первом сроке посева с нормой высева семян 2,7 млн шт./га и составила 3,13 г. При норме высева семян 1,3 млн шт./га этого же срока посева масса 1000 семян была 3,00 г, что меньше всего на 0,13 г (4 %) максимальной (2,7 млн шт./га) нормы высева семян.

Применение аммиачной селитры в подкормку положительно повлияло на высоту растений и показатели структуры урожая горчицы сарептской яровой, однако отзывчивость культуры по годам исследования была различной (таблица 11, приложение 3).

Таблица 11 – Влияние подкормки азотным удобрением на высоту растений и структуру урожая горчицы сарептской яровой (среднее за 2021-2023 гг.)

Доза подкормки в фазе		Высота растения, см	Количество, шт./раст.		Масса 1000 семян, г
всходов	стеблевания		ветвей	стручков	
Контроль, без удобрений		148	8	114	2,87
N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	157	11	180	3,26
N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	149	13	160	3,22
N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	152	11	150	3,15
N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	152	12	179	3,30
N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	150	12	183	3,24
N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	153	11	161	3,37
N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>	152	11	171	3,16
N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>	158	13	203	3,33
НСР <sub>05</sub>		3	1	13	0,15

В варианте без применения азотного удобрения (контроль) в среднем на одном растении образовалось 8 ветвей и 114 стручков, подкормки аммиачной



селитрой увеличили данные показатели на 3-5 и 36-89 шт. соответственно. Также следует отметить, что в вариантах с внесением минерального удобрения масса 1000 семян превышала 3,00 г. Однако на высоту растений подкормки азотом значительного влияния не оказали, кроме варианта с дробным внесением  $N_{60}$  в фазах всходов ( $N_{45}$ ) и стеблевания ( $N_{15}$ ) культуры, где разница с контролем составила 10 см. Также в этом варианте отмечено наибольшее количество на одном растении стручков – 203 шт. и ветвей – 13 шт., что на 89 и 5 шт. соответственно превышает вариант без внесения азотного удобрения.

Наибольшая масса 1000 семян – 3,37 г наблюдалась при однократном внесении аммиачной селитры в дозе  $N_{60}$  в фазе стеблевания горчицы.

Изменение не только доз азотного удобрения в подкормку, но и комплексных микроудобрений положительно влияло на высоту растений и основные элементы структуры урожая культуры (таблица 12, приложение 5).

Таблица 12 – Влияние комплексных микроудобрений на высоту растений и структуру урожая горчицы сарептской (среднее за 2021-2023 гг.)

Вариант	Высота растения, см	Количество, шт./раст.		Масса 1000 семян, г
		ветвей	стручков	
Контроль, без удобрений	143	8	116	2,80
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	146	11	150	3,14
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	145	11	144	3,18
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	142	10	125	3,00
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	143	9	126	2,94
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	147	11	160	3,18
НСР <sub>05</sub>	2	1	9	0,09

Наилучшие результаты структуры урожая горчицы сарептской яровой были получены при совместном использовании баковой смеси микроудобрений

Микро и Брассика в дозах: 1 л/га и 2 л/га соответственно, в фазе стеблевания культуры. При применении этих микроудобрений высота растений составила 147 см, что на 4 см больше, чем в контрольном варианте. Количество стручков на одном растении увеличилось до 160 шт., что на 44 шт. больше, чем в контроле. Количество ветвей также увеличилось до 11 шт., что на 3 шт. больше, чем в контроле. Масса 1000 семян составила 3,18 г, что на 0,38 г больше, чем в контроле. Наиболее близкие результаты были получены при использовании микроудобрения Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания горчицы. Однако количество стручков на одном растении было меньше и составило 144 шт., в то время как в первом варианте их было 160 шт.

Количество стручков на одном растении горчицы – это один из самых изменчивых элементов структуры урожая, который зависит не только от агротехнических приемов, но и от внешних факторов. Применение комплексных микроудобрений, таких как Вегетатив в дозе 2 л/га во время всходов культуры и Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания, а также смеси комплексных микроудобрений Кальцибора (2 л/га) и Брассика (2 л/га), слабо влияло на формирование числа стручков. В этих вариантах было получено 125 и 126 шт. стручков на одном растении. В отличие от других вариантов, где применялись некорневые обработки микроудобрениями, эти комбинации не оказали положительного эффекта. Такая закономерность могла быть обусловлена отрицательным воздействием этих микроудобрений при их совместном последовательном использовании. Некорневые подкормки посевов горчицы сарептской смесью комплексных микроудобрений в фазе стеблевания, включающей Кальцибор в дозе 2 л/га и Брассика в дозе 2 л/га, в совокупности положительно влияли на биометрические показатели урожая культуры. Однако они оказывали менее эффективное воздействие на образование на одном растении количества ветвей (9 шт.) и массу 1000 семян (2,94 г).

Таким образом, при анализе влияния изучаемых элементов технологии на высоту растений и структуру урожая горчицы сарептской яровой можно сделать следующие выводы:

1. Первый (ранний) срок посева культуры с минимальной (1,3 млн шт./га) нормой высева семян позволяет получить растения высотой – 144 см с наибольшим количеством ветвей – 12 шт. и стручков – 150 шт. на одном растении и массой 1000 семян – 3,00 г.

2. Дробное внесение аммиачной селитры в дозе  $N_{60}$  в фазах всходов ( $N_{45}$ ) и стеблевания ( $N_{15}$ ) горчицы сарептской существенно улучшает биометрические показатели урожая: высота растений – 158 см; на одном растении количество стручков – 203 шт и ветвей – 13 шт; масса 1000 семян – 3,33 г.

3. Наилучшее влияние на биометрические показатели структуры урожая горчицы сарептской в фазе стеблевания оказало совместное применение двух комплексных микроудобрений: Микро в дозе 1 л/га и Брассика в дозе 2 л/га. Растения достигли высоты 147 см. На одном растении образовалось 160 стручков и 11 ветвей. Масса 1000 семян составила 3,18 г.

### **3.3 Зависимость урожайности семян горчицы сарептской от элементов технологии возделывания**

Интегрированное взаимодействие агрохимических и агротехнических приемов возделывания с окружающей средой проявляется в количественном выражении, а именно в урожайности сельскохозяйственной культур с единицы площади. Так, для получения стабильно высоких урожаев возможно только при удовлетворении ее потребностей, как в земных (элементы минерального питания, влага), так и в космических (солнечный свет) факторах жизни на всех этапах ее роста [174].

Горчица является культурой «относительно» засухоустойчивой, при этом если наблюдается дефицит влаги в критические периоды роста (стеблевание-цветение) растений, это может приводить к серьезному недобору урожая, поэтому агрометеорологические условия играют важную роль в формировании будущего урожая.

В главе 2 мы пришли к выводу, что погодные условия в период исследования были в целом благоприятными для выращивания горчицы сарептской яровой и характерны для Краснодарского края, где проводились исследования. Однако на урожайность горчицы влияет множество факторов, помимо погоды: качество обработки почвы, сроки посева, норма высева семян, уровень минерального питания, применяемые средства защиты растений и другие аспекты.

При изучении влияния сроков посева и норм высева семян на семенную продуктивность горчицы сарептской яровой нами было установлено, что более теплые условия, складывавшиеся в 2021 г., сокращали продолжительность вегетационного периода до 60-65 суток, что существенно влияло на урожайность семян. Она оказалась самой низкой по сравнению с другими годами исследования, варьируя в зависимости от норм высева семян от 0,68 до 1,11 т/га. Аналогичная взаимосвязь наблюдалась между продолжительностью вегетационного периода и урожайностью культуры, которая уменьшалась от раннего срока посева (1,70 т/га) к позднему (0,75 т/га). Данные, полученные в 2023 г., подтверждают важное значение сроков посева и погодных условий на формирование продуктивности горчицы сарептской яровой, так как они взаимосвязаны между собой. Посев в поздний срок в 2023 г. не только приводил к сокращению продолжительности вегетационного периода, но и к уменьшению урожайности, в сравнении с первым (ранним) сроком посева, практически на уровне 80 % или 2 т/га. Одной из причин низкой урожайности (0,32-0,42 т/га) горчицы сарептской в этом году при позднем посеве могло стать недостаточная влагообеспеченность. Растения испытывали дефицит влаги с фазы стеблевания до цветения, в то время как при раннем и среднем сроках посева они находились в более благоприятных условиях, так как атмосферные осадки распределялись равномерно в критические периоды роста культуры (таблица 13).

Таблица 13 – Влияние сроков посева и норм высева семян на урожайность горчицы сарептской, т/га (2021-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Год			Среднее за 3 года
		2021	2022	2023	
Первый (ранний)	1,3	1,11	1,73	2,60	1,81
	1,7 (К)	0,98	1,39	2,58	1,65
	2,0	0,96	1,47	2,55	1,66
	2,3	0,88	1,50	2,40	1,59
	2,7	1,03	1,79	2,52	1,78
Второй (средний)	1,3	1,02	1,60	1,74	1,45
	1,7 (К)	1,00	1,27	2,12	1,46
	2,0	0,99	1,59	1,81	1,46
	2,3	0,88	1,58	1,81	1,42
	2,7	0,97	1,68	2,04	1,56
Третий (поздний)	1,3	0,77	1,05	0,34	0,72
	1,7 (К)	0,71	1,19	0,33	0,74
	2,0	0,71	1,19	0,32	0,74
	2,3	0,68	1,15	0,34	0,72
	2,7	0,88	1,15	0,42	0,82
Среднее по сроку посева	Первый	1,00	1,58	2,53	1,70
	Второй	0,97	1,54	1,90	1,47
	Третий	0,75	1,15	0,35	0,75
Среднее по норме высева семян	1,3	0,97	1,46	1,56	1,33
	1,7 (К)	0,90	1,28	1,68	1,29
	2,0	0,89	1,42	1,56	1,29
	2,3	0,81	1,41	1,52	1,25
	2,7	0,96	1,54	1,66	1,39
НСР <sub>05</sub> по фактору А		0,12	0,16	0,15	0,13
НСР <sub>05</sub> по фактору В		0,10	0,11	0,10	0,11
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		0,19	0,25	0,21	0,23

Похожие результаты были получены в исследованиях К.В. Наумцевой [116], проведенных в южной части Нечерноземной зоны России. Согласно этим исследованиям, оптимальный срок посева горчицы белой (вторая декада мая) обеспечивает самую высокую урожайность семян, которая составила 1,97 т/га. При этом другие сроки посева (ранний и поздний) дают более низкую урожайность. Однако при посеве в оптимальный срок наблюдалось сокращение продолжительности вегетационного периода. В регионе, где возделывалась

горчица, осадки выпадали в тот момент, когда у растений оптимального срока посева наступал критический период по отношению к влаге. Это свидетельствует о важности выбора оптимального срока посева горчицы для конкретного региона.

На основании полученных нами данных можно сделать вывод, что на формирование урожая семян у горчицы сарептской сроки посева оказывают большее влияние, чем норма высева семян. За три года исследований установили, что средняя урожайность по нормам высева семян составила 1,25-1,39 т/га. При этом наибольшая урожайность – 1,39 т/га – была получена при посеве с нормой высева семян 2,7 млн шт./га. Это связано с тем, что при такой норме посева формируется больше продуктивных растений.

Из комплекса факторов (осадки, минеральное питание, солнечная инсоляция), влияющих на урожайность горчицы сарептской яровой только уровень минерального питания поддается регулированию с помощью внесения минеральных удобрений. Поэтому многие исследователи большое внимание уделяют данному вопросу (Е.Н. Ростова и А.М. Изотов [145], К.В. Наумцева [117], В.В. Цыбулин [168], Кочергина А.С. [107], Михальков Д.Е. [107, 108]), однако их выводы противоречивы. На черноземе выщелоченном Западного Предкавказья применение удобрений на горчице сарептской яровой ранее не изучалось.

Азотные подкормки горчицы сарептской в фазах всходов и стеблевания в дозах  $N_{30}$  и  $N_{60}$  положительно влияли на урожайность во все годы исследования в сравнении с контролем. Прибавка урожая от применения подкормок аммиачной селитрой составила в 2021 г. – 0,35-0,60 т/га, в 2022 г. – 0,34-0,62 т/га, в 2023 г. – 0,35-0,75 т/га, а в среднем за 2021-2023 гг. – 0,35-0,65 т/га (таблица 14).

Условия 2023 г., по сравнению с 2021 и 2022 гг., были наиболее благоприятными для получения высокой урожайности горчицы сарептской. Отмечено, что однократное применение аммиачной селитры в дозах  $N_{30}$  и  $N_{60}$  в фазе стеблевания горчицы сарептской яровой давало самые низкие прибавки урожая: в 2021 г. – 0,35-0,41 т/га (23,2-27,2 %) и в 2022 г. – 0,34-0,42 т/га (23,8-29,4 %) относительно других вариантов с подкормками. Возможно, это связано с

неблагоприятными погодными условиями в критические фазы роста растений горчицы сарептской, а следовательно, и низкой эффективностью последующего его восполнения. Получение такой низкой продуктивности культуры согласуется с законом минимума, сформулированным Ю. Либихом, и законом «равнозначности и незаменимости факторов жизни» [174].

Таблица 14 – Влияние аммиачной селитры на урожайность горчицы сарептской, т/га (2021-2023 гг.)

№ п/п	Доза подкормки в фазе		Год		
	всходов	стеблевания	2021	2022	2023
1	Контроль, без удобрений		1,51	1,43	1,70
2	N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	2,01	1,97	2,27
3	N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	1,98	1,93	2,13
4	N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	1,86	1,77	2,07
5	N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	2,02	1,97	2,37
6	N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	2,11	2,05	2,45
7	N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	1,92	1,85	2,05
8	N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>	1,97	1,92	2,12
9	N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>	2,06	2,02	2,22
НСР <sub>05</sub>			0,08	0,10	0,10

Следует отметить, что даже в более благоприятном 2023 г. применение азотного удобрения в фазе стеблевания также было менее эффективно по сравнению с подкормками в фазе всходов культуры. Прибавки урожая при данных агроприемах варьировали от 0,35 до 0,37 т/га. Лучшие показатели были получены при однократной подкормке растений аммиачной селитрой в дозе N<sub>60</sub> в фазе всходов культуры, где урожайность семян составила в 2021 г. – 2,11 т/га, в 2022 г. – 2,05 т/га и в 2023 г. – 2,45 т/га. Полученный эффект от данного приема может быть связан с биологическими особенностями культуры, поскольку горчица сарептская яровая активно поглощает азот в начальные этапы роста и развития. При этом у нее образуется мощная корневая система, благодаря чему эффективно поглощаются элементы питания из корнеобитаемого слоя. При внесении азотной подкормки в фазе стеблевания оказались менее эффективными, так как позднее

внесение азота не способствовало нивелированию его дефицита в первые этапы ее роста и развития.

Ранее нами отмечалось, что однократная подкормка азотным удобрением в дозе  $N_{30}$  и  $N_{60}$  в фазе стеблевания горчицы сарептской давала наименьшую прибавку урожайности. Средние значения этого признака за 3 года исследований в этих двух вариантах меньше 2 т/га (рисунок 4).

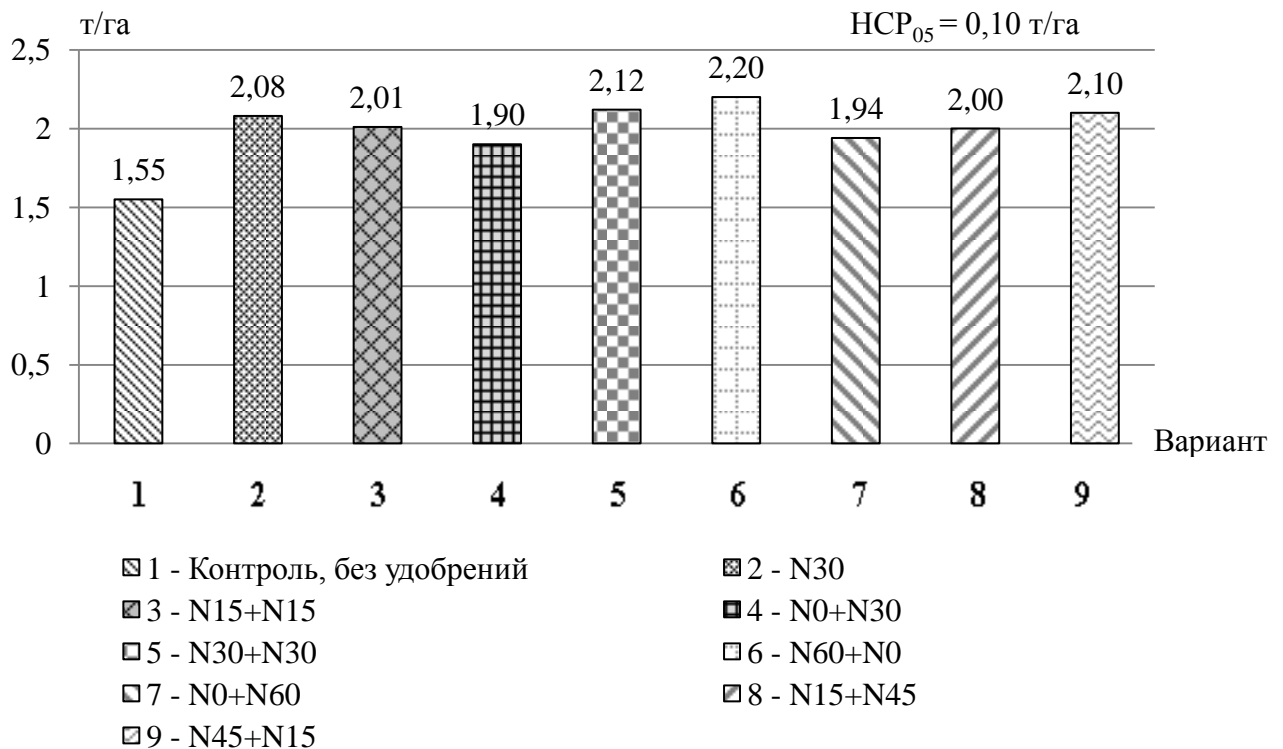


Рисунок 4 – Урожайность горчицы сарептской в зависимости от применения азотных подкормок, в среднем за 2021-2023 гг.

Погодные условия вегетационного периода горчицы сарептской яровой в годы исследований нивелировали средние показатели по величине прибавки урожая семян по вариантам применения азотных удобрений, так применение дозы  $N_{30}$  в разные фазы и при различных комбинациях ( $N_{15} + N_{15}$ ,  $N_0 + N_{30}$ ,  $N_{30} + N_0$ ) незначительно отличалось от применения того же азотного удобрения в дозе  $N_{60}$ . Варианты с дробным внесением  $N_{60}$ :  $N_{15}$  в фазе всходов и  $N_{45}$  в фазе стеблевания (вариант 8) и  $N_{15}$  в фазе всходов и  $N_{15}$  в фазе стеблевания горчицы сарептской



(вариант 3) практически не отличались по урожайности, которая составила соответственно 2,00 и 2,01 т/га.

Азот растениям горчицы сарептской яровой необходим в больших количествах, однако она, отличаясь высокой отзывчивостью на минеральное питание, для нормального роста испытывает потребность не только в макроудобрениях, но также и в микроудобрениях [126].

В мире и в Российской Федерации существует большой ассортимент комплексных микроудобрений, которые отличаются по элементному составу, способу применения, направленности действия и т.д. Ввиду того, что на начальных этапах роста горчице необходимо интенсивно формировать вегетативную массу с целью развития мощной корневой системы и увеличения конкурентной способности по отношению к сорной растительности, в фазе всходов она нуждается в доступных элементах питания (азот, фосфор, калий, медь, цинк).

На наш взгляд, наиболее близким к требованиям горчицы сарептской яровой микроудобрением является Вегетатив, которое содержит 27 % – азота, фосфора и калия, 3,3 – магния, 18,7 – серы, 0,02 – бора, 0,004 – меди, 0,02 – цинка, 0,1 – железа, 0,04 – марганца и 0,003 % – молибдена. В фазе стеблевания горчица отзывчива как на макроудобрения (аммиачная селитра, сульфат аммония и др.), так и на микроудобрения, содержащие бор, молибден, железо, марганец. В связи с этим нами было испытано микроудобрение Брассика, разработанное специально для применения на капустных культурах и содержащее в своем составе 8 % – азота и фосфора, 38 – калия, 6,7 – магния, 32,7 – серы, 0,02 – бора, 0,003 – меди, 0,09 – железа, 0,04 – марганца, 0,003 % – молибдена. Однако, несмотря на оптимизированный для горчицы сарептской яровой состав указанных выше удобрений, необходимо также применение таких элементов питания, как кальций, бор, молибден, медь и цинк. Поэтому для обработки растений горчицы сарептской яровой в фазе стеблевания культуры дополнительно были использованы микроудобрения Кальцибор, содержащий 28 % – кальция и 0,5 % – бора, и Микро, содержащий 3,5 % – амидного азота, 5,6 – органического азота, 1,7

– бора, 0,2 – меди, 6,3 – железа, 0,2 – молибдена и 6,6 % – цинка, которые применялись в баковой смеси с микроудобрением Брассика.

Вышеперечисленные микроудобрения содержат микроэлементы в форме, которая легко (водорастворимые и хелаты) усваивается растениями. В состав этих удобрений также входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые способствуют равномерному распределению удобрения на поверхности листьев. Такая форма микроудобрений делает их особенно подходящими для некорневых подкормок горчицы сарептской яровой. Горчица имеет стебель с восковым налетом и листья с опушением только на нижнем ярусе. Благодаря использованию микроудобрений с ПАВ, эти вещества равномерно распределяются по поверхности листьев, обеспечивая эффективное питание растений.

Некорневые подкормки микроудобрениями во всех вариантах опыта увеличивали урожайность в 2021 г. на 0,14-0,48 т/га, в 2022 г. – на 0,15-0,57 т/га, в 2023 г. – на 0,60-0,92 т/га по сравнению с контролем (таблица 15).

Таблица 15 – Влияние микроудобрений на урожайность горчицы сарептской, т/га (2021-2023 гг.)

Вариант	Год		
	2021	2022	2023
Контроль, без удобрений	1,49	1,15	1,70
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	1,88	1,40	2,40
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	1,96	1,67	2,47
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	1,63	1,30	2,30
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	1,66	1,32	2,32
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	1,97	1,72	2,62
НСР <sub>05</sub>	0,11	0,10	0,12

При некорневой подкормке растений горчицы сарептской яровой комплексным микроудобрением Брассика в дозе 2 л/га и баковой смесью

микроудобрений Микро в дозе 1 л/га с Brassica в дозе 2 л/га отмечали наибольшую урожайность во все годы исследования (в 2021 г. – 1,96-1,97 т/га, в 2022 г. – 1,67-1,72 т/га и в 2023 г. – 2,47-2,62 т/га, в среднем за 2021-2023 гг. – 2,03-2,10 т/га).

Графический анализ средних значений за 3 года исследований по влиянию некорневых подкормок микроудобрениями на урожайность горчицы сарептской представлен на рисунке 5.

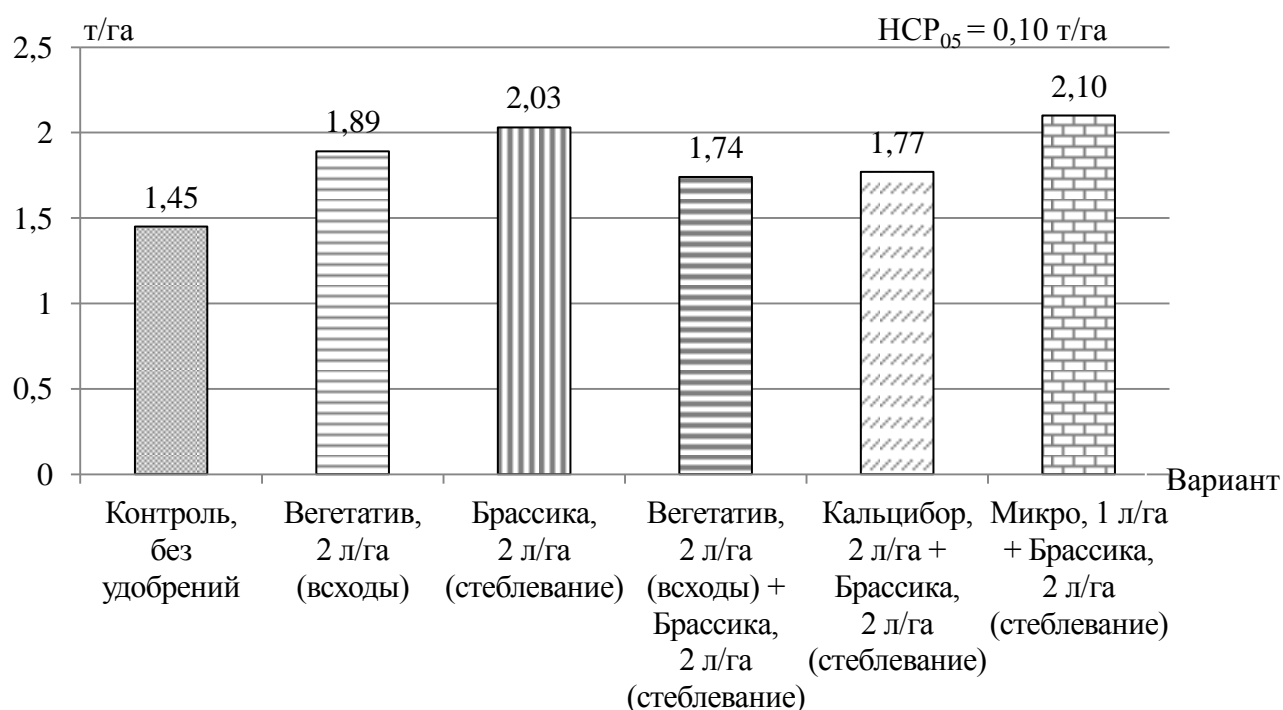


Рисунок 5 – Влияние комплексных микроудобрений на урожайность горчицы сарептской, в среднем за 2021-2023 гг.

В среднем применение баковой смеси микроудобрений Микро (1 л/га) и Брассика (2 л/га) на посевах горчицы сарептской в фазе стеблевания культуры позволила получить наибольшую прибавку урожайности 0,65 т/га.

Кроме этого, в ходе исследования установлено, что применение микроудобрений Вегетатив в дозе 2 л/га в фазе всходов и Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания горчицы сарептской обеспечивает самую низкую за три года прибавку урожая к контролю (0,29 т/га) относительно других вариантов

некорневых подкормок. Равнозначные данные по урожайности отмечаются и при применении смеси микроудобрений Кальцибор и Брассика в дозах по 2 л/га в фазе стеблевания горчицы сарептской. Этот агроприем способствовал в среднем за три года исследований получению несущественной прибавки урожайности семян – 0,03 т/га в сравнении от последовательного применения сначала микроудобрения Вегетатив в дозе 2 л/га в фазе всходов культуры, а затем микроудобрения Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания горчицы.

Итак, исследования влияния различных элементов технологии возделывания на урожайность горчицы сарептской позволили сделать следующие выводы:

1. Наилучшие результаты по урожайности (1,81 т/га) были получены при использовании раннего срока посева в сочетании с минимальной нормой высева семян, которая составила 1,3 млн шт./га.

2. Самая высокая урожайность получена в варианте с применением аммиачной селитры в фазе всходов в дозе  $N_{60}$  – 2,20 т/га.

3. Наибольшая урожайность (2,10 т/га) получена при внесении в фазе стеблевания горчицы сарептской яровой баковой смеси микроудобрений Микро в дозе 1 л/га и Брассика в дозе 2 л/га.

### **3.4 Качество семян горчицы сарептской при оптимизации элементов технологии возделывания**

Масличные культуры имеют отличительную особенность от других сельскохозяйственных культур, а именно они способны в своих семенах накапливать большое количество запасных веществ (липидов), представленных жирными маслами – триацилглицеролами. Горчица сарептская является ценной масличной культурой, содержащей в семенах до 52 % масла, которое относится к маслам высшего качества. Горчичное масло находит широкое применение в различных отраслях промышленности. Его используют в мыловаренном, текстильном и кожевенном производствах. Благодаря своему вкусу, оно также

популярно в хлебопекарной и кондитерской сферах. Кроме того, семена горчицы сарептской содержат до 0,82 % эфирного масла. Это масло находит применение в химической промышленности и медицине. Наличие эфирного масла в горчице делает ее отличным биофумигантом благодаря ее фитонцидным свойствам [74].

Исследованиями Н.С. Осика, И.В. Шведова, Г.З. Шишкова, П.А. Каленова [124] установлено, что масличность и эфиромасличность семян горчицы зависят в первую очередь от индивидуальных особенностей сорта, а также от почвенно-климатических условий выращивания культуры.

В работах (Е.В. Картамышевой [74, 128], В.И. Шпоты и Г.С. Вознесенской [176], Z. Hossaina, L. Wang [200]) отмечается влияние метеорологических условий на процессы накопления эфирного масла и жира в семенах горчицы. Так, хорошая влагообеспеченность растений горчицы на первых этапах роста и развития положительно влияет на накопление масла в семенах, однако содержание масла с эфиромасличностью семян взаимосвязаны обратной корреляцией. Поэтому, по данным А.Г. Жуйкова [61], Е.В. Картамышевой, Т.Н. Лучкиной и др. [128], в засушливые годы эфиромасличность семян выше.

Наши исследования подтверждают ранее сделанные выводы по данному вопросу. Из приложения 2 можно заключить, что горчица сарептская в 2021 г. (все варианты опыта) и в 2023 г., посеянная в поздний срок посева, на первых этапах роста испытывала дефицит влаги, из-за чего масличность семян в 2021 г. варьировала от 44,0 до 46,6 %, а в 2023 г. – от 41,9 до 43,9 % в зависимости от нормы высева семян.

Эфиромасличность семян горчицы сарептской яровой практически не имела вариабельности по годам исследования. Однако данные, полученные по масличности и эфиромасличности семян горчицы сарептской в 2022 г., носят противоречивый характер, так как складывавшиеся условия вегетационного периода года способствовали не только увеличению масличности семян, но и их эфиромасличности.

Сбор масла горчицы сарептской яровой по годам исследования варьировал от 0,12 до 1,12 т/га. Отмечена тенденция к снижению данного показателя от раннего (0,40-1,09 т/га) к позднему (0,13-0,51 т/га) сроку посева горчицы

сарептской яровой. Аналогичная зависимость наблюдалась по масличности семян. Не было выявлено явных закономерностей влияния нормы высева семян на изучаемые показатели (приложение 2).

В ходе исследования было отмечено, что норма высева семян оказывает слабое влияние на сбор масла, масличность и эфиромасличность семян горчицы сарептской яровой (таблица 16).

Таблица 16 – Влияние сроков посева и норм высева на биохимические показатели семян и сбор масла горчицы сарептской (среднее за 2021-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Масличность	Эфиромасличность	Сбор масла, т/га
		семян, %		
Первый (ранний)	1,3	46,4	0,61	0,77
	1,7 (К)	47,3	0,61	0,74
	2,0	46,6	0,63	0,70
	2,3	46,9	0,62	0,67
	2,7	46,6	0,62	0,74
Второй (средний)	1,3	46,5	0,62	0,63
	1,7 (К)	46,7	0,61	0,66
	2,0	46,7	0,58	0,58
	2,3	46,6	0,60	0,61
	2,7	46,1	0,61	0,64
Третий (поздний)	1,3	44,5	0,64	0,30
	1,7 (К)	44,5	0,64	0,31
	2,0	44,6	0,64	0,31
	2,3	45,3	0,62	0,31
	2,7	45,5	0,64	0,34
Среднее по сроку посева	Первый	46,7	0,62	0,72
	Второй	46,5	0,61	0,62
	Третий	44,8	0,64	0,31
Среднее по норме высева семян	1,3	45,8	0,62	0,57
	1,7 (К)	46,1	0,62	0,57
	2,0	46,0	0,62	0,53
	2,3	46,2	0,61	0,53
	2,7	46,1	0,61	0,57
НСР <sub>05</sub> по фактору А		0,2	0,02	0,15
НСР <sub>05</sub> по фактору В		0,2	0,02	0,17
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		0,3	0,04	0,31

Масличность семян и сбор масла являются взаимосвязанными показателями (прямая корреляция), поэтому уменьшение масличности семян культуры от раннего (46,7 %) к позднему (44,8 %) сроку посева приводит к снижению сбора масла от 0,72 (в первый срок посева) до 0,31 (в третий срок посева) т/га. Эфиромасличность семян, наоборот, увеличивалась от раннего (0,62 %) к позднему (0,64 %) сроку посева, что связано с обратно пропорциональной зависимостью этих показателей качества семян.

Рядом ученых (Н.И. Мальцева [97], Э.Г. Устарханова [165]) установлено, что применение азотных удобрений, в отличие от фосфорных и калийных, способствует уменьшению масличности в семенах капустных культур, потому что азот входит в состав белков. Содержание белков и липидов (масла) имеют взаимообратную взаимосвязь между собой. Однако не все комбинации с азотом приводят к снижению содержания масла в семенах горчицы сарептской, например, в исследованиях В.И. Радченко [136, 137] применение макроудобрений в дозе  $N_{60}P_{60}$  увеличивало масличность семян на 0,9 % в сравнении с контролем (43,7 %).

В наших исследованиях при применении азотных некорневых подкормок во всех вариантах опыта наблюдалось увеличение к контролю масличности семян (в 2021 г. на 0,4-3,1 %, в 2022 г. на 0,2-1,5 %, в 2023 г. на 0,8-1,3 %). Азотные подкормки способствовали незначительному росту эфиромасличности семян горчицы сарептской, кроме двух подкормок в 2021 г., где эфиромасличность снижалась на 0,02 % как при дробном внесении  $N_{45}$  в фазе всходов и  $N_{15}$  в фазе стеблевания культуры, так и при дробном внесении  $N_{15}$  в фазе всходов и  $N_{45}$  в фазе стеблевания. Прибавки сбора масла при применении подкормок аммиачной селитрой составили в 2021 г. – 0,14-0,25 т/га, в 2022 г. – 0,16-0,18 т/га, в 2023 г. – 0,17-0,34 т/га (приложение 4).

Применение на посевах горчицы сарептской яровой аммиачной селитры в дозах  $N_{30}$  и  $N_{60}$  оказывало положительное влияние на сбор масла (0,16-0,29 т/га), накопление в семенах жира (0,7-1,6 %) и эфирного масла (0,01-0,03 %) в сравнении с контролем. Наибольшая масличность семян горчицы сарептской

яровой наблюдалась в варианте с дробным внесением азотного удобрения в дозе  $N_{30}$  по  $N_{15}$  в фазе всходов и в фазе стеблевания культуры – 47,6 %. Внесение азотного удобрения в дозе  $N_{60}$  в фазе всходов культуры и по  $N_{30}$  в фазе всходов и в фазе стеблевания культуры способствовало получению самого высокого сбора масла – 0,91-0,93 т/га и эфиромасличности семян – 0,62-0,63 % (таблица 17).

Таблица 17 – Влияние применения азотных некорневых подкормок на качество семян и сбор масла горчицы сарептской (среднее за 2021-2023 гг.)

Доза подкормки в фазе		Масличность	Эфиромасличность	Сбор масла, т/га
всходов	стеблевания			
Контроль, без удобрений		46,0	0,60	0,64
$N_{30}$	$N_0$	47,1	0,63	0,88
$N_{15}$	$N_{15}$	47,6	0,62	0,86
$N_0$	$N_{30}$	46,7	0,60	0,80
$N_{30}$	$N_{30}$	47,5	0,62	0,91
$N_{60}$	$N_0$	46,7	0,63	0,93
$N_0$	$N_{60}$	47,4	0,63	0,83
$N_{15}$	$N_{45}$	47,0	0,61	0,85
$N_{45}$	$N_{15}$	47,4	0,61	0,90
НСР <sub>05</sub>		0,2	0,02	0,08

В течение трехлетних исследований было обнаружено, что применение комплексных микроудобрений в виде некорневых подкормок способствует увеличению сбора масла, а также улучшению некоторых биохимических характеристик семян горчицы сарептской, таких как содержание масла и эфирных масел (приложение б).

Некорневые обработки растений горчицы сарептской яровой способствовали увеличению в сравнении с вариантом без применения микроудобрений масличности семян на 0,7-1,6 %, эфиромасличности семян всего на 0,01-0,03 % и сбора масла на 0,16-0,29 т/га. Применение в фазе стеблевания горчицы сарептской яровой смеси комплексных микроудобрений Микро в дозе 1 л/га и Брассика в дозе 2 л/га



способствовало получению максимальной масличности семян – 47,9 % и сбора масла – 0,91 т/га (таблица 18).

Таблица 18 – Влияние комплексных микроудобрений на биохимические показатели семян и сбор масла горчицы сарептской (среднее за 2021-2023 гг.)

Вариант	Масличность	Эфиромасличность	Сбор масла, т/га
	семян, %		
Контроль, без удобрений	46,2	0,58	0,60
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	47,6	0,61	0,81
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	47,0	0,59	0,86
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	47,8	0,60	0,75
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	47,5	0,61	0,77
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	47,9	0,60	0,91
НСР <sub>05</sub>	0,1	0,02	0,10

Наибольшее содержание в семенах культуры эфирного масла отмечено в вариантах применения микроудобрения Вегетатив в дозе 2 л/га в фазе всходов и смеси микроудобрений Кальцибор в дозе 2 л/га и Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания культуры по 0,61 % (что на 0,03 % больше контроля).

Таким образом, при анализе влияния отдельных элементов технологии возделывания на сбор масла и биохимические показатели горчицы сарептской яровой можно сделать следующие выводы:

1. Отмечена тенденция к снижению сбора масла и масличности семян от раннего (0,72 т/га и 46,7 % соответственно) к позднему (сбор масла – 0,31 т/га, масличность семян – 44,8 %) сроку посева горчицы сарептской, при этом по эфиромасличности семян наблюдается обратная взаимосвязь: увеличение от первого (0,62 %) к третьему (0,64 %) сроку. Наилучшим сочетанием изучаемых приемов агротехники, способствующих получению лучших качественных показателей (сбор масла – 0,74 т/га, масличность семян – 47,3 %, эфиромасличность – 0,61 %)

эфиромасличность семян – 0,61 %), является посев в первый (ранний) срок с нормой высева семян 1,7 млн шт./га (контроль).

2. Применение некорневой подкормки азотным удобрением в дозе  $N_{60}$  в фазе всходов или дробно по  $N_{30}$  в фазах всходов и стеблевания культуры позволило получить наилучшие показатели по сбору масла – 0,91-0,93 т/га и содержанию эфирного масла в семенах – 0,62-0,63 % горчицы сарептской яровой.

3. Некорневая обработка посевов горчицы сарептской в фазе стеблевания смесью микроудобрений Микро в дозе 1 л/га и Брассика в дозе 2 л/га обеспечивала условия для накопления максимального содержания масла в семенах – 47,9 % и получения наибольшего сбора масла – 0,91 т/га.

## **ГЛАВА 4 УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ АГРОПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ**

В России горчицу сарептскую выращивают в основном для получения семян, так как она отличается высоким содержанием масла (48-52 %). Однако в качестве зеленой культуры для производства корма для животных и зеленых удобрений ее начали использовать относительно недавно. Это связано с тем, что многие сельскохозяйственные производители стремятся создать полный хозяйственный цикл на своих предприятиях. Он включает не только наличие растениеводческого комплекса, но и животноводческого. Для этого необходимо расширять ассортимент выращиваемых культур в севообороте. А многостороннее использование горчицы позволяет решить сразу несколько задач. Например, при использовании горчицы в качестве сидеральной культуры можно повысить плодородие почвы (она переводит труднодоступные элементы питания в доступные) и улучшить ее структуру (рыхлит и дренирует). Также посевы горчицы защищают почву от дефляции и водной эрозии, а еще она как фитосанитар (фитосанитарная роль) интенсивно ее «оздоравливает» (профилактика накопления вредителей и грибных болезней). Также зеленая масса горчицы в качестве зеленого корма очень ценится за высокое содержание в ней протеина, а по питательности она близка к комбикормам [73, 104, 170].

### **4.1 Зависимость урожая биомассы горчицы сарептской от агроприемов ее возделывания на сидерат**

Горчица за короткий период вегетации (35-45 суток) способна нарастить большую вегетативную массу (20-50 т/га) и развить хорошую, глубоко проникающую корневую систему, из-за чего ее можно рассматривать как самостоятельную сидеральную культуру или в качестве промежуточной культуры. При запахивании 35-40 т/га свежей растительной массы горчицы в почву происходит накопление в почвенном профиле около 150-250 кг/га азота.

Данное количество азота равноценно внесению от 600 до 700 кг/га аммиачной селитры или поступлению его из 30-40 т навоза, но при этом коэффициент использования из зеленого удобрения азота в первый год в 2 раза выше, чем тот же показатель в варианте с навозом. В.А. Монастырский с коллегами рекомендует горчицу сарептскую заделывать в почву на 34-38 сутки после появления всходов (фаза бутонизации – начало цветения) [112], так как при наступлении полного (массового) цветения и плодообразования культуры в растении происходит активный процесс перераспределения питательных веществ между вегетативными и генеративными органами [150, 153]. На минерализацию генеративных органов растения затрачивается в почве больше времени, чем на вегетативные, поэтому процесс минерализации в этом случае сильно удлиняется, из-за чего сельхозтоваропроизводители не получают должного экологического и экономического эффекта от применения зеленого удобрения.

В наших исследованиях в 2022-2023 гг. зеленую массу горчицы сарептской отбирали в фазе «бутонизация-начало цветения» для изучения влияния элементов технологии возделывания (срок посева, норма высева семян, влияние минерального удобрения) на урожайность зеленой массы и поступление в почву с растительными остатками горчицы сарептской сухой биомассы и элементов питания.

В 2023 г. количество выпадающих осадков – 175 мм (апрель-май), приходящихся на критический период роста и развития культуры, было больше по сравнению с количеством осадков, выпавших в 2022 г. в аналогичный период вегетации культуры – 76 мм. Данное количество осадков, выпавших в 2023 г., способствовало формированию более мощной вегетативной массы растений горчицы сарептской, а следовательно, и повышению урожайности зеленой массы и сухой биомассы от применяемых агроприемов.

В среднем в 2022 г. посев во второй (средний) срок позволил получить наибольшую урожайность зеленой массы – 21,40 т/га и сухой биомассы – 3,73 т/га, в отличие от раннего (первого) и позднего (третьего) сроков посева в независимости от нормы высева семян. Аналогичная зависимость наблюдается и по урожайности сухой биомассы. Посев в ранний (первый) срок способствовал

получению урожайности сухой биомассы больше на 0,69 т/га в сравнении с поздним (третьим) сроком посева горчицы сарептской яровой (таблица 19). Это может быть связано с более высокой массовой долей сухого вещества в зеленой массе растений при раннем сроке посева (в зависимости от нормы высева она варьировала от 18,15 до 21,38 %), чем при позднем сроке посева (в зависимости от нормы высева семян она варьировала от 13,04 до 14,81 %) (приложение 10).

Таблица 19 – Урожайность зеленой и сухой биомассы горчицы сарептской в зависимости от срока посева и нормы высева семян (2022-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Урожайность, т/га					
		зеленой массы			сухой биомассы		
		2022 г.	2023 г.	среднее	2022 г.	2023 г.	среднее
Первый (ранний)	1,3	18,16	34,41	26,29	3,62	5,81	4,72
	1,7 (К)	15,04	36,00	25,52	3,22	5,29	4,23
	2,0	16,24	35,01	25,63	3,37	6,36	4,87
	2,3	18,08	34,12	26,10	3,40	5,28	4,34
	2,7	21,52	38,01	29,77	3,91	6,54	5,23
Второй (средний)	1,3	20,36	22,20	21,28	3,45	3,45	3,45
	1,7 (К)	20,48	27,30	23,89	3,66	5,61	4,64
	2,0	20,12	26,51	23,32	3,55	4,41	3,98
	2,3	18,88	26,10	22,49	3,41	3,38	3,40
	2,7	27,16	32,02	29,59	4,58	4,62	4,60
Третий (поздний)	1,3	15,60	15,60	15,60	2,25	1,78	2,02
	1,7 (К)	22,10	20,40	21,25	3,27	2,06	2,67
	2,0	18,04	23,00	20,52	2,47	2,61	2,54
	2,3	24,08	21,00	22,54	3,22	2,20	2,72
	2,7	21,64	30,80	26,22	2,82	3,11	2,97
Среднее по сроку посева	Первый	17,81	35,51	26,66	3,50	5,86	4,68
	Второй	21,40	26,83	24,11	3,73	4,29	4,01
	Третий	20,29	22,16	21,23	2,81	2,35	2,58
Среднее по нормам высева	1,3	18,04	24,07	21,06	3,11	3,68	3,40
	1,7 (К)	19,21	27,90	23,56	3,38	4,32	3,85
	2,0	18,13	28,17	23,15	3,13	4,46	3,80
	2,3	20,35	27,07	23,71	3,34	3,62	3,48
	2,7	23,44	33,61	28,53	3,77	4,76	4,27
НСР <sub>05</sub> по фактору А		1,10	1,35	1,22	0,21	0,35	0,28
НСР <sub>05</sub> по фактору В		1,15	1,41	1,28	0,25	0,41	0,33
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		2,20	2,30	2,25	0,43	0,65	0,54

Установлено, что высокие значения изучаемых показателей в 2023 г. по сравнению с 2022 г. связаны с атмосферными осадками, приходящимися на критический период (стеблевание-цветение) роста горчицы сарептской яровой.

Анализ агрометеорологических данных показал, что всходы раннего (первого) срока посева в третью декаду апреля (2,3 мм) испытывали недостаток влаги, в отличие от всходов, полученных уже в первую (второй срок посева) и вторую (поздний срок посева) декадах мая, так как в этот период суммарно выпадало 31,7 мм осадков.

В своих исследованиях, проведенных в Нечерноземной зоне на дерново-подзолистых почвах в 2017-2019 гг., С.С. Жирных [60] подчеркнул значимость сроков посева, однако пришел к выводу, что они не оказывают значительного влияния на урожай зеленой массы горчицы сарептской яровой, в отличие от норм высева семян. В его работах отмечается, что при посеве семян горчицы в количестве 2,0 и 2,5 млн шт./га наблюдается снижение урожайности зеленой массы на 2,3 и 1,3 т/га соответственно по сравнению с контрольной нормой (3,0 млн шт./га) высева семян. Интересно, что при увеличении нормы высева семян до 3,5 и 4,0 млн шт./га, урожайность зеленой массы достигала уровня контрольного варианта, составив 13,7 т/га (при 3,0 млн шт./га). Таким образом, основные показатели урожайности зависят в большей степени от нормы высева, чем от сроков посева.

В наших исследованиях установлено, что нет четкой зависимости нормы высева семян и урожайности зеленой массы и сухой биомассы. Но посев горчицы сарептской с максимальной нормой высева семян способствовал получению наибольшей урожайности зеленой массы (в 2022 г. – 23,44 т/га; в 2023 г. – 33,61 т/га и в среднем за два года – 28,53 т/га) и сухой биомассы (в 2022 г. – 3,77 т/га; в 2023 г. – 4,76 т/га и в среднем за два года – 4,27 т/га).

В среднем за два года исследований в почву с зеленой массой горчицы сарептской яровой при ее запахивании поступило (в зависимости от срока посева): 99,0-131,6 кг/га – азота; 14,8-19,3 кг/га – фосфора и 106,1-135,0 кг/га – калия. Среднее содержание макроэлементов, поступающих в чернозем выщелоченный, уменьшалось прямо пропорционально от раннего (первого) (азота – 137,1 кг/га; фосфора – 19,0 кг/га; калия – 128,8 кг/га) к позднему (третьему) (азота – 81,1 кг/га; фосфора – 13,4 кг/га; калия – 96,5 кг/га) сроку посева (таблица 20).

Таблица 20 – Поступление с зеленой массой горчицы сарептской азота, фосфора и калия в почву в зависимости от сроков посева и норм высева семян, кг/га (2022-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Макроэлементы								
		азот			фосфор			калий		
		2022 г.	2023 г.	среднее	2022 г.	2023 г.	среднее	2022 г.	2023 г.	среднее
Первый (ранний)	1,3	68,4	218,5	143,5	13,4	31,4	22,4	98,5	174,9	136,7
	1,7 (К)	65,4	188,9	127,2	10,9	23,8	17,4	99,2	113,2	106,2
	2,0	70,8	213,7	142,3	13,8	23,5	18,7	103,8	159,6	131,7
	2,3	78,5	177,4	128,0	10,9	22,2	16,6	108,8	125,7	117,3
	2,7	87,6	201,4	144,5	14,5	24,9	19,7	137,6	166,1	151,9
Второй (средний)	1,3	79,7	123,2	101,5	11,7	17,3	14,5	121,4	103,5	112,5
	1,7 (К)	76,9	196,4	136,7	16,5	22,4	19,5	120,1	140,3	130,2
	2,0	77,0	145,1	111,1	13,1	18,5	15,8	110,8	106,7	108,8
	2,3	69,2	108,8	89,0	12,3	17,6	15,0	120,0	84,8	102,4
	2,7	137,9	152,0	145,0	19,2	24,0	21,6	146,6	128,4	137,5
Третий (поздний)	1,3	53,6	59,8	56,7	8,8	11,7	10,3	74,7	63,7	69,2
	1,7 (К)	89,3	76,4	82,9	12,1	13,6	12,9	107,3	80,5	93,9
	2,0	67,4	95,0	81,2	11,1	17,0	14,1	82,0	99,4	90,7
	2,3	81,1	78,5	79,8	13,9	11,9	12,9	133,9	92,2	113,1
	2,7	94,8	115,4	105,1	14,4	18,7	16,6	124,1	107,3	115,7
Среднее по сроку посева	Первый	74,1	200,0	137,1	12,7	25,2	19,0	109,6	147,9	128,8
	Второй	88,1	145,1	116,6	14,6	20,0	17,3	123,8	112,7	118,3
	Третий	77,2	85,0	81,1	12,1	14,6	13,4	104,4	88,6	96,5
Среднее по нормам высева	1,3	67,2	133,8	100,5	11,3	20,1	15,7	98,2	114,0	106,1
	1,7 (К)	77,2	153,9	115,6	13,2	19,9	16,6	108,9	111,3	110,1
	2,0	71,7	151,3	111,5	12,7	19,6	16,3	98,9	121,9	110,4
	2,3	76,3	121,6	99,0	12,4	17,2	14,8	120,9	100,9	110,9
	2,7	106,8	156,3	131,6	16,0	22,5	19,3	136,1	133,9	135,0
НСР <sub>05</sub> по фактору А		3,0	10,0	6,5	0,5	1,0	0,8	5,1	4,3	4,7
НСР <sub>05</sub> по фактору В		3,2	11,1	7,2	0,7	1,1	0,9	7,2	4,5	5,8
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		5,7	18,5	12,1	1,1	2,1	1,6	10,3	7,3	8,2

Установлено, что норма высева семян не влияет на накопление в зеленой массе горчицы сарептской яровой азота, фосфора и калия. В отличие от срока посева, который оказывает значительное воздействие на эти показатели.

В 2023 г. сочетание первого срока посева с минимальной нормой высева семян (1,3 млн шт./га) способствовало накоплению в зеленой массе горчицы сарептской яровой наибольшего содержания макроэлементов: азота – 218,5 кг/га, фосфора – 31,4 кг/га и калия – 174,9 кг/га по сравнению с другими комбинациями сроков и норм высева семян.

Согласно полученным данным, норма высева семян 2,7 млн шт./га в среднем за два года исследований способствовала получению не только максимальной урожайности зеленой массы и сухой биомассы горчицы сарептской яровой по сравнению с другими нормами высева семян, но и накоплению в зеленой массе культуры наибольшего количества азота, фосфора и калия. Так, при максимальной (2,7 млн шт./га) норме высева семян с растительными остатками горчицы сарептской яровой в почву поступило: азота – 131,6 кг/га; фосфора – 19,3 кг/га; калия – 135,0 кг/га.

В почвенном профиле чернозема выщелоченного азот в небольших концентрациях содержится в почвенно-поглощающем комплексе (ППК) в виде обменного аммония ( $N-NH_4^+$ ), данная форма доступна растениям и не способна вымываться или промываться из почвы. Однако большая часть азота в черноземе выщелоченном содержится в форме нитратов ( $N-NO_3^-$ ), который может промываться в нижележащие слои почвенного профиля, из-за чего растения сельскохозяйственных культур могут испытывать азотное голодание. Поэтому внесение азотных удобрений является одним из основных факторов получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур [171, 172, 173, 175].

Некорневые подкормки растений аммиачной селитрой во всех вариантах опыта, по сравнению с контролем, способствовали увеличению урожайности зеленой массы и сухой биомассы горчицы сарептской яровой. Следует отметить,



что однократные подкормки азотным удобрением в дозах  $N_{30}$  и  $N_{60}$  в фазе стеблевания культуры по сравнению с контролем обеспечили прибавки урожая зеленой массы 4,23 и 5,72 т/га и сухой биомассы 0,85 и 0,88 т/га соответственно. Однако, относительно других вариантов подкормок, эти значения были наименьшими.

В 2022 г. дробное внесение азотного удобрения в дозе  $N_{60}$  в два приема по  $N_{30}$  (фазах всходов и стеблевания) позволило получить наибольшую урожайность зеленой массы горчицы сарептской яровой – 26,04 т/га. При этом в 2022 г. наибольшая урожайность сухой биомассы (5,67 т/га) была получена в варианте при однократном внесении аммиачной селитры в дозе  $N_{30}$  в фазе всходов культуры (рисунки 6 и 7). Получение такой высокой урожайности сухой биомассы при применении данного агроприема возможно из-за более высокого содержания сухого вещества 23,54 %, а в варианте с дробным внесением азотного удобрения в дозе  $N_{60}$  в два приема по  $N_{30}$  в фазах всходов и стеблевания культуры содержание сухого вещества составляло всего 18,06 % (приложение 11).

Стоит отметить, что у растений горчицы сарептской яровой по урожайности зеленой массы прослеживается аналогичная зависимость, как и по урожайности семян, то есть некорневые подкормки азотным удобрением в первые этапы роста культуры более эффективны, чем в последующие. Так, подкормка аммиачной селитры в дозах  $N_{30}$  и  $N_{60}$  в фазе всходов может в среднем за два года дать урожайность зеленой массы больше на 8,40 и 9,09 т/га соответственно, чем при подкормке данными дозами в фазе стеблевания горчицы сарептской яровой.

В 2023 г. и в среднем за два года исследований установлено, что однократная некорневая подкормка посевов горчицы сарептской яровой азотным удобрением в дозе  $N_{60}$  в фазе всходов культуры способствует получению наибольшей урожайности зеленой массы – 56,12 и 38,12 т/га и сухой биомассы – 6,15 и 5,38 т/га соответственно (рисунки 6 и 7).

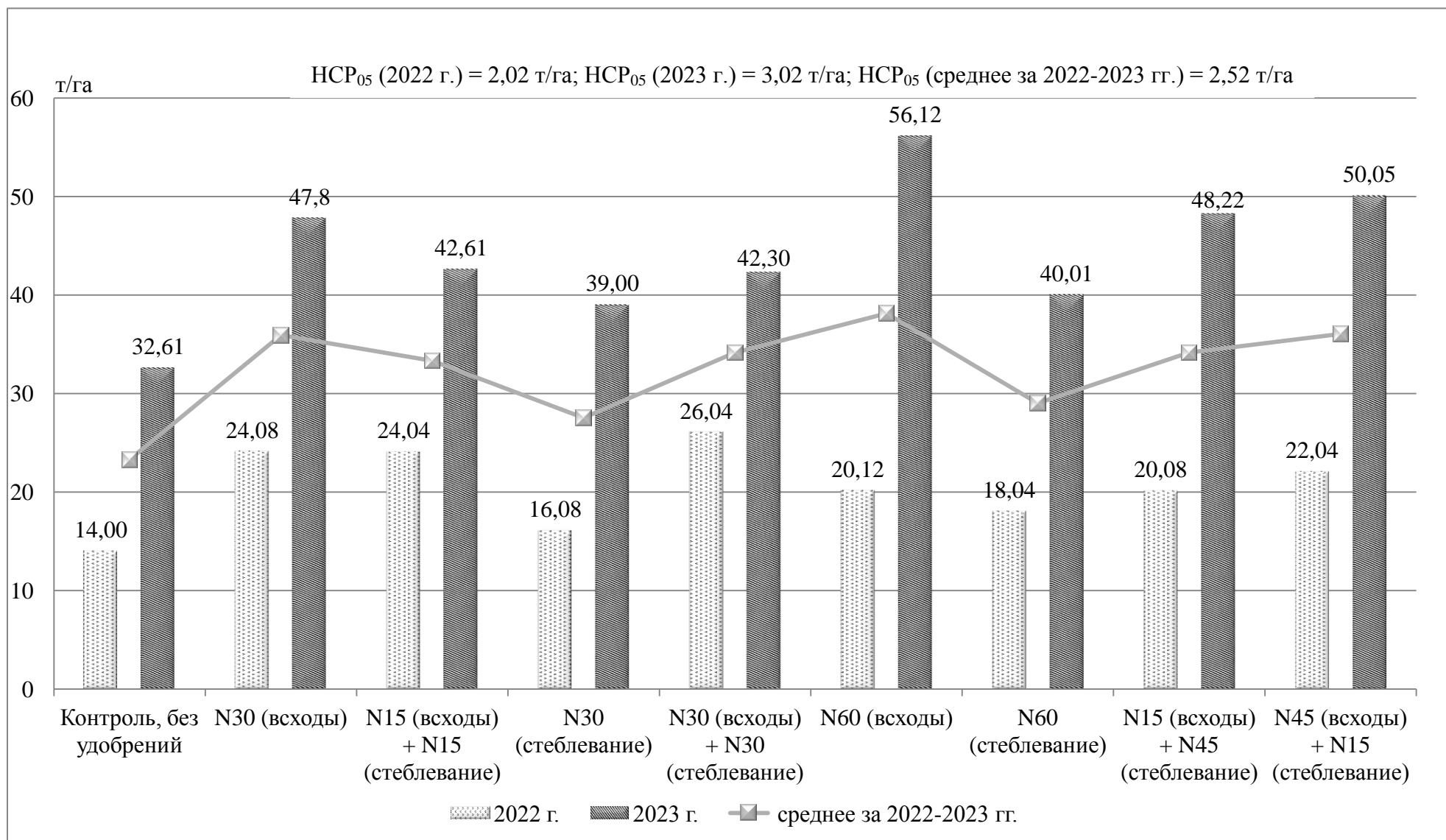


Рисунок 6 – Влияние азотной подкормки на урожайность зеленой массы горчицы сарептской

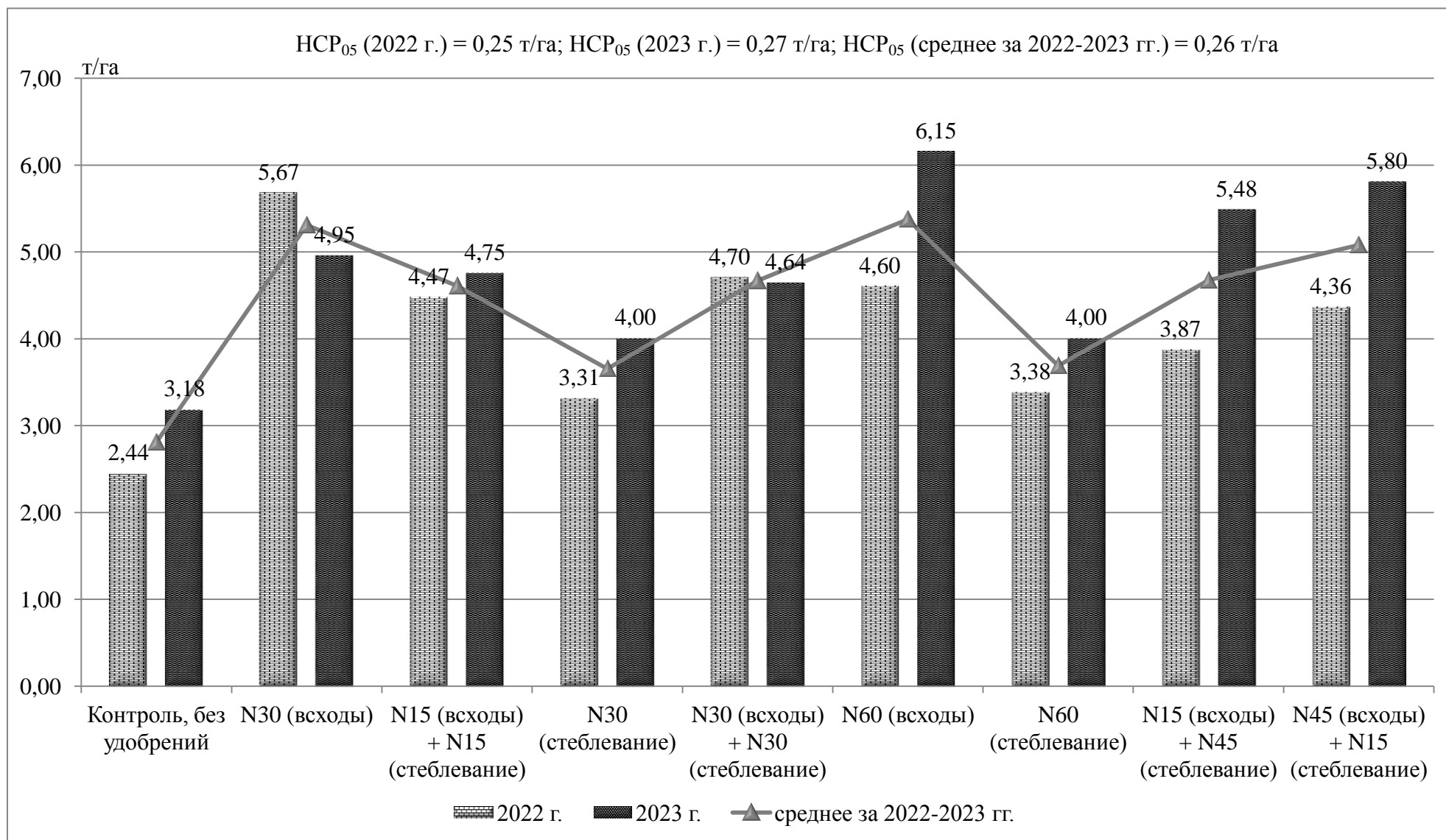


Рисунок 7 – Влияние азотной подкормки на урожайность сухой биомассы горчицы сарептской

Влияние подкормок аммиачной селитрой на поступление с зеленой массой культуры макроэлементов (азота, фосфора, калия) в почву представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Поступление с зеленой массой горчицы сарептской азота, фосфора и калия в почву в зависимости от подкормок азотным удобрением, кг/га (2022-2023 гг.)

Доза подкормки в фазе		Макроэлементы								
всходов	стеблевания	азот			фосфор			калий		
		2022 г.	2023 г.	среднее	2022 г.	2023 г.	среднее	2022 г.	2023 г.	среднее
Контроль, без удобрений		64,0	132,7	98,4	11,3	21,8	16,6	87,3	101,1	94,2
N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	81,0	166,3	123,7	22,1	27,7	24,9	156,7	147,5	152,1
N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	79,0	176,2	127,6	18,8	29,0	23,9	122,3	142,5	132,4
N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	76,5	148,4	112,5	13,6	22,2	17,9	99,3	123,2	111,3
N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	115,8	198,7	157,3	14,9	33,2	24,1	120,5	152,8	136,7
N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	103,2	164,4	133,8	13,9	23,3	18,6	130,6	125,1	127,9
N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	121,7	155,9	138,8	17,4	26,0	21,7	144,2	127,6	135,9
N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>	78,6	187,7	133,2	13,9	31,6	22,8	110,7	162,8	136,8
N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>	88,5	177,6	133,1	17,0	29,5	23,3	133,0	167,6	150,3
НСР <sub>05</sub>		2,5	2,3	2,4	1,0	1,1	1,1	2,1	1,9	2,0

В 2022 г. максимальная прибавка урожая сухой биомассы 5,67 т/га была получена при однократном внесении азотного удобрения в дозе N<sub>30</sub> в фазе всходов горчицы. Также при этом способе подкормки наблюдалось наибольшее накопление фосфора – 24,9 кг/га и калия – 152,1 кг/га.

Среднее содержание азота в зеленой массе культуры варьировало от 112,5 до 157,3 кг/га при применении подкормок азотом. Однако данный факт не объясняет увеличение в них фосфора и калия, поскольку в применяемом удобрении (аммиачной селитре), кроме аммонийного и нитратного азота, больше нет никаких примесей. Известно, что в почвенном профиле чернозема выщелоченного высокое содержание обменного калия (313-368 мг/кг) и среднее содержание подвижного фосфора (21-36 мг/кг) (таблица 2), но не все сельскохозяйственные растения способны использовать (поглощать) запасы данных макроэлементов из-за

химической и физико-химической поглотительной способности почв, которая способна часть доступных элементов питания переводить в недоступные формы. «Однако биологические особенности горчицы сарептской яровой являются одной из самых главных причин ее использования в виде зеленого удобрения. Благодаря наличию у нее уникальной веретеновидной корневой системы, способной при стрессовых ситуациях (дефицит элементов питания) подкислять почвенный раствор и переводить труднорастворимые соединения фосфора и калия в доступные соединения, что в создаваемых горчицей условиях улучшает поглощение данных элементов минерального питания» [22, 126, 177]. Все это способствует накоплению в зелёной массе сарептской горчицы не только азота, который растение получает из удобрений и почвы, но и фосфора и калия, которые извлекаются из труднодоступных соединений почвы.

Применение азотных удобрений благоприятно влияет на урожай зеленой массы и сухой биомассы горчицы сарептской. Применение микроудобрений также имеет важное значение для культуры. Микроэлементы, входящие в состав микроудобрений, участвуют в окислительно-восстановительных и обменных процессах, дыхания и фотосинтеза [161, 178], что также оказывает положительное влияние на урожайность зеленой массы культуры. Так, благодаря некорневым подкормкам посевов горчицы сарептской в среднем за 2022-2023 гг. прибавка урожая сухой биомассы варьировала от 0,96 до 2,58 т/га, а зеленой массы – от 5,04 до 14,96 т/га (таблица 22). При этом массовая доля сухого вещества горчицы сарептской яровой в среднем за два года исследования во всех вариантах опыта варьировалась от 13,59 до 15,84 % (приложение 12).

За годы исследований наилучшие результаты по урожайности зеленой массы и сухой биомассы горчицы сарептской были получены в варианте с некорневой подкормкой посевов в период стеблевания. В качестве удобрения использовалась баковая смесь, состоящая из комплексных микроудобрений Микро в дозировке 1 л/га и Брассика в объеме 2 л/га. Данная смесь микроудобрений способствовала получению прибавок урожая зеленой массы (в 2022 году – 14,04 т/га, в 2023 году – 15,88 т/га и в среднем за два года – 14,96 т/га)

и сухой биомассы (в 2022 году – 2,53 т/га, в 2023 году – 2,63 т/га и в среднем за два года – 2,58 т/га) (таблица 22).

Таблица 22 – Влияние микроудобрений на урожайность зеленой массы и сухой биомассы горчицы сарептской (2022-2023 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га					
	зеленой массы			сухой биомассы		
	2022 г.	2023 г.	среднее	2022 г.	2023 г.	среднее
Контроль, без удобрений	14,00	32,61	23,31	2,44	3,18	2,81
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	24,12	43,02	33,57	4,74	4,28	4,51
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	24,08	40,06	32,07	4,32	4,78	4,55
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	22,04	44,09	33,07	4,18	5,60	4,89
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	18,20	38,50	28,35	3,16	4,37	3,77
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	28,04	48,49	38,27	4,97	5,81	5,39
НСР <sub>05</sub>	1,91	2,11	2,01	0,22	0,20	0,21

Некорневая подкормка в фазе стеблевания культуры комплексными микроудобрениями Кальцибор в дозе 2 л/га и Брассика в дозе 2 л/га в среднем за два года исследований позволили в сравнении с контролем получить дополнительно 5,04 т/га зеленой массы и 0,96 т/га сухой биомассы горчицы сарептской яровой, однако данная прибавка являлась наименьшей в отличие от других вариантов некорневых обработок посевов горчицы сарептской яровой.

Некорневые обработки посевов комплексными микроудобрениями положительно влияли на накопление азота, фосфора и калия в растениях культуры во всех вариантах опыта, так как являлись дополнительным источником данных элементов (таблица 23).

В ходе двухлетних исследований было установлено, что некорневые подкормки горчицы сарептской с использованием смеси комплексных микроудобрений Кальцибор и Брассика в дозах по 2 л/га не только обеспечивали минимальную прибавку как зеленой массы, так и сухого биомассы, но также

способствовали снижению содержания фосфора в зеленой массе до 20,2 кг/га и калия до 104,0 кг/га по сравнению с другими вариантами применения микроудобрений. Эти результаты подчеркивают менее эффективные свойства данной комбинации в контексте повышения урожайности и питательных веществ в культуре.

Таблица 23 – Влияние микроудобрений на поступление с зеленой массой горчицы сарептской азота, фосфора и калия в почву, кг/га (2022-2023 гг.)

Вариант	Макроэлементы								
	азот			фосфор			калий		
	2022 г.	2023 г.	среднее	2022 г.	2023 г.	среднее	2022 г.	2023 г.	среднее
Контроль, без удобрений	64,0	132,7	98,4	11,3	21,8	16,6	87,3	101,1	94,2
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	122,8	140,6	131,7	20,4	25,0	22,7	163,1	110,7	136,9
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	99,4	141,1	120,3	22,0	25,3	23,7	136,5	114,7	125,6
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	87,8	184,2	136,0	15,5	29,7	22,6	157,2	140,8	149,0
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	81,8	168,2	125,0	12,3	28,0	20,2	103,6	104,4	104,0
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	114,8	191,1	153,0	16,9	30,2	23,6	141,1	145,8	143,5
НСР <sub>05</sub>	4,8	4,9	4,9	2,1	2,3	2,2	5,1	5,0	5,1

Некорневые подкормки смесью комплексных микроудобрений Микро в дозе 1 л/га и Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания горчицы сарептской яровой способствовали в среднем за 2022-2023 гг. максимальному накоплению азота в зеленой массе культуры – 153,0 кг/га по сравнению с другими подкормками микроудобрениями, что может быть связано с лучшей усвояемостью азота из аминокислот, который входит в состав микроудобрения Микро.

Двойная доза калия, входящего в состав смеси комплексных микроудобрений Вегетатив и Брассика, позволила в среднем за 2 года накопить его в растениях горчицы сарептской больше – 149,0 кг/га, чем в других вариантах с некорневой подкормкой.

Таким образом, при возделывании горчицы сарептской в качестве зеленого удобрения лучшим сочетанием элементов технологии является:

1. Первый (ранний) срок посева горчицы сарептской с максимальной нормой высева семян (2,7 млн шт./га) позволяет получить максимальную урожайность зеленой массы – 29,77 т/га, сухой биомассы – 5,23 т/га и накопить наибольшее количество азота – 144,5 кг/га и калия – 151,9 кг/га.

2. Однократная подкормка аммиачной селитрой в дозе  $N_{60}$  в фазе всходов горчицы сарептской обеспечивает наибольшую прибавку урожайности зеленой массы – 14,81 т/га и сухой биомассы – 2,57 т/га, а также способствует наибольшему накоплению азота – 157,3 кг/га.

3. Использование в качестве некорневой подкормки посевов в фазе стеблевания горчицы сарептской смеси микроудобрений Микро (1 л/га) и Брассика (2 л/га) позволяет получить максимальную прибавку урожайности зеленой массы – 14,96 т/га, сухой биомассы – 2,58 т/га, а также способствует накоплению азота на уровне 153,0 кг/га.

#### **4.2 Питательная ценность зеленой массы горчицы сарептской в зависимости от агроприемов ее возделывания**

Рядом ученых (А.Е. Чиков, С.И. Кононенко, И.Р. Тлецерук и др. [71]) в Краснодарском крае и Республике Адыгея было установлено, что замена 20-30 кг кукурузного силоса на равное количество зеленой массы капустных культур в дневном рационе молочного скота приводит к увеличению суточного удоя на 1,5-3,0 кг на корову, а жирность молока увеличивается на 0,2-0,3 %. Также использование зеленых кормов капустных в рационе свиней улучшало их пищеварение и увеличивало суточный прирост живой массы. Однако переход на зеленые корма капустных культур должен быть постепенным, сначала в смеси с другими кормами или соломой, и продолжительность скармливания данного вида кормов для одних и тех же животных не должна превышать 10-12 дней, чтобы у них не возникало анемии [71, 73, 118]. При таких положительных



качествах корма из капустных культур в литературе существуют противоречия не только относительно периода кормления сельскохозяйственных животных, но также и в отношении фазы уборки зеленой массы. Ранее нами было отмечено, что В.А. Монастырский с коллегами [112] рекомендуют срезать зеленую массу горчицы в фазе «бутонизация – начало цветения», так как из-за последующего огрубления соединительных тканей культуры ухудшается качество зеленого корма. Также согласно ГОСТ Р 56912-2016 «Корма зеленые» необходимо производить уборку растений в фазе цветения [50]. Однако в работах В.П. Савенкова и Е.Ю. Кузьминой [149] на редьке масличной было отмечено другое мнение. Они утверждают, что при незначительном ухудшении качества зеленых кормов, большее количество накопленного сухого вещества позволяет получить больше корма, поэтому лучше всего производить уборку в фазе полного плодообразования.

В настоящее время корма составляют большой процент затрат в животноводстве. Поэтому для животноводческого комплекса важно не только количество, но и качество получаемого корма. В связи с этим в наших исследованиях уборка вегетативной массы на зеленый корм горчицы сарептской производилась в фазе «бутонизация – начало цветения», а не в фазе полного плодообразования, что также позволяет избежать рисков образования антипитательного вещества «синигрина». Он обладает раздражающим действием на кишечник животного и может привести к летальному исходу.

В ходе исследований было отмечено, что в 2022 г. наблюдалась определенная зависимость между сроком посева и изучаемыми биохимическими показателями (содержание протеина, жира, клетчатки и обменной энергии, кормовых единиц). Так, от раннего (первый) к более позднему (третий) сроку посева в 1 кг сухого вещества увеличивалось содержание: протеина (с 132,1 г до 171,5 г); жира (с 29,9 г до 43,9 г); обменной энергии (с 10,8 МДж до 11,9 МДж); кормовых единиц (с 0,95 до 1,15) и уменьшалось содержание клетчатки (с 232,5 г до 170,7 г). В 2023 г. не наблюдалась зависимость между сроками посева и биохимическими показателями зеленых кормов. Во все годы исследования не

было выявлено зависимости между нормой высева семян и биохимическими показателями зеленых кормов (приложение 7).

Посев горчицы сарептской яровой в поздний (третий) срок посева в сравнении с ранним (первым) и средним (вторым) сроками способствовал получению зеленого корма с наилучшими биохимическими показателями для питания крупного рогатого скота (таблица 24).

Таблица 24 – Влияние сроков посева и норм высева семян на питательную ценность зеленой массы горчицы сарептской (среднее за 2022-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Содержание в 1 кг сухого вещества				
		протеина, г	жира, г	клетчатки, г	обменной энергии, МДж	кормовых единиц
Первый (ранний)	1,3	186,0	25,2	199,5	11,5	1,07
	1,7 (К)	175,0	47,8	188,2	11,6	1,10
	2,0	170,7	42,4	158,5	12,2	1,20
	2,3	177,2	35,8	231,5	10,9	0,96
	2,7	166,3	25,4	203,4	11,3	1,05
Второй (средний)	1,3	183,8	40,8	196,1	11,5	1,07
	1,7 (К)	175,1	42,7	197,5	11,5	1,06
	2,0	170,6	38,8	202,8	11,4	1,04
	2,3	164,1	44,3	161,5	12,1	1,19
	2,7	196,9	32,8	187,5	11,7	1,11
Третий (поздний)	1,3	179,4	48,4	149,2	12,3	1,23
	1,7 (К)	201,2	43,1	190,0	11,6	1,09
	2,0	199,1	45,4	153,8	12,2	1,21
	2,3	190,3	50,6	197,4	11,5	1,07
	2,7	221,0	50,7	188,1	11,6	1,09
Среднее по сроку посева	Первый	175,0	35,3	196,2	11,5	1,08
	Второй	178,1	39,9	189,1	11,6	1,09
	Третий	198,2	47,6	175,7	11,8	1,14
Среднее по нормам высева	1,3	183,1	38,1	181,6	11,8	1,12
	1,7 (К)	183,8	44,5	191,9	11,6	1,08
	2,0	180,1	42,2	171,7	11,9	1,15
	2,3	177,2	43,7	196,8	11,5	1,07
	2,7	194,7	36,3	193,0	11,5	1,08
НСР <sub>05</sub> по фактору А		7,9	4,0	9,3	0,1	0,05
НСР <sub>05</sub> по фактору В		9,0	5,1	10,6	0,2	0,07
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		15,9	8,6	18,9	0,2	0,10

Лучшими кормами для сельскохозяйственных животных являются высокобелковые с низким содержанием клетчатки, поэтому посев культуры в третий срок позволял получить зеленый корм, соответствующий этим требованиям. Так, в 1 кг сухого вещества горчицы содержалось протеина – 198,2 г; жира – 47,6 г; клетчатки – 175,7 г; обменной энергии – 11,8 МДж и кормовых единиц – 1,14. Максимальная норма высева семян в опыте способствовала получению дополнительно 10,9 г протеина в сравнении с контролем (1,7 млн шт./га) – 183,8 г, при этом в контроле отмечалось наибольшее содержание жира в растениях горчицы сарептской – 44,5 г.

Согласно литературным данным, показатель обменной энергии взаимосвязан обратной корреляцией с содержанием клетчатки, так как чем больше ее содержание в кормах сельскохозяйственных животных, тем хуже он переваривается и усваивается животными, поэтому меньше высвобождается энергии и образуется кормовых единиц [147]. Так как при норме высева семян 2,0 млн шт./га наблюдается наименьшее содержание клетчатки – 171,7 г в 1 кг сухого вещества, то здесь отмечается наибольшее значение обменной энергии и кормовых единиц – 11,9 МДж и 1,15 корм. ед. соответственно. Капустные культуры обладают высокой компенсационной способностью растений по отношению к норме высева семян, что может являться причиной слабого влияния этого элемента технологии на биохимические показатели зеленых кормов из горчицы сарептской.

Во всех вариантах опыта, где проводили подкормки различными дозами аммиачной селитры в разные фазы развития горчицы сарептской, наблюдалось положительное влияние на изучаемые показатели качества корма по сравнению с контрольным вариантом (таблица 25). Однако на содержание каротина в сухом веществе азотные подкормки не оказали влияния, в вариантах опыта оно варьировало незначительно – 26-33 мг/кг.

Содержание протеина и жира в сухом веществе в 2023 г. было больше, чем в 2022 г., это связано с повышением урожайности зеленой массы культуры. В исследуемый год содержание протеина в зеленой массе варьировало от 188,1 г

(N<sub>45</sub> – всходы + N<sub>15</sub> – стеблевание) до 231,9 г (N<sub>15</sub> – всходы + N<sub>15</sub> – стеблевание), жира – от 28,4 г (N<sub>15</sub> – всходы + N<sub>15</sub> – стеблевание) до 36,7 г (N<sub>60</sub> – всходы) (приложение 8).

Таблица 25 – Влияние некорневой подкормки азотным удобрением на питательную ценность зеленой массы горчицы сарептской (среднее за 2022-2023 гг.)

Доза подкормки в фазе		Содержание в 1 кг сухого вещества				
всходов	стеблевания	протеина, г	жира, г	клетчатки, г	обменной энергии, МДж	кормовых единиц
Контроль, без удобрений		135,3	24,5	207,8	11,2	1,02
N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	161,9	31,8	215,2	11,2	1,01
N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	196,9	32,0	196,9	11,4	1,06
N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	188,1	29,9	192,2	11,5	1,08
N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	164,1	33,3	192,3	11,5	1,07
N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	170,7	27,2	209,3	11,3	1,03
N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	186,0	33,1	175,1	11,9	1,15
N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>	161,9	30,8	214,1	11,2	1,01
N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>	159,0	29,3	203,7	11,3	1,04
НСР <sub>05</sub>		7,2	2,5	7,9	0,3	0,02

Дробное внесение аммиачной селитрой в дозе N<sub>30</sub> равными частями по N<sub>15</sub> в фазах всходов и стеблевания культуры способствовала накоплению азота в растениях горчицы сарептской – 147,4 кг/га (таблица 22), что, в свою очередь, повлияло на накопление протеина в сухом веществе горчицы – 196,9 г/кг. Установлено, что дробный способ внесения азота в дозе N<sub>60</sub> – по N<sub>30</sub> в фазах всходов и стеблевания горчицы сарептской способствовал получению корма с лучшими качественными показателями для использования в рационе крупного рогатого скота, так как содержание в 1 кг сухого вещества протеина составило – 186,0 г; жира – 33,1 г; клетчатки – 175,1 г, обменной энергии – 11,9 МДж и кормовых единиц – 1,15.

Сравнительный анализ данных о влиянии некорневых подкормок микроудобрениями на качество зеленого корма показал, что, так же как и подкормки аммиачной селитрой, они не оказывали существенного влияния на содержание в 1 кг сухого вещества каротина, который варьировал в вариантах опыта от 26,0 до 33,0 мг.

Содержание протеина, жира, обменной энергии и кормовых единиц в 2023 г. было больше, чем в 2022 г., так как обильные осадки 2023 г. благоприятно влияли на образование вегетативной массы горчицы сарептской яровой. Применение смеси микроудобрений Кальцибор в дозе 2 л/га и Брассика в дозе 2 л/га положительно влияла на биохимические показатели зеленых кормов. Так, данная смесь комплексных микроудобрений позволяла получить больше всего протеина – 240,6 г/кг и жира – 36,5 г/кг (приложение 9).

Некорневые подкормки посевов горчицы сарептской микроудобрениями положительно влияли не только на формирование урожая зеленой и сухой биомассы, но и на биохимические показатели качества зеленых кормов, которые соответствуют ГОСТ Р 56912-2016 «Корма зеленые» [50]. Согласно данному ГОСТу содержание протеина должно быть не менее 16 % (160 г), обменной энергии не менее 10,4 МДж и кормовых единиц не менее 0,88. Во всех вариантах опыта с применением микроудобрений содержание протеина варьировало от 164,1 до 201,3 г, обменной энергии – от 11,5 до 12,2 МДж и кормовые единицы от 1,07 до 1,18. Однако только в контроле без применения микроудобрений содержание протеина составило 148,5 г/кг, что не соответствовало указанному ГОСТу (таблица 26).

Таблица 26 – Влияние комплексных микроудобрений на питательную ценность зеленой массы горчицы сарептской (среднее за 2022-2023 гг.)

Вариант	Содержание в 1 кг сухого вещества				
	протеина, г	жира, г	клетчатка, г	обменной энергии, МДж	кормовых единиц
Контроль, без удобрений	148,5	24,5	176,4	11,8	1,14
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	188,2	29,6	196,0	11,5	1,07
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	164,1	32,6	189,9	11,6	1,10
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	168,5	34,1	165,1	12,1	1,18
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	201,3	32,3	170,3	11,9	1,15
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	175,0	28,4	159,7	12,2	1,21
НСР <sub>05</sub>	11,1	2,9	8,3	0,2	0,03

Содержание протеина (до 201,3 г) и жира (до 34,1 г) в 1 кг сухого вещества горчицы сарептской в сравнении с контролем без применения микроудобрений увеличивалось от применения некорневых подкормок микроудобрениями. При этом определено, что внесение по отдельности в фазе стеблевания микроудобрений Брассика (2 л/га) и Вегетатив (2 л/га) увеличивало накопление клетчатки в 1 кг сухого вещества, в отличие от контроля, из-за чего количество обменной энергии уменьшалось на 0,2-0,3 МДж, а кормовых единиц – на 0,04-0,07, при этом полученная зеленая масса соответствовала требованию ГОСТ Р 56912-2016 «Корма зеленые» [50].

Некорневая подкормка посевов горчицы сарептской яровой комплексными микроудобрениями Кальцибор (2 л/га) и Брассика (2 л/га) способствует получению высокобелковой зеленой массы, так как в 1 кг сухого вещества содержится 201,3 г протеина. Однако самое низкое содержание клетчатки (159,7 г) в 1 кг сухого вещества и максимальные значения обменной энергии (12,2 МДж) и кормовых единиц (1,21) были отмечены при некорневой обработке в фазе стеблевания культуры смесью микроудобрений Микро (1 л/га) и Брассика (2 л/га).

Таким образом, при использовании зеленой массы горчицы сарептской в качестве зеленых кормов для КРС наилучшие качества достигаются при использовании следующих агроприемов:

1. Посев культуры в третий срок с нормой высева семян 2,0 млн шт./га, так как при этом достигается получение зеленого корма с наилучшими биохимическими показателями в 1 кг сухого вещества: содержание протеина – 199,1 г, жира – 45,4 г, клетчатки – 153,8 г, обменной энергии – 12,2 МДж и кормовых единиц – 1,21.

2. Дробное внесение аммиачной селитры в дозе  $N_{60}$  – по  $N_{30}$  в фазах всходов и стеблевания горчицы сарептской способствовало получению корма с лучшими качественными показателями для использования в рационе крупного рогатого скота с содержанием в 1 кг сухого вещества: протеина – 186,0 г; жира – 33,1 г; клетчатки – 175,1 г, обменной энергии – 11,9 МДж и кормовых единиц – 1,15.

3. Некорневая обработка в фазе стеблевания горчицы сарептской смесью микроудобрений Микро (1 л/га) и Брассика (2 л/га) способствует получению наибольшей прибавки урожайности зеленой массы – 14,96 т/га и сухой биомассы – 2,58 т/га с хорошими биохимическими показателями зеленого корма (содержание в 1 кг сухого вещества протеина составило 175,0 г; жира – 28,4 г, клетчатки – 159,7 г; обменной энергии – 12,2 МДж и кормовых единиц – 1,21). Однако при низкой урожайности зеленой массы и сухого вещества баковая смесь микроудобрений Кальцибор (2 л/га) и Брассика (2 л/га) давала большую концентрацию протеина – 201,3 г и незначительно отличается по содержанию клетчатки – 170,3 г, обменной энергии – 11,9 МДж и кормовым единицам – 1,15. Полученные биохимические показатели также позволяют рекомендовать данную баковую смесь для получения качественного зеленого корма.

## ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ НА СЕМЕНА

В условиях современного рынка производители товаров стремятся к максимальной прибыли, что приводит к постоянному интересу к высокорентабельным культурам в аграрном секторе. Одной из таких культур является горчица благодаря своей универсальности и широкому спектру применения в сельском хозяйстве.

### 5.1 Экономическая эффективность сроков посева и норм высева семян

Увеличение затрат на семенной материал (при повышении нормы высева семян) и снижение урожайности приводило к изменениям экономической эффективности возделывания горчицы сарептской яровой при разных сроках посева и нормах высева семян. Посев горчицы сарептской яровой в поздние сроки приводит к снижению урожайности и, как следствие, к уменьшению экономической эффективности. Так, рентабельность в наших экспериментах при посеве культур во второй (средний) срок варьировала от 16 до 33 %, при этом третий срок посева позволил получить отрицательную рентабельности (минус 30-31 % в зависимости от нормы высева семян), следовательно, чем более поздний срок, тем он убыточнее. Посев горчицы сарептской яровой в первый (ранний) срок при минимальной (1,3 млн шт./га) норме высева семян способствовал получению наибольшей прибыли – 14,8 тыс. руб./га и рентабельности производства – 83 %. Повышение нормы высева семян приводило к увеличению затрат производства от 32,3 тыс. руб./га (1,3 млн шт./га) до 33,4 тыс. руб./га (2,7 млн шт./га). Однако посев в первый срок с максимальной (2,7 млн шт./га) нормой высева семян обеспечивал урожайность семян на уровне 1,78 т/га, что способствовало снижению себестоимости до 18,8 тыс. руб./т и позволило получить прибыль при данном сочетании факторов, которая составила 12,8 тыс. руб./га при рентабельности – 68 % (таблица 27).



Таблица 27 – Экономическая эффективность возделывания горчицы сарептской при различных сроках посева и нормах высева семян (2021-2023 гг.)

Показатель	Срок посева														
	первый (ранний)					второй (средний)					третий (поздний)				
	норма высева семян, млн шт./га														
	1,3	1,7 (К)	2,0	2,3	2,7	1,3	1,7 (К)	2,0	2,3	2,7	1,3	1,7 (К)	2,0	2,3	2,7
Урожайность, т/га	1,81	1,65	1,66	1,59	1,78	1,45	1,46	1,46	1,42	1,56	0,72	0,74	0,74	0,72	0,82
Затраты всего, тыс. руб./га	32,3	32,6	32,9	33,1	33,4	32,3	32,6	32,9	33,1	33,4	32,3	32,6	32,9	33,1	33,4
Себестоимость, тыс. руб./т	17,8	19,8	19,8	20,8	18,8	22,3	22,3	22,5	23,3	21,4	44,8	44,1	44,	46,0	40,8
Цена реализации, тыс. руб./т	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Чистый доход в расчете, тыс. руб./га	14,8	10,3	10,3	8,2	12,8	5,5	5,4	5,1	3,8	7,1	-13,5	-13,4	-13,6	-14,4	-12,1
Рентабельность, %	83	52	52	40	68	24	24	23	16	33	-30	-30	-31	-31	-30

## 5.2 Расчет экономической эффективности применения аммиачной селитры

В опыте с применением на посевах горчицы сарептской различных доз в различные фазы роста и развития культуры аммиачной селитры изменение экономической эффективности обусловлено изменением затрат на азотные удобрения и урожайность.

Наименьшая прибыль – 7707 руб./га и рентабельность – 37 % наблюдались на контроле, несмотря на то, что в данном варианте отсутствовали затраты на удобрения и их внесение.

В вариантах опыта с применением  $N_{30}$  в фазе стеблевания (83 %),  $N_{60}$  в фазе стеблевания (76 %),  $N_{15}$  в фазе всходов и  $N_{45}$  в фазе стеблевания (87 %) отмечалась самая низкая рентабельность производства (ниже 100 %), в отличие от других вариантов с подкормкой аммиачной селитрой растений горчицы сарептской яровой, что объясняется увеличением затрат производства и низкой урожайностью.

При возделывании горчицы сарептской яровой с применением подкормок аммиачной селитрой максимальный чистый доход сельскохозяйственного предприятия составил 21007 руб./га, рентабельность производства при этом достигла 128 %. Получение таких высоких показателей обеспечилось благодаря внесению в качестве подкормки азотного удобрения в дозе  $N_{60}$  в фазе всходов горчицы сарептской яровой.

Нами отмечено, что при нехватке на сельскохозяйственном производстве азотных удобрений можно получить также высокие показатели прибыли – 19687 руб./га при рентабельности – 119 % от применения аммиачной селитры в дозе  $N_{30}$  в аналогичную фазу роста и развития горчицы сарептской яровой. Получение такой экономической эффективности на данном варианте обусловлено хорошей урожайностью – 2,08 т/га и низкой себестоимостью продукции – 16535 руб./т (таблица 28).

Таблица 28 – Экономическая эффективность возделывания горчицы сарептской в зависимости от подкормок азотным удобрением (2021-2023 гг.)

Показатель	Вариант азотной подкормки								
	Контроль, без удобрений	N <sub>30</sub> (всходы)	N <sub>15</sub> (всходы) + N <sub>15</sub> (стеблевание)	N <sub>30</sub> (стеблевание)	N <sub>30</sub> (всходы) + N <sub>30</sub> (стеблевание)	N <sub>60</sub> (всходы)	N <sub>60</sub> (стеблевание)	N <sub>15</sub> (всходы) + N <sub>45</sub> (стеблевание)	N <sub>45</sub> (всходы) + N <sub>15</sub> (стеблевание)
Урожайность, т/га	1,55	2,08	2,01	1,90	2,12	2,20	1,94	2,00	2,10
Затраты всего, руб./га	32593	34393	34393	34393	36193	36193	36193	36193	36193
Затраты на удобрения, руб./га	0	1800	1800	1800	3600	3600	3600	3600	3600
Себестоимость, руб./т	21028	16535	1711	18102	17072	16452	18656	18097	17235
Цена реализации, руб./т	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000	26000
Чистый доход в расчете, руб./га	7707	19687	17867	15007	18927	21007	14247	15807	18407
Рентабельность, %	37	119	104	83	111	128	76	87	107

### 5.3 Экономическая эффективность применения микроудобрений

В опыте с некорневыми обработками посевов горчицы сарептской яровой комплексными микроудобрениями изменение экономической эффективности обусловлено так же, как и в опыте с азотными подкормками, затратами на удобрения и урожайностью культуры.

Применение некорневых опрыскиваний посевов горчицы сарептской яровой позволило увеличить чистый доход производства до 12150 руб./га и рентабельность производства до 76 %, однако они были меньше, чем при применении азотной подкормки, представленной в разделе 5.2. (таблица 28).

При применении на посевах горчицы сарептской яровой смеси комплексных микроудобрений Кальцибор (2 л/га) и Брассика (2 л/га) в фазе стеблевания культуры отмечался самый низкий чистый доход производства – 5897 руб./га и рентабельность – 26 %, в основном из-за высокой стоимости микроудобрений – 6760 руб./га и увеличения общих затрат производства до 40123 руб./га.

Самая высокая прибыль предприятия – 17257 руб./га и рентабельность – 99 % наблюдались в варианте с применением микроудобрения Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания горчицы сарептской яровой. При этом максимальная урожайность – 2,10 т/га отмечалась на варианте с некорневой обработкой смесью микроудобрений Микро в дозе 1 л/га и Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания культуры. Здесь прибыль составила 16477 руб./га, а рентабельность – 91 %, что обусловлено незначительной прибавкой урожая 0,07 т/га, в отличие от применения только комплексного микроудобрения Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания культуры, и затратами на приобретение комплексного микроудобрения Микро, литр которого стоит 2600 рублей (таблица 29).

Таблица 29 – Экономическая эффективность возделывания горчицы сарептской в зависимости применения микроудобрений (2021-2023 гг.)

Показатель	Вариант некорневой обработки микроудобрениями					
	Контроль, без удобрений	Вегетатив, 2 л/га (всходы)	Брассика, 2 л/га (стеблевание)	Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)
Урожайность, т/га	1,45	1,89	2,03	1,74	1,77	2,10
Затраты всего, руб./га	32593	35523	35523	38453	40123	38123
Затраты на удобрения, руб./га	0	2160	2160	4320	6760	4760
Себестоимость, руб./т	22478	18795	17499	22100	22669	18154
Цена реализации, руб./т	26000	26000	26000	26000	26000	26000
Чистый доход в расчете, руб./га	5107	13617	17257	6787	5897	16477
Рентабельность, %	23	72	99	31	26	91

Таким образом, наиболее экономически эффективно высевать горчицу сарептскую в первый (ранний) срок посева с нормой высева семян 1,3 млн шт./га, так как сочетание данных факторов позволяет получить самый высокий чистый доход – 14,8 тыс. руб./га и рентабельность производства – 83 %.

Кроме этого, получение прибыли на уровне 21 тыс. руб./га при рентабельности производства – 128 % возможно при применении аммиачной селитры в дозе  $N_{60}$  в фазе всходов горчицы сарептской яровой.

От применения некорневых обработок посевов горчицы сарептской яровой микроудобрениями наблюдалась рентабельность на уровне 99 % при получении прибыли – 17,3 тыс. руб./га. Данный экономический эффект наблюдался в варианте с внесением микроудобрения Брассика в дозе 2 л/га в фазе стеблевания культуры.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Продолжительность вегетационного периода растений горчицы сарептской сокращается от раннего (первого) к среднему (второму) и позднему (третьему) сроку посева. Так, при третьем сроке посева (через 20 дней после первого) он уменьшился по сравнению с первым (когда температура в слое почвы 0-10 см прогреется до 2-5 °С) на 5-19 суток и вторым (через 10 дней после первого) – на 5-7 суток. Норма высева семян и уровень минерального питания не повлияли на продолжительность вегетационного периода культуры.

2. Первый (ранний) срок посева культуры с минимальной нормой высева семян (1,3 млн шт./га) позволяет получить растения высотой – 144 см с наибольшим количеством ветвей – 12 шт. и стручков – 150 шт. на одном растении и массой 1000 семян – 3,00 г. Рост основных структурных показателей привел к увеличению урожайности до 1,81 т/га и сбора масла – до 0,77 т/га. Сочетание данных агроприемов позволяет получить чистую прибыль на уровне 14,8 тыс. руб./га, рентабельность – 83 %.

3. Применение некорневой подкормки азотным удобрением в дозе  $N_{60}$  в фазе всходов горчицы сарептской позволило получить наибольшую урожайность – 2,20 т/га и сбор масла – 0,93 т/га. Использование данного агроприема обеспечило получение самой большой чистой прибыли на уровне 21 тыс. руб./га и рентабельности – 128 %.

4. Применение некорневой обработки микроудобрениями Микро (1 л/га) и Брассика (2 л/га) посевов в период стеблевания горчицы сарептской способствовало росту биометрических показателей растений: высота – до 147 см, количеством стручков – до 160 шт. и ветвей – до 11 шт. на одном растении; массы 1000 семян – 3,18 г. При этом урожайность достигла уровня 2,10 т/га, с наибольшим содержанием масла в семенах – 47,9 %, и сбором масла – 0,91 т/га. Однако наибольший чистый доход – 17,3 тыс. руб./га и рентабельность производства – 99 % были достигнуты при применении микроудобрения Брассика (2 л/га) в фазе стеблевания горчицы.

5. Первый (ранний) срок посева горчицы сарептской с нормой высева семян 2,7 млн шт./га позволяет получить наибольшую урожайность зеленой массы – 29,77 т/га и сухой биомассы – 5,23 т/га. Однако посев культуры в третий (поздний) срок с нормой высева семян – 2,0 млн шт./га обеспечивает получение зеленой массы с наилучшими биохимическими показателями для питания КРС: содержание протеина – 199,1 г, жира – 45,4 г, клетчатки – 153,8 г, обменной энергии – 12,2 МДж и кормовых единиц – 1,21.

6. Однократная подкормка аммиачной селитрой в дозе  $N_{60}$  в фазе всходов горчицы сарептской способствует получению наибольшей прибавки урожая зеленой массы – 14,81 т/га и сухой биомассы – 2,57 т/га, однако дробное внесение этой дозы – по  $N_{30}$  в фазах всходов и стеблевания способствовало получению корма с лучшими качественными показателями для использования в рационе крупного рогатого скота с содержанием в 1 кг сухого вещества протеина – 186,0 г; жира – 33,1 г; клетчатки – 175,1 г, обменной энергии – 11,9 МДж и кормовых единиц – 1,15.

7. Некорневая обработка в фазе стеблевания горчицы сарептской смесью комплексных микроудобрений Микро (1 л/га) и Брассика (2 л/га) способствовала получению наибольшей прибавки урожая зеленой массы – 14,96 т/га, сухой биомассы – 2,58 т/га и накоплению азота в зеленой массе на уровне 153,0 кг/га. Данный агроприем также оказывал положительное влияние на биохимические показатели зеленого корма (содержание в 1 кг сухого вещества протеина составило 175,0 г; жира – 28,4 г, клетчатки – 159,7 г; обменной энергии – 12,2 МДж и кормовых единиц – 1,21).



**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

При выращивании горчицы сарептской яровой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья:

1. Для повышения семенной продуктивности рекомендуется:

- осуществлять посев при достижении температуры в слое почвы 0-10 см 2-5 °С с нормой высева семян 1,3 млн шт./га;

- применять подкормку азотным удобрением в дозе  $N_{30-60}$  в фазе всходов или некорневую обработку в фазе стеблевания культуры смесью микроудобрений Микро (1 л/га) и Брассика (2 л/га).

2. Для повышения урожая и агрохимической ценности зеленой массы, используемой в качестве сидерата, рекомендуется:

- весной посев проводить при температуре почвы в слое 0-10 см 2-5 °С с нормой высева семян 2,7 млн шт./га;

- применять подкормку азотным удобрением в дозе  $N_{60}$  в фазе всходов или некорневую обработку в фазе стеблевания культуры смесью микроудобрений Микро (1 л/га) и Брассика (2 л/га).

3. Для получения высококачественной зеленой массы в качестве зеленого корма для крупного рогатого скота следует:

- осуществлять посев культуры при температуре в слое почвы 0-10 см 10-15 °С с нормой высева семян 2,0 млн шт./га;

- дробно вносить азот в дозе  $N_{60}$  (по  $N_{30}$  в фазах всходов и стеблевания) или проводить некорневую подкормку смесью микроудобрений Микро (1 л/га) и Брассика (2 л/га) в фазе стеблевания культуры.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края. – Л.: Гидрометиздат, 1975. – 276 с.
2. Агроклиматический справочник по Краснодарскому краю. – Краснодар: Кн. Изд-во, 1961. – 468 с.
3. 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.
4. Белюченко, И.С. Экология Краснодарского края (Региональная экология) // Учебное пособие. – Краснодар: ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ», 2010 – 356 с.
5. Берлянд, С.С. Растениеводство: Учебн. пособ. / С.С. Берлянд, Б.Д. Крючев. – М.: изд-во «Колос», 1967. – 655 с.
6. Бойко, Г.Т. Основные признаки отбора при улучшении сортов горчицы в процессе семеноводства / Г.Т. Бойко // Селекция и семеноводство. – 1982. – № 11. – С. 38-39.
7. Борисова, Е.Е. Применение сидератов в Мире // Вестник НГИЭИ. – Нижний Новгород, 2015. – С. 24-33.
8. Бородычев, В.В., Эффективность минеральных удобрений при разных способах посева горчицы в рисовых чеках / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, В.В. Цыбулин // Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова. – Москва, 2014. – С. 36-38.
9. Вальков, В.Ф. Почвоведение: Учебник для вузов / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. – 496 с.
10. Велкова, Н.И. Агроэкологический мониторинг почв и посевов горчицы белой / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVIII международной науч. конф. (Брянск, 24-25 мая

2021 года). – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. – С. 47-53.

11. Велкова, Н.И. Анализ горчицы белой по комплексу хозяйственных признаков / Н.И. Велкова // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XXI международной научной конференции, Брянск, 18 марта 2024 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2024. – С. 108-112.

12. 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.

13. Велкова, Н.И. Использование горчицы белой для расширения медоносных ресурсов ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.32 / Великова Наталья Ивановна. – Орел: ОГАУ, 2004. – 17 с.

14. Велкова, Н.И. Мониторинг семян *Sinapis alba* L. На содержание поллютантов / Н. И. Велкова // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XXI международной научной конференции, Брянск, 18 марта 2024 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2024. – С. 113-116.

15. 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.

16. Велкова, Н.И. Тяжелые металлы в почве, растениях и семенах капустных культур / Н.И. Велкова // Здоровые почвы - гарант устойчивого развития: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Курск, 18-19 апреля 2022 года / Редколлегия: М.В. Протасова (отв. ред.), Н.П. Неведров, А.И. Цыбанева. – Курск: Курский государственный университет, 2022. – С. 17-18.

17. Виниченко, Г.Н. Разработка приемов возделывания редьки масличной в промежуточных посевах в условиях Центрального района Нечерноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Виниченко Григорий Николаевич. –

Москва, 1986. – 16 с.

18. Винничек, Л.Б. Экономическое обоснование возделывание сидератов // «Региональные проблемы устойчивого развития сельской местности» сборник статей XIV Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2017. – С. 11-13.
19. Воловик, В.Т. Горчица белая — значение, использование / В.Т. Воловик // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 41-67
20. Воловик, В.Т. Капустные культуры - источник белка / В.Т. Воловик, А.С. Шпаков // Животноводство России. – 2022. – № 1. – С. 57-59.
21. 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.
22. Волошин, Е.И. Руководство по удобрению капустных культур (ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной): метод. рекомендации / Е.И. Волошин, А.Т. Аветисян. Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 28 с.
23. Воробейков, Г.А. Сравнительная оценка влияния биопрепаратов и минеральных удобрений на рост и продуктивность горчицы сарептской (*Brassica Juncea Czern.*) / Г.А. Воробейков, В.Н. Лебедев, Г.А. Ураев // Пермский аграрный вестник. 2022. – № 1 (37). – С. 14-21.
24. Выращивание горчицы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zernokorm.biz/vyrashhivanie-gorchicy> (дата обращения: 11.04.2023).
25. Ганжара, Н.Ф. Почвоведение / Н.Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.
26. 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.

27. Гордеева, Н.Н. Предшественник горчица белая в качестве органического удобрения на яровой пшенице / Н.Н. Гордеева, П.А. Кондратьев // «Юность большой Волги». Сборник статей лауреатов XIX Межрегиональной конференции-фестиваля научного творчества учащейся молодежи. – Чебоксары, 2017. – С. 125-128.

28. Горчица сарептская – теперь и в Беларуси / Ф. Привалов [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2017. – № 3. – С. 78-81.

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

30. Горчица сарептская *Brassica juncea* (L.) Czern [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kccc.ru/handbook/weeds/brassica-juncea-l-czern> (дата обращения: 11.04.2023).

31. Горчица сарептская в Волгоградской области. Волгоград, 1984. – 6 с.

32. ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. – С. 115-118.

33. ГОСТ 13496.15 2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира. – 12 с.

34. ГОСТ 13496.4 2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – 20 с.

35. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. – 8 с.

36. ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы. – 8 с.

37. ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. – С. 42-46.

38. ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. – С. 57-68.

39. ГОСТ 26713-85 Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка. – С. 4-6.

40. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – 10 с.
41. ГОСТ 30504-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия. – 11 с.
42. ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. – 12 с.
43. ГОСТ 8.597-2010 Семена масличных культур и продукты их переработки. Методика измерений масличности и влажности методом импульсного ядерного магнитного резонанса. – 11 с.
44. ГОСТ Р 50683-94 Почвы. Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. – 19 с.
45. ГОСТ Р 50685-94 Почвы. Определение подвижных соединений марганца по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. – 12 с.
46. ГОСТ Р 50686-94 Почвы. Определение подвижных соединений цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. – 16 с.
47. ГОСТ Р 50688-94 Почвы. Определение подвижных соединений бора по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО. – 16 с.
48. ГОСТ Р 50689-84 Почвы. Определение подвижных соединений молибдена по методу Григга в модификации ЦИНАО. – 14 с.
49. ГОСТ Р 51486-99. Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. – С. 170-177.
50. ГОСТ Р 56912-2016 Корма зеленые. – 11 с.
51. ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – 10 с.
52. ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – С. 38-42.
53. Гущина, В.А. Влияние нормы высева на засоренность агроценозов горчицы сарептской / В.А. Гущина, Ю.А. Прохорова // Нива Поволжья. – 2024. – № 1(69).
54. Гущина, В.А. Продуктивность горчицы белой в зависимости от

применения макро- и микроудобрений / В.А. Гущина, А.С. Лыкова // Сурский вестник. – 2024. – № 2(27). – С. 15-19.

55. Гущина, В.А. Семенная продуктивность сортов горчицы сарептской в зависимости от нормы высева / В.А. Гущина, Ю.А. Прохорова // Современное состояние и перспективные направления развития аграрной науки: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 65-летию доктора с.-х. наук, профессора, заведующего кафедрой "Земледелие и растениеводство" В.В. Ивенина, Нижний Новгород, 18 октября 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный агротехнологический университет, ООО "Амирит", 2023. – С. 165-169.

56. 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.

57. Довбан, К.И. Зеленое удобрение. М.: Агропромиздат, 1990. – 208 с.

58. Ермаков, А.И. Изменчивость качественного состава масла семян и ее использование в селекции / А.И. Ермаков // Тр. по прик. бот., ген. и селекции. – 1972. – № 1. – С. 3-14.

59. 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.

60. 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.

61. 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.

62. Жуковский, П.М. Культурные растения и их сородичи. Систематика, география, цитогенетика, иммунитет, экология, происхождение, использование / П.М. Жуковский. – Л.: «Колос», 1971. – 752 с.

63. Замятина, Н. Горчица бывает разной [Электронный ресурс] / Н. Замятина // Наука и жизнь, 2003. – № 10. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorchitsa-byvaet-raznoy> (дата обращения: 08.04.2023).

64. Занозина, О.Д. Влияние сульфата аммония на продуктивность горчицы сарептской (*Brassica juncea* L.) / О.Д. Занозина, А.С. Бушнев // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы: Материалы VII Международной научно-практической онлайн-конференции, Майкоп, 16–18 ноября 2022 года. – Майкоп: "Магарин Олег Григорьевич", 2022. – С. 79-81.

65. 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.

66. Зотова, Е.Ю. Формирование урожая и качества семян горчицы белой на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Зотова Елена Юрьевна. – Балашиха, 2005. – 24 с.

67. 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: в 2 томах / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский аграрный научный центр». – Суздаль: Издательско-полиграфический комплекс «ПресСто», 2018. – Т. 2. – С. 223-231.

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

69. Инновационные технологии возделывания масличных культур / Лукомец В.М., В.А. Тильба, Н.И. Бочкарев [и др.]. – Краснодар, 2017. – С. 148-176.

70. Использование рапса и продуктов его переработки в рационах сельскохозяйственных животных / А.Е. Чиков, С.И. Кононенко, Л.Н. Скворцова, Д.В. Осепчук [и др.]. – Краснодар, 2007. – 40 с.



71. Использование рапсовых кормов в животноводстве и птицеводстве. Рекомендации / Ю.И. Кулебякин, Е.С. Воробьев, Л.М. Коровина [и др.]. – Москва, 1987. – 27 с.
72. Кандраков, З.Ж. Продуктивность и качество семян горчицы сарептской в зависимости от способов посева и минерального питания / З.Ж. Кандраков // Современные наукоемкие технологии– Москва, 2019. – № 6. – С. 24-26.
73. Карома, А.Н. Совершенствование элементов технологии возделывания сортов ярового рапса на семена и кормовые цели в подтаежной зоне Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Карома Анатолий Николаевич. – Кемерово, 2015. – 219 с.
74. Картамышева, Е.В. Проблемы и перспективы возделывания горчицы сарептской / Е.В. Картамышева // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 25-26.
75. Кеба, А.Е. Рапс в кормлении сельскохозяйственных животных / А.Е. Кеба // Сельское хозяйство за рубежом. – 1982. – № 1. – С. 37-42.
76. Кидин, В.В. Органическое удобрения: учебное пособие. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 166 с.
77. Кирилеско, О.Л. Вплив строків сівви на продуктивність післяжнивних кормових культур в західних районах Лісостепу УРСР / Л.О. Кирилеско // Передгірне та чірське землеробство. 1987. – Вып. 32. – С. 45-46.
78. Кирьянова, О.С. Отравления растениями, действующими на органы пищеварения / О.С. Кирьянова, Г.А. Ярмоц // Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 15-летию со дня образования института биотехнологии и ветеринарной медицины «Актуальные вопросы развития аграрной науки», Тюмень, 12 октября 2021 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. – С. 541-546.
79. Коваленко, С.А. Продуктивность горчицы сарептской и качество ее семян в зависимости от удобрения в южной степи Украины / С.А. Коваленко // 6-я международная конференция молодых ученых и специалистов «Инновационные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур», посвященная 125-летию со дня рождения В.С. Пустовойта. – Краснодар,

2011. – С. 131-135.

80. Колесников, В.Р. Разработка приемов агротехники редьки масличной Тамбовчанка на корм и семена в условиях Центральной Черноземной зоны. автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Колесников Валерий Рудольфович. – Москва, 1989. – 23 с.

81. Коломейченко, В.В. Растениеводство. – М.: Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.

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

83. Коновалов, Н.Г. Селекция и семеноводство горчицы сарептской, белой и рыжика / Н.Г. Коновалов // История научных исследований во ВНИИМК. – Краснодар, 2003. – С. 73-86.

84. Кормовые ресурсы мира и тенденции в их использовании / К.М. Солнцев, Э.Г. Филипович, В.Р. Зельнер, Е.Г. Коноплев. – Москва, 1978. – 43 с.

85. Кормопроизводство: учебник / Н.В. Парахин, И.В. Кобозев, И.В. Горбачев [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 432 с.

86. 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.

87. Корсунова, М.И. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов на Кубани: дис. ... доктора с.-х. наук: 06.01.04 / Корсунова Мария Игнатьевна. – Краснодар – 2004. – 485 с.

88. Космодемьянский, М.П. Сарептская горчица / М.П. Космодемьянский, Е.Н. Кулина. Волгоград, 1967. – 62 с.

89. Кривошлыков, К.М. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности производства масличных культур в производственных посевах и полевых опытах / К.М. Кривошлыков. – Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С.

Пустовойта, 2017. – 20 с.

90. Культура возделывания горчицы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sarepta.ru/suppliers/kultura-vozdelyvaniya-gorchitsy/> (дата обращения: 11.04.2023).

91. 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.

92. Кушнир, А.С. Резервы увеличения масличной продукции в Волгоградской области / А.С. Кушнир // Научно-агрономический журнал. – 2011. – № 1 (88). – С. 39-40.

93. Логистическая цепь производства семян сарептской горчицы / М.М. Русакова, Г.Г. Русакова, Е.Д. Парахневич, Д.В. Парахневич, Л.В. Мазина [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2019. – № 1 (26). – С. 49-56.

94. Лукомец, В.М. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, С.А. Семеренко. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар: ООО "Просвещение-Юг", 2022. – 538 с.

95. Лыгина, Л.М. Способы опыления и приемы скрещивания горчицы сарептской: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Лыгина Лилия Михайловна. – Краснодар, 1972. – 162 с.

96. Лыкова, А. С. Продуктивность сортов горчицы белой в зависимости от нормы высева / А. С. Лыкова, В. А. Гущина // Сурский вестник. – 2024. – № 1(26). – С. 30-34.

97. Мальцева, Н.Г. Современные методы долгосрочного планирования и управления качеством: учебное пособие / Н.Г. Мальцева; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Липецкий гос. технический ун-т". – Липецк: Липецкий гос. технический ун-т, 2015. – Ч. 1. – 206 с.

98. Мартынеско, Е.А. Роль рапсовых кормов в организации кормовой базы

свиноводства / Е.А, Мартыненко // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2012. – №76(02). – С. 1-17.

99. Масличные капустные культуры – перспективный высокоэффективный сидерат / Е.А. Стрельников, Л.А. Горлова, Э.Б. Бочкарева, В.С. Трубина // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2020. – Т. 12 (1). – С. 125-131.

100. Медведев, Г.А. Реакция сортов горчицы сизой на сроки посева в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.Г. Екатериничева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 1(73). – С. 53-62.

101. Медведев, Г.А. Горчица: монография / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.Г. Екатериничева. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 152 с.

102. 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.

103. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов [и др.]; Под общей редакцией В.М. Лукомца. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта, 2010. – 327 с.

104. Мерлин, А.Е. Эффективность использования в рационах лактирующих коров кукурузного силоса, заготовленного с побочными продуктами переработки семян горчицы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Мерлин Андрей Евгеньевич. – Волгоград, 2008. – 23 с.

105. Милютин, М. Как получить высокие урожаи горчицы / М. Милютин. – Горький. – 1951. – 16 с.

106. Минкевич, И.А. Масличные культуры. / И.А. Минкевич, В.Е. Борковский. – Москва, 1955. – 415 с.

107. Михальков, Д.Е. Влияние предпосевной обработки семян и норм

высева на урожайность горчицы сизой при возделывании на светло-каштановых почвах Волгоградской области / Д.Е. Михальков, А.С. Кочергина // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 3. – С. 18-24.

108. 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. Агрономия. – ВГСХА. – 2004. – С. 58-61.

109. Михальков, Д.Е. Опыт возделывания масличных культур семейства капустные (Brassicaceae) в Волгоградской области / Д.Е. Михальков, Е.С. Семенова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 3 (31). – С. 65-66.

110. Мишуров, В. Однолетние виды семейства капустных: интродукция и перспективы использования на корм / В. Мишуров, Г. Рубан // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – Сыктывкар, 2004. – № 2(76). – С. – 31-33.

111. Молостов, А.С. Методика полевого опыта / А.С. Молостов. – М.: Колос, 1966. – 239 с.

112. Монастырский, В.А. Возделывание горчицы сарептской в качестве сидерата / В.А. Монастырский, А.Н. Бабичев, В.И. Ольгаренко // Плодородие. – 2019. – № 5. – С. 45-47.

113. Морфологические и биологические особенности горчицы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.activestudy.info/morfologicheskie-i-biologicheskie-osobennostigorchicy/> (дата обращения: 11.06.2023).

114. Наумкин, В.П. Возделывание горчицы белой (*Sinapis alba* L.) в условиях ЦЧР / В.П. Наумкин, Н.И. Велкова. – Орел: ОрелГАУ, 2009. – 308 с.

115. 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.

116. Наумцева, К.В. Совершенствование приемов возделывания горчицы

белой в условиях южной части нечерноземной зоны России: дис. ... канд. с.-х. наук: 4.1.1 / Ксения Викторовна Наумцева. – Рязань, 2022. – 183 с.

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

118. Нематов, А.М. Патологические изменения в организме животных при отравлении крестоцветными растениями / А.М. Нематов // В Мире научных открытий. Материалы V Международной студенческой конференции.– Ульяновск, 2021. – Т. № 5 (3). – С. 120-123.

119. Нетрадиционные кормовые культуры: учебное пособие / А.Н. Кшникаткина, В.А. Гущина, А.А. Галиуллин [и др.]. – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. – 240 с.

120. Никонова, Г.Н. Агроэкологические и биохимические особенности ярового рапса / Г.Н. Никонова. – Липецк, 2007. – 178 с.

121. Новый сорт горчицы сарептской с повышенным содержанием эфирного масла Горлинка / Л.А. Горлова, В.С. Трубина, Е.Ю. Шипиевская [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – № 3(175). – С. 165-166.

122. 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 (374). – С. 63-66.

123. Определение параметров сушки продуктов переработки семян горчицы после их обезвреживания планированием эксперимента / Г.Г. Русакова, А.В. Демьянов, Л.В. Мазина, Д.В. Лучковский // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – Волгоград, 2016. – № 3(43). – С. 202-213.

124. 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.

125. Перспективная ресурсосберегающая технология производства горчицы. Методические указания / В.М. Лукомец, С.Л. Горлов, Н.М. Тишков, В.Т. Пивень, А.С. Бушнев, В.С. Трубина [и др.]. – Москва, 2010. – 56 с.

126. Питание и удобрение технических и кормовых культур / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, Л.М. Онищенко, В.В. Дроздова. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2013. – 299 с.

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

128. 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 2016 г.). – 2016. – С.97-101.

129. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, И.Т. Трубилин [и др.]. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 1996. – 191 с.

130. Практическое руководство по возделыванию яровой горчицы сарептской / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев, Н.Г. Коновалов, Г.Г. Галкина [и др.]. – Краснодар, 2003. – 24 с.

131. Прахова, Т.Я. Масличные культуры - биоразнообразие, значение и продуктивность/ Т.Я. Прахова, В.А. Прахов, В.Н. Бражников, О.Ф. Бражникова// Нива Поволжья. – 2019. – № 3 (52). – С. 30-37.

132. Прахова, Т.Я. Влияние стимуляторов роста на урожайные свойства масличных культур в условиях Среднего Поволжья/ Т.Я. Прахова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 4 (388). – С. 358- 362.

133. Прахова Т.Я. Агробиологическая оценка сортов горчицы сарептской

(Brassica Juncea) как исходного материала для селекции в Среднем Поволжье / Т.Я. Прахова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. - № 6 (390). – С. 625-628.

134. Прянишников, Д.Н. Избранные сочинения: в 3 т. Т. 1. Агрехимия / Д.Н. Прянишников; [под ред. О.К. Кедрова-Зихмана]. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1952. – 691 с.

135. Пути повышения семенной продуктивности масличных культур из семейства капустные (Brassicaceae L.) / 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. 48-54.

136. Радченко, В.И. Влияние минеральных удобрений на формирование урожая горчицы сарептской на обыкновенном черноземе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Виктор Иванович Радченко. – Ставрополь, 2004. – 24 с.

137. Радченко, В.И. Влияние минеральных удобрений на формирование урожая горчицы сарептской на обыкновенном черноземе: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Радченко Виктор Иванович. – Ставрополь, 2004. – 190 с.

138. Растениеводство / В.Е. Торилов, Н.М. Белоус, О.В. Мельникова, С.В. Артюхова; Под ред.: Торилов В.Е. – 2-е изд., стер.- Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 604 с.

139. Растениеводство: учебник / В.А. Федотов, С.В. Кадыров, Д.И. Щедрина, О.В. Столяров. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 336 с.

140. Редькин Н.Е. Краснодарский край: почвы предгорных и горных районов / Н.Е. Редькин, Е.В. Тонконоженко // Агрехим. характеристика почв СССР. Районы Сев. Кавказа. – М., 1964. – С. 93-110.

141. Результаты экологического испытания перспективных сортообразцов горчицы сарептской в различных условиях Российской Федерации / В.С. Трубина, Л.А. Горлова, О.А. Сердюк [и др.] // Масличные культуры. – 2019. – № 1(177). – С. 24-30.

142. Рекомендации по возделыванию горчицы в Волгоградской области. –



Волгоград, 1967. – 15 с.

143. Рекомендации по возделыванию горчицы сарептской. – Донская опытная станция им. Л.А. Жданова ВНИИМК, 2003. – 16 с.

144. Рекомендации по использованию рапсовых кормов в животноводстве и птицеводстве / В.В. Щугорев, И.В. Артемов, Р.Н. Черных, В.А. Пепелина. – Липец, 1992. – 27с.

145. Ростова, Е.Н. Засоренность и продуктивность посевов горчицы белой в зависимости от нормы высева семян и дозы азота / Е.Н. Ростова, А.М. Изотов // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 1 (25). – С. 195-204.

146. Ростова, Е.Н. Формирование продуктивности горчицы белой в зависимости от нормы высева и дозы азотных удобрений в условиях степного Крыма / Е.Н. Ростова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 21 (184). – С. 74-83.

147. Рядчиков, В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебно-практическое пособие / В.Г. Рядчиков. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 328 с.

148. Савельев, В.А. Рстениеводство: учебное пособие для вузов / В.А. Савельев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 316 с.

149. Савенков, В.П. Перспективные технологии возделывания нового сорта редьки масличной Альфа на зеленую массу и семена в условиях лесостепи ЦФО Российской Федерации: Методические рекомендации / В.П. Савенков, Е.Ю. Кузьмина. – Липецк: Позитив-Л, 2023. – 49 с.

150. Сазанова, Л.В. Культура сарептской горчицы / Л.В. Сазанова. – М.: Сельхозиздат, 1955. – 83 с.

151. Сельское хозяйство в России. 2021 / К.Э. Лайкам, А.П. Зинченко, С.В. Киселев, М.П. Клевакина [и др.]. – М.: Стат.сб./Росстат, 2021. – 100 с.

152. Сергеева, С.Е. Влияние доз азота на урожайность семян горчицы белой / С.Е. Сергеева // Современные технологии в сельскохозяйственной науке и производстве (посвящается 130-летию со дня рождения А.П. Шехурдина): Сборник докладов Международной научно-практической конференции молодых ученых и

специалистов, Саратов, 24–25 марта 2016 года. – Саратов: ИЦ "Наука", 2016. – С. 331-335.

153. Синская, Е.Н. Масличные и корнеплоды / Е.Н. Синская. Ленинград, 1928. – 649 с.

154. Синская, Е.Н. Селекция масличных культур / Е.Н. Синская. – Краснодар, 1948. – 83 с.

155. 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.

156. Степанова, Н.В. Возделывание льна-долгунца в звене севооборота, уплотненном промежуточной культурой горчицей белой на зеленое удобрение / Н.В. Степанова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Устье, 2019. – № 3. – С. 79-82.

157. Терпелец, В.И. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности: монография / В.И. Терпелец, Ю.С. Плитинь. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 127 с.

158. Технологии возделывания сидеральных культур в Краснодарском крае: метод. рекомендации / Лукомец В.М., Трунова М.В. Тишков Н.М. [и др.]. – Краснодар, 2020. – 19 с.

159. Тихомирова, И.Б. Корреляционные зависимости урожая семян горчицы от элементов агротехники / И.Б. Тихомирова // Инновационные решения молодых ученых в аграрной науке. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж, 2019. – С. 243-247.

160. Томашова, О.Л. Продуктивность горчицы сарептской при различных сроках сева с использованием удобрений в технологии ее возделывания / О.Л. Томашова, С.В. Томашов, И.М. Шевченко // Изв. Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (66). – ч. 1. – С. 92-95.

161. Тонконоженко, Е.В. Действие микроэлементов на урожай сельскохозяйственных культур в условиях Краснодарского края / Е.В. Тонконоженко // Химия в сельском хозяйстве, 1966. – № 5. – С. 9-14.

162. Тонконоженко, Е.В. Микроэлементы в почвах, водах и растениях Краснодарского края и применение микроудобрений: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук (535) / Тонконоженко Евгений Васильевич. – М.: МГУ, 1969. – 36 с.

163. Трубина, В.С. Создание и оценка исходного материала для селекции горчицы сарептской (*BRASSICA JUNCEA* L.) дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Трубина Виктория Сергеевна. – Москва, 2022. – 143 с.

164. 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. – № 11. – С. 38-41.

165. Устарханова, Э.Г. Продуктивность ярового рапса и сурепицы в зависимости от основных приемов возделывания на черноземе выщелоченном в условиях юго-восточной зоны Краснодарского края: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Устарханова Эльмира Гереевна. – Ставрополь, 2008. – 151 с.

166. 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. – Волгоград, 2014. – № 4(36). – С. 168-171.

167. Ходырев, Г.А. О способе опыления горчицы сарептской в условиях Западной Сибири / Г.А. Ходырев // Сб. работ по масличным культурам. – Краснодар: «Краснодарское книжное изд-во», 1967. – С. 17-20.

168. Цыбулин, В.В. Технология возделывания горчицы сарептской в системе рисовых севооборотов: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Цыбулин Владимир Васильевич. – Волгоград, 2014. – 208 с.

169. Цыганов, А.Р. Динамика развития яровых крестоцветных культур в зависимости от применения микроудобрений и Экосила / А.Р. Цыганов, А.С. Мастеров, Е.А. Плевко // Почвоведение и агрохимия. – Минск, 2017. – № 1 (58). – С. 177-187.

170. Шапкина, Г.С. Выращивание крестоцветных промежуточных культур-резерв увеличения производства кормового растительного белка / Г.С Шапкина. – Москва, 1990. – 64 с.
171. Шеуджен, А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров. – Майкоп, 2006. – 1076 с.
172. Шеуджен, А.Х. Агрохимия чернозема / А.Х. Шеуджен. – Майкоп, 2015. – 230 с.
173. Шеуджен, А.Х. Биогеохимия / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.
174. Шеуджен, А.Х. Законы земледелия – научная основа сохранения плодородия удобрений / А.Х. Шеуджен, Н.С. Котляров, Л.М. Онищенко; [Под ред. А.М. Девятника]. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 36.
175. Шеуджен, А.Х. Региональная агрохимия Северного Кавказа / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Л.М. Онищенко – Краснодар, 2007. – 652 с.
176. Шпота, В.И. Эфиромасличность горчичного порошка в связи с масличностью и эфромасличностью семян / В.И. Шпота, Г.С. Воскресенская // Селекция и семеноводство. – 1972 – № 3. – С.31-33.
177. Шурупов, В.Г. Горчица сарептская / В.Г. Шурупов, Е.В. Картамышева. Донская опытная станция им. Л.А. Жданова ВНИИМК. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 1997. – 53 с.
178. Эколого-агрохимические аспекты влияния удобрений на баланс тяжелых металлов в почве и продуктивность сельскохозяйственных культур: монография / Н.Г. Гайдукова, И.В. Шабанова, Н.Н. Нецадим, А.В. Загорулько. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 289 с.
179. Якушкин, И.В. Масличные культуры. Горчица / И.В. Якушкин. – М.: Гос. изд-во сельхоз литературы, 1951. – С. 139-149.
180. 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.

181. Aphid parasitoid, *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae): opportunities for its use in integrated management of aphids infesting rapeseed-mustard in north-western Indian Himalayas / S. Soni, S. Kumar, R. Singh, A. Badiyala and R.S Chandel // *Crop Protection*. – 2022. – Vol. 151. P. – 105819.

182. Biofumigation potential of brassicas. I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas / J.A. Kirkegaard [et al.]. // *Plant Soil*. – 1998. – Vol.19. – P. 238-244.

183. *Brassica carinata* as an off-season crop in the southeastern USA: Determining optimum sowing dates based on climate risks and potential effects on summer crop yield [Электронный ресурс] / R. Souza, N.J. Clyde, W. Fraisse, M. Bashyal, K.J. Boote // *Agricultural Systems*. – 2022. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/356904055>. (дата обращения: 08.05.2023).

184. Brennan, E.B. Agronomy of strip intercropping broccoli with alyssum for biological control of aphids / E.B. Brennan // *Biological Control*. – 2016. P. 109-119.

185. Cataldo, D.A. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants / D.A. Cataldo, R.F. Wildung // *Environ. Health Perspect*, 1978. – № 27. – P. 149-159.

186. 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.

187. Cohen, M.F. *Brassica napus* seed meal soil amendment modifies microbial community structure, nitric oxide production and incidence of *Rhizoctonia* / M.F. Cohen, H. Yamasaki, M. Mazzola // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2005 – Vol. 37(7). – P. 1215-1227.

188. Comparison of canola, Indian mustard and *Linola* in two contrasting environments. I. Effects of nitrogen fertilizer on dry-matter production, seed yield and seed quality [Электронный ресурс] / P.J. Hocking, J.A. Kirkegaard, J.F. Angus, A.H. Gibson, E.A. Koetz // *Field Crops Research*. – Vol. 49(2–3), 1997. – P. 107-125. Режим

доступа: <https://www.researchgate.net/publication/223404715>. (дата обращения: 11.05.2022).

189. Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services / A. Couédel, L. Alletto, H. Tribouillois, É. Justes // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2018. Vol. 254. – P. 50-59.

190. Cowling Evidence from genome-wide simple sequence repeat markers for a polyphyletic origin and secondary centers of genetic diversity of *Brassica juncea* in China and India / S.Z. Chen, M.N. Wan, J.S. Nelson, R. Chauhan, W.A. Redden [and et.] // *Journal of Heredity*. – 2013. – P. 416-427.

191. Detail investigation of toxicity, bioaccumulation, and translocation of Cd-based quantum dots and Cd salt in white mustard / P. Modlitbova, P. Porizka, S. Stritezka, S. Zezulka, M. Kummerova, K. Novotny, J. Kaiser // *Chemosphere*. – 2020. – Vol. 251. – P. 11421.

192. 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. – № 6. – P. 638-649.

193. Dorsainvil, F. Characterisation and modelling of white mustard (*Sinapis alba* L.) emergence under several sowing conditions / F. Dorsainvil, C.D. EricJustes, A. Carrera // *European Journal of Agronomy*. – 2005. – P. 146-158.

194. 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.

195. Duttaa, S. Evaluation of indigenous rhizobacterial strains with reduced dose of chemical fertilizer towards growth and yield of mustard (*Brassica campestris*) under old alluvial soil zone of West Bengal, India / S. Duttaa, J.K. Dattaa, N.C. Mandal // *Annals of Agrarian science*. – Vol. 15. – P. 447-452.

196. 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.

197. Explore Cornell: Home gardening flower growing guides [Электронный ресурс] / Cornell University Home Gardening. – 2006. Режим доступа: <http://www.gardening.cornell.edu/homegardening/scene2b9a.html>. (дата обращения: 08.05.2020).

198. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B-napus* L.) in Mediterranean-type environments I. Crop growth and seed yield / L.D. Gunasekera, L.D. Martin, K.H.M. Siddique, G.H. Walton // *European Journal of Agronomy*. – 2016. – P. 1-12.

199. Green manuring, mustard residue recycling and fertilizer application affects productivity and sustainability of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) in Indian semi-arid tropics / O.P. Premi, B.K. Kandpal, S.S. Rathore, J.S. Chauhan // *Industrial Crops and Products*. – 2013. – Vol. 41. – P. 423-429.

200. Hossaina, Z. Comparative analysis of oil and protein content and seed yield of five Brassicaceae oilseeds on the Canadian prairie / Z. Hossaina, E.N. Johnsonb, L. Wangc, R.E. Blackshawd, Y. Gana // *Industrial Crops and Products*. – 2019. – Vol.136. – P. 77-86.

201. Lone, P.M. The effects of rate and timing of N fertilizer on growth, photosynthesis, N accumulation and yield of mustard (*Brassica juncea*) subjected to defoliation / P.M. Lone, N.A. Khan // *Environmental and Experimental Botany*. – 2007. – Vol. 60 (3). – P. 318-323.

202. Neubauer, Ch. Biofumigation potential of Brassicaceae cultivars to *Verticillium dahlia* / Ch. Neubauer, B. Heitmann, C. Müller // *European Journal of Plant Pathology*. – 2014. – Vol. 140(2). – P. 341-352.

203. Paul, D. Control of Soil-Borne Plant Pests Using Glucosinolate-Containing Plants / D. Paul, M. Brown, J. Morra // *Advances in Agronomy*. – 1997. – Vol. 61. – P. 167-231.

204. Qiu, Y. Chinese Mustard Cultivation Guide for Florida [Электронный ресурс] / Y. Qiu, M. Dixon, G. Liu, 2020. – 8 с. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/348314302>. (дата обращения: 11.05.2022).

205. 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>. (дата обращения: 11.05.2022).

206. Soil test based optimal fertilizer doses for attaining different yield targets of jute in alluvial soils of West Bengal / S.P. Mazumdar, A.R. Saha, B. Majumdar, M. Kumar [et al.]. // Journal of Crop and Weed. – 2018. – Vol. 14(2) – P. 20-27.

207. Uncovering the biofumigant capacity of allyl isothiocyanate from several Brassicaceae crops against Fusarium pathogens in maize / J. Vandicke, K.D. Visschere, S. Deconinck, D. Leenknecht, P. Vermeir [et al.]. // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2020. – Vol. 100 (15). – P. 5476-5486.

208. Vogeler, I. Mineralisation of catch crop residues and N transfer to the subsequent crop / I. Vogeler, M. Böldt, F. Taube // Science of The Total Environment. – 2021. – Vol. 810. – P. 142-152.

209. 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. – Vol. 91. – P. 710-715.

210. Zanozina, O.D. Formation of yield structure and productivity of spring mustard at different sowing dates / O.D. Zanozina, A.S. Bushnev // AIP Conference Proceedingsthis link is disabled. – 2022. – Vol .2767. – P. 020023.

211. Zanozina, O.D. Effectiveness of ammonium sulphate application in brown mustard (*Brassica juncea* L.) sowings on leached chernozem in the Western Ciscaucasia / O.D. Zanozina, A.S. Bushnev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciencethis link is disabled. – 2022. – Vol. 1045(1). – P. 012140.



**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Влияние сроков посева и нормы высева семян на высоту растения и структуру урожая горчицы сарептской (2021-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Высота растения, см			Количество, шт./раст.						Масса 1000 семян, г		
					ветвей			стручков					
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Первый (ранний)	1,3	122	150	159	13	11	12	106	168	175	2,73	3,92	2,36
	1,7 (К)	120	148	159	9	8	9	93	108	141	2,48	3,78	2,44
	2,0	123	140	155	7	9	10	73	118	177	2,42	3,80	2,45
	2,3	118	142	156	7	10	8	66	126	160	2,62	3,85	2,57
	2,7	116	144	142	7	13	8	65	175	166	2,85	3,89	2,65
Второй (средний)	1,3	119	147	152	11	12	9	105	138	136	2,38	3,73	2,54
	1,7 (К)	122	143	152	11	11	11	105	126	164	2,53	3,49	2,52
	2,0	119	145	152	7	11	10	99	125	149	2,81	3,53	2,53
	2,3	113	145	147	10	8	8	87	100	149	2,76	3,61	2,42
	2,7	112	140	139	8	12	9	90	171	157	2,61	3,56	2,60
Третий (поздний)	1,3	111	126	123	3	11	8	45	134	142	2,88	3,25	2,27
	1,7 (К)	109	126	114	6	10	7	56	112	76	2,50	3,22	2,45
	2,0	100	123	122	5	11	7	63	155	99	2,75	3,03	2,28
	2,3	109	123	123	7	10	6	59	104	76	2,65	3,17	2,51
	2,7	120	125	139	6	9	7	55	114	116	2,63	3,22	2,41
Среднее по сроку посева	Первый	120	145	154	9	11	9	81	139	164	2,62	3,85	2,50
	Второй	117	144	148	9	11	9	97	132	151	2,62	3,58	2,52
	Третий	110	125	124	5	10	7	56	124	102	2,68	3,18	2,38
Среднее по нормам высева семян	1,3	117	141	145	9	11	10	85	147	151	2,66	3,63	2,39
	1,7 (К)	117	139	142	9	10	9	85	115	127	2,50	3,50	2,47
	2,0	114	136	143	6	10	9	78	133	142	2,66	3,45	2,42
	2,3	113	137	142	7	9	7	71	110	128	2,68	3,54	2,50
	2,7	116	136	140	7	11	8	70	153	146	2,70	3,56	2,55
НСР <sub>05</sub> по фактору А		3	3	5	2	3	3	15	11	18	0,15	0,25	0,13
НСР <sub>05</sub> по фактору В		3	4	5	3	4	4	27	19	24	0,27	0,35	0,26
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		5	6	9	4	6	6	35	25	39	0,40	0,50	0,39

Приложение 2

Влияние сроков посева и норм высева семян на биохимические показатели семян и сбор масла горчицы сарептской (2021-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Масличность семян, %			Эфиромасличность семян, %			Сбор масла, т/га		
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Первый (ранний)	1,3	44,0	47,2	47,9	0,58	0,68	0,56	0,44	0,75	1,12
	1,7 (К)	46,6	47,0	48,2	0,61	0,67	0,55	0,41	0,68	1,12
	2,0	45,0	47,1	47,7	0,61	0,68	0,60	0,39	0,63	1,09
	2,3	45,2	48,1	47,5	0,59	0,67	0,58	0,36	0,62	1,03
	2,7	45,3	47,2	47,4	0,59	0,68	0,58	0,42	0,73	1,08
Второй (средний)	1,3	44,8	47,5	47,3	0,60	0,68	0,58	0,41	0,74	0,74
	1,7 (К)	44,7	47,5	47,8	0,62	0,68	0,53	0,40	0,67	0,91
	2,0	44,5	47,8	47,9	0,58	0,65	0,51	0,40	0,55	0,78
	2,3	44,1	47,8	47,6	0,61	0,67	0,53	0,35	0,69	0,78
	2,7	44,1	47,4	46,9	0,59	0,66	0,59	0,38	0,69	0,86
Третий (поздний)	1,3	44,1	47,6	41,9	0,59	0,67	0,65	0,31	0,45	0,13
	1,7 (К)	44,0	47,7	41,8	0,61	0,66	0,66	0,28	0,52	0,12
	2,0	44,3	47,5	41,9	0,60	0,66	0,65	0,28	0,53	0,12
	2,3	44,3	48,3	43,2	0,60	0,66	0,61	0,27	0,52	0,13
	2,7	44,5	48,0	43,9	0,63	0,65	0,64	0,35	0,51	0,17
Среднее по сроку посева	Первый	45,2	47,3	47,7	0,60	0,68	0,57	0,40	0,68	1,09
	Второй	44,4	47,6	47,5	0,60	0,67	0,55	0,39	0,67	0,81
	Третий	44,2	47,8	42,5	0,61	0,66	0,64	0,30	0,51	0,13
Среднее по норме высева семян	1,3	44,3	47,4	45,7	0,59	0,68	0,60	0,39	0,65	0,66
	1,7 (К)	45,1	47,4	45,9	0,62	0,67	0,58	0,36	0,62	0,72
	2,0	44,6	47,5	45,8	0,60	0,66	0,59	0,36	0,57	0,66
	2,3	44,5	48,1	46,1	0,60	0,67	0,57	0,33	0,61	0,65
	2,7	44,6	47,5	46,1	0,61	0,66	0,60	0,38	0,64	0,70
НСР <sub>05</sub> по фактору А		0,3	0,0	0,3	0,02	0,02	0,02	0,12	0,17	0,20
НСР <sub>05</sub> по фактору В		0,3	0,2	0,3	0,02	0,02	0,02	0,22	0,23	0,23
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		0,3	0,2	0,3	0,02	0,02	0,02	0,30	0,32	0,40

## Влияние азотного удобрения на высоту растения и структуру урожая горчицы сарептской (2021-2023 гг.)

Доза подкормки в фазе		Высота растения, см			Количество, шт./раст.						Масса 1000 семян, г		
					ветвей			стручков					
всходов	стеблевания	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль, без удобрений		147	142	156	10	8	7	100	119	124	2,87	3,41	2,32
N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	162	146	162	12	12	10	176	176	189	3,11	4,12	2,56
N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	139	145	162	15	13	10	159	156	165	3,37	3,77	2,54
N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	137	158	162	13	10	9	149	142	159	3,23	3,75	2,48
N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	144	147	166	14	12	9	180	188	168	3,23	4,15	2,51
N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	141	147	162	12	11	12	155	155	238	3,22	3,84	2,65
N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	152	147	161	13	11	9	162	162	160	3,40	4,13	2,58
N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>	151	143	162	13	11	10	177	176	159	3,00	3,89	2,59
N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>	162	156	157	14	13	12	198	228	183	3,16	4,16	2,67
НСР <sub>05</sub>		2	2	2	2	2	2	22	24	15	0,16	0,21	0,15

## Влияние азотного удобрения на сбор масла и биохимические показатели семян горчицы сарептской (2021-2023 гг.)

Доза подкормки в фазе		Масличность семян, %			Эфиромасличность семян, %			Сбор масла, т/га		
всходов	стеблевания	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль, без удобрений		44,7	46,0	47,3	0,59	0,67	0,54	0,61	0,59	0,72
N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	45,6	47,5	48,1	0,65	0,69	0,56	0,82	0,84	0,98
N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	47,2	47,0	48,6	0,61	0,70	0,56	0,84	0,82	0,93
N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	45,0	47,0	48,2	0,54	0,69	0,57	0,75	0,75	0,90
N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	47,2	46,7	48,5	0,60	0,69	0,58	0,86	0,83	1,03
N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	45,1	46,9	48,1	0,61	0,69	0,58	0,86	0,87	1,06
N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	47,8	46,2	48,2	0,61	0,70	0,57	0,83	0,77	0,89
N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>	46,5	46,2	48,4	0,57	0,69	0,57	0,82	0,80	0,92
N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>	46,5	47,3	48,5	0,57	0,70	0,57	0,86	0,86	0,97
НСР <sub>05</sub>		0,2	0,2	0,2	0,02	0,02	0,02	0,10	0,10	0,13

Влияние комплексных микроудобрений на высоту растения и структуру урожая горчицы сарептской (2021-2023 гг.)

Вариант	Высота растения, см			Количество, шт./раст.						Масса 1000 семян, г		
				ветвей			стручков					
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль, без удобрений	135	139	156	10	7	8	115	98	135	2,80	3,30	2,40
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	134	144	160	10	11	11	102	131	217	3,24	3,62	2,57
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	135	143	157	11	12	9	117	157	159	3,17	3,83	2,53
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	124	143	159	12	10	9	112	117	147	2,87	3,51	2,61
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	123	144	162	7	10	9	100	120	157	2,65	3,56	2,61
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	134	143	164	10	14	10	127	173	179	3,02	3,87	2,66
НСР <sub>05</sub>	2	2	3	2	2	1	8	13	14	0,12	0,18	0,10

Влияние комплексных микроудобрений на биохимические показатели семян и сбор масла горчицы сарептской (2021-2023 гг.)

Вариант	Масличность семян, %			Эфиромасличность семян, %			Сбор масла, т/га		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль, без удобрений	45,2	46,0	47,3	0,55	0,66	0,54	0,61	0,48	0,72
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	46,8	47,7	48,2	0,58	0,68	0,56	0,79	0,60	1,04
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	45,2	47,4	48,5	0,56	0,66	0,55	0,80	0,71	1,08
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	47,9	47,4	48,2	0,57	0,67	0,57	0,70	0,56	1,00
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	47,2	47,0	48,4	0,57	0,68	0,57	0,71	0,60	1,01
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	47,9	47,9	48,0	0,57	0,66	0,58	0,85	0,74	1,13
НСП <sub>05</sub>	0,3	0,3	0,3	0,02	0,02	0,02	0,10	0,11	0,12

Влияние сроков посева и норм высева семян на питательную ценность зеленой массы горчицы сарептской  
(2022-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Содержание в 1 кг сухого вещества									
		протеина, г		жира, г		клетчатки, г		обменной энергии, МДж		кормовых единиц	
		2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Первый (ранний)	1,3	118,1	253,8	28,3	22,1	214,1	184,9	11,2	11,7	1,02	1,11
	1,7 (К)	126,9	223,1	35,7	59,8	228,7	147,7	10,9	12,3	0,96	1,23
	2,0	131,3	210,0	34,7	50,1	202,9	114,0	11,4	12,9	1,05	1,35
	2,3	144,4	210,0	26,4	45,2	263,2	199,8	10,3	11,4	0,86	1,05
	2,7	140,0	192,5	24,3	26,5	253,5	153,3	10,4	12,2	0,88	1,21
Второй (средний)	1,3	144,4	223,1	32,1	49,5	195,2	196,9	11,5	11,5	1,07	1,07
	1,7 (К)	131,3	218,8	34,6	50,7	215,5	179,4	11,1	11,8	1,00	1,12
	2,0	135,6	205,6	27,5	50,0	199,9	205,6	11,4	11,3	1,05	1,03
	2,3	126,9	201,3	35,3	53,3	193,4	129,5	11,5	12,7	1,07	1,31
	2,7	188,1	205,6	37,6	27,9	145,6	229,3	12,4	10,9	1,25	0,96
Третий (поздний)	1,3	148,8	210,0	49,1	47,7	170,7	127,7	11,9	12,7	1,14	1,31
	1,7 (К)	170,6	231,8	41,2	44,9	199,5	180,4	11,4	11,8	1,05	1,13
	2,0	170,6	227,5	35,2	55,6	131,6	176,0	12,6	11,8	1,29	1,13
	2,3	157,5	223,1	46,2	54,9	175,9	218,8	11,8	11,1	1,13	1,00
	2,7	210,0	231,9	47,6	53,7	175,6	200,6	11,8	11,4	1,13	1,05
Среднее по сроку посева	Первый	132,1	217,9	29,9	40,7	232,5	159,9	10,8	12,1	0,95	1,19
	Второй	145,3	210,9	33,4	46,3	189,9	188,1	11,6	11,6	1,09	1,10
	Третий	171,5	224,9	43,9	51,4	170,7	180,5	11,9	11,8	1,15	1,12
Среднее по нормам высева	1,3	137,1	229,0	36,5	39,8	193,3	169,8	11,5	12,0	1,08	1,16
	1,7 (К)	142,9	224,6	37,2	51,8	214,6	169,2	11,1	12,0	1,00	1,16
	2,0	145,8	214,4	32,5	51,9	178,1	165,2	11,8	12,0	1,13	1,17
	2,3	142,9	211,7	36,0	51,1	210,8	182,7	11,2	11,7	1,02	1,12
	2,7	179,4	210,0	36,5	36,0	191,6	194,4	11,5	11,5	1,09	1,07
НСР <sub>05</sub> по фактору А		11,0	9,3	3,5	5,0	17,2	13,4	0,3	0,2	0,08	0,07
НСР <sub>05</sub> по фактору В		11,1	11,3	5,8	9,9	17,8	14,4	0,5	0,2	0,08	0,07
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		20,0	20,2	8,3	12,3	30,6	25,0	0,6	0,2	0,15	0,14



Влияние подкормки азотным удобрением на питательную ценность зеленой массы горчицы сарептской (2022-2023 гг.)

Доза подкормки в фазе		Содержание в 1 кг сухого вещества									
всходов	стеблевания	протеина, г		жира, г		клетчатки, г		обменной энергии, МДж		кормовых единиц	
		2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль, без удобрений		105,0	165,6	22,7	26,7	206,8	208,8	11,3	11,2	1,03	1,02
N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	113,8	210,0	32,2	31,3	228,9	201,5	10,9	11,4	0,96	1,05
N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	161,9	231,9	35,5	28,4	190,5	203,3	11,6	11,3	1,09	1,03
N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	144,4	231,8	28,7	31,0	208,8	175,5	11,2	11,8	1,02	1,13
N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	161,9	210,0	31,9	34,3	153,0	197,2	12,3	11,5	1,23	1,07
N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	122,5	205,6	29,9	36,7	203,4	181,1	11,3	11,7	1,03	1,11
N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	131,3	210,0	22,7	31,6	224,0	194,6	11,0	11,5	0,98	1,07
N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>	126,9	196,8	27,3	34,3	214,2	214,0	11,1	11,2	1,00	1,02
N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>	129,9	188,1	24,6	34,0	186,6	220,7	11,6	11,0	1,09	0,98
НСР <sub>05</sub>		19,2	21,0	1,9	3,9	18,3	17,3	0,2	0,2	0,07	0,08

## Влияние комплексных микроудобрений на питательную ценность зеленой массы горчицы сарептской (2022-2023 гг.)

Вариант	Содержание в 1 кг сухого вещества									
	протеина, г		жира, г		клетчатка, г		обменной энергии, МДж		кормовых единиц	
	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль, без удобрений	131,3	165,6	22,7	26,3	180,0	172,7	11,8	11,9	1,13	1,15
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	161,9	214,4	35,8	23,3	206,8	185,1	11,3	11,7	1,03	1,11
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	144,4	183,8	38,3	26,9	161,9	217,9	12,1	11,1	1,19	1,00
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	131,3	205,6	37,6	30,6	173,0	157,2	11,9	12,2	1,15	1,21
Кальцибор, 2 л/га +Брассика, 2 л/га (стеблевание)	161,9	240,6	28,0	36,5	170,0	170,5	11,9	11,9	1,15	1,15
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	144,4	205,6	33,3	23,4	167,4	152,0	12,1	12,3	1,19	1,23
НСР <sub>05</sub>	19,7	18,6	5,2	2,9	15,3	11,2	0,2	0,2	0,08	0,07

Массовая доля сухого вещества горчицы сарептской в зависимости от сроков посева и норм высева семян, % (2022-2023 гг.)

Срок посева (фактор А)	Норма высева семян, млн шт./га (фактор В)	Год		Среднее за 2 года
		2022	2023	
Первый (ранний)	1,3	19,90	16,88	18,39
	1,7 (К)	21,38	14,70	18,04
	2,0	20,77	18,17	19,47
	2,3	18,78	15,48	17,13
	2,7	18,15	17,21	17,68
Второй (средний)	1,3	16,93	15,04	15,99
	1,7 (К)	17,86	16,65	17,26
	2,0	17,64	14,47	16,06
	2,3	18,04	14,42	16,23
	2,7	16,86	13,45	15,16
Третий (поздний)	1,3	14,40	13,83	14,12
	1,7 (К)	14,81	14,88	14,85
	2,0	13,68	15,53	14,61
	2,3	13,37	13,83	13,60
	2,7	13,04	12,05	12,55
Среднее по сроку посева	Первый	19,90	16,49	18,14
	Второй	17,47	14,81	16,14
	Третий	13,86	14,02	13,94
Среднее по норме высева семян	1,3	17,08	15,25	16,16
	1,7 (К)	18,02	15,41	16,71
	2,0	17,36	16,06	16,71
	2,3	16,73	14,58	15,65
	2,7	16,02	14,24	15,13
НСР <sub>05</sub> по фактору А		0,65	0,55	0,60
НСР <sub>05</sub> по фактору В		1,06	0,90	0,98
НСР <sub>05</sub> по вариантам (АВ)		1,70	1,35	1,48

Влияние азотного удобрения на массовую долю сухого вещества горчицы сарептской, % (2022-2023 гг.)

Доза подкормки в фазе		Год		Среднее за 2 года
всходов	стеблевания	2022	2023	
Контроль, без удобрений		17,42	9,75	13,59
N <sub>30</sub>	N <sub>0</sub>	23,54	10,35	16,95
N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	18,56	11,15	14,86
N <sub>0</sub>	N <sub>30</sub>	20,57	10,25	15,41
N <sub>30</sub>	N <sub>30</sub>	18,06	10,97	14,52
N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	22,88	10,96	16,92
N <sub>0</sub>	N <sub>60</sub>	18,71	9,99	14,35
N <sub>15</sub>	N <sub>45</sub>	19,28	11,36	15,32
N <sub>45</sub>	N <sub>15</sub>	19,79	11,59	15,69
НСР <sub>05</sub>		0,11	0,08	0,10

Влияние комплексных микроудобрений на массовую долю сухого вещества горчицы сарептской, % (2022-2023 гг.)

Вариант	Год		Среднее за 2 года
	2022	2023	
Контроль, без удобрений	17,42	9,75	13,59
Вегетатив, 2 л/га (всходы)	19,67	9,94	14,81
Брассика, 2 л/га (стеблевание)	17,92	11,93	14,93
Вегетатив, 2 л/га (всходы) + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	18,96	12,71	15,84
Кальцибор, 2 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	17,38	11,36	14,37
Микро, 1 л/га + Брассика, 2 л/га (стеблевание)	17,71	12,00	14,86
НСР <sub>05</sub>	0,10	0,10	0,10

Акт внедрения результатов НИР в АО «Воронцовское» Динского района  
Краснодарского края

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский  
институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»»

СОГЛАСОВАНО

Врио директора  
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК,  
кадровый отдел  
П.И. Козлов  
« 24 г.



УТВЕРЖДЕНО

Директор АО «Воронцовское»  
Динского района  
Краснодарского края  
Подпись: А.А. Ханджоков  
« 24 г.



**АКТ ВНЕДРЕНИЯ**

результатов диссертационной работы Занозиной О.Д. «Совершенствование  
элементов технологии возделывания горчицы сарептской (*Brassica juncea* L.)  
на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья»

Настоящий акт подтверждает, что результаты диссертационной  
работы: «Совершенствование элементов технологии возделывания горчицы  
сарептской (*Brassica juncea* L.) на черноземе выщелоченном Западного  
Предкавказья», выполненной в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК внедрены на полях  
АО «Воронцовское».

1. Вид внедренных результатов разработка элементов технологии
2. Характер масштабов внедрения единичный
3. Форма внедрения (метод): производственные испытания
4. Новизна результатов научно-исследовательских работ уточнение прежних разработок
5. Опытно-производственная проверка: АО «Воронцовское», 2024 г.
6. Внедрены:
  - в промышленное производство полевой севооборот
7. Годовой экономический эффект:
  - Ожидаемый 7210 (Семь тысяч двести десять) рублей на 1 га;
  - Фактический 14005 (Четырнадцать тысяч пять) рублей на 1 га;
8. Объем внедрения 6 га
9. Социальный и научно-технический эффект расширение ассортимента и  
увеличение товарности продукции растениеводства

Главный агроном



Коноплянник Э.О.

Акт внедрения результатов НИР в ЗАО «ФЭС-Семена» Шпаковского района  
Ставропольского края

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский  
институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»»

СОГЛАСОВАНО

Врио директора  
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК,  
канд. с.х. наук,  
Подпись К.Т. Баблюев  
«10» августа 2023 г.



УТВЕРЖДЕНО

Генеральный директор  
ЗАО "ФЭС - Семена"  
Подпись Е.И. Казьмин  
«10» августа 2023 г.



**АКТ ВНЕДРЕНИЯ**

результатов диссертационной работы Занозиной О.Д. «Совершенствование  
элементов технологии возделывания горчицы сарептской (*Brassica juncea* L.)  
на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья»

Настоящий акт подтверждает, что результаты диссертационной  
работы: «Совершенствование элементов технологии возделывания горчицы  
сарептской (*Brassica juncea* L.) на черноземе выщелоченном Западного  
Предкавказья»

выполненной ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

внедрены на полях ЗАО "ФЭС - Семена"

1. Вид внедренных результатов разработка элементов технологии
2. Характер масштабов внедрения единичный
3. Форма внедрения (метод): производственные испытания
4. Новизна результатов научно-исследовательских работ уточнение прежних разработок
5. Опытно-производственная проверка: ЗАО "ФЭС - Семена", 2023 г.
6. Внедрены:
  - в промышленное производство полевой севооборот
7. Годовой экономический эффект:
  - Ожидаемый 7007 (Семь тысяч семь) рублей на 1 га;
  - Фактический 21007 (Двадцать одна тысяча семь) рублей на 1 га
8. Объем внедрения 10 га
9. Социальный и научно-технический эффект расширение ассортимента и увеличение товарности продукции растениеводства

Главный агроном \_\_\_\_\_

Олейников А.Н.