

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ТАИШЕВ НУРМАРАТ РАВИЛЕВИЧ

**АДАПТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ (SINAPIS ALBA) В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук
Прахова Татьяна Яковлевна

Пенза 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА	9
1.1 Значение, перспективы использования и агробιοлогические особенности горчицы белой	9
1.2 Особенности агротехнологических приемов возделывания горчицы белой	19
1.3 Эффективность применения минеральных и микробиологических удобрений при возделывании горчицы белой.....	24
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	30
2.1 Климатические ресурсы лесостепи Среднего Поволжья.....	30
2.2 Схема опытов и методика проведения исследований.....	31
2.3 Погодные условия в годы проведения исследований	37
3. ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ ВЫСЕВА	43
3.1 Особенности роста и развития горчицы белой	43
3.2 Семенная продуктивность и структура урожая горчицы	51
3.3 Качественные показатели семян горчицы белой.....	55
4. ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ	60
4.1 Посевные качества семян, формирование стеблестоя горчицы, в зависимости от микроудобрений.....	60
4.2 Структура урожая и продуктивность горчицы, в зависимости от применения микроудобрений и регуляторов роста.....	69
4.3 Оценка качества маслосемян горчицы, в зависимости от предпосевного использования микроудобрений.....	74
4.4 Густота стояния растений и продуктивность фотосинтеза горчицы в зависимости от некорневой подкормки агрохимикатами.....	79

4.5 Урожайность и элементы структуры урожая горчицы в зависимости от некорневой подкормки	82
4.6 Показатели качества маслосемян горчицы в зависимости от некорневой подкормки	86
5. БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ.....	90
5.1 Биоэнергетическая эффективность	90
5.2 Экономическая оценка агроприемов	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	96
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	100
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	100
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	101
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	129

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Колебания климатических ресурсов, с тенденцией к повышению температуры, сегодня требуют расширения ассортимента сельскохозяйственных культур, в том числе и масличных. Это возможно, за счет введения в севооборот более засухоустойчивые культуры, которые имеют возможность легко приспосабливаться к различным условиям возделывания. Одной из таких культур является горчица белая (Прахова Т.Я. и др., 2019; Vinogradov D.V. et al., 2018). Эта культура, одинаково хорошо растет, как в регионах с недостаточной влажностью, так и в районах с достаточным количеством осадков (Рожков А. и др., 2018; Ростова Е.Н., 2021; Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С., 2021; Жирных С.С., 2021).

Горчица белая (*Sinapis alba*) – универсальная, перспективная масличная культура, которая обладает массой преимуществ перед другими капустными культурами и имеет широкий спектр применения и использования: к примеру, для получения растительного масла и белка (Шипиевская Е.Ю. и др., 2018; Виноградов Д.В. и др., 2019; Воловик В.Т., 2020; Жирных С.С., 2021; Велкова Н.И., 2022).

От уровня количественных параметров жирных кислот в масле горчицы, его используют непосредственно, в пищу и для приготовления разных блюд и продуктов. Согласно данным многих исследователей, которые указывают, что при содержании эруковой кислоты до 20-30 %, горчичное масло возможно использовать в технической промышленности, и в частности, для производства биотоплива (Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С., 2021; Велкова Н.И., 2022; Vinogradov D.V. et al., 2018; Sharma L et al., 2018; Mhatre S. et al., 2020).

Горчица, с агрономической точки зрения, экологически чистый и эффективный ресурс органического вещества для почвы (Стрельникова Е. А. и др., 2018; Кшникаткина А. Н., Галиуллин А.А., 2019; Прахова Т.Я. и др., 2019; Сагирова Р.А., Шапенкова С.В., 2022).

В целом по России посевные площади под горчицей с каждым годом увеличиваются, к примеру от 43,0 тысяч гектар, возделываемых в 2008 году до 247,0 тысяч гектар – в 2022 году, что указывает на повышение спроса на данную культуру. В Приволжском федеральном округе средняя площадь посева горчицы составляет в 2022 году 70,3 тыс. га, а уже в 2023 году – 147,0 тыс. га. При этом, в Пензенской области посевы горчицы занимают всего 2,7 и 6,6 тыс. га в 2022 и 2023 годах соответственно. Одной из причин этого является то, что недостаточно полно изучено влияние элементов технологии на семенную продуктивность горчицы в нестабильных климатических условиях региона.

В связи с этим, и потенциал урожайности, и экономический эффект от внедрения горчицы белой, как перспективной масличной культуры, во многом будет зависеть от применения адаптивных, к местным почвенно-климатическим условиям, приемов технологии возделывания. По данным многочисленных исследователей, и норма высева культуры, и обработка микроудобрениями, как семян, так и посевов, являются наиболее дешевыми и экономически эффективными приемами технологии возделывания. Поэтому вопрос разработки данных элементов возделывания горчицы белой, применительно к определенным условиям произрастания в лесостепи Среднего Поволжья является важным и актуальным.

Степень разработанности. При написании работы были изучены труды отечественных и зарубежных ученых, которые занимаются изучением различных элементов технологии возделывания горчицы: Елфимова Ю.С. (2008), Велкова Н.И., Наумкин В.П. (2018), Васильева Т.В. (2018), Виноградов Д.В. и др. (2019), Жирных С.С. (2020), Ростова Е.Н. (2020), Кузнецова Г.Н., Полякова Р.Я. (2021), Бацазова Т.М. (2022), Прахова Т.Я. (2022), Гущина В.А., Лыкова А.С. (2022), Кабунина И.В., Прахова Т.Я. (2022), Angadi S.V. et al. (2004), Hubenko L., Lyubchich O. (2020), Turin E.N. et al. (2020) и другие. В их работах отмечены наиболее актуальные аспекты (в том числе и нормы высева, и применение удобрений) возделывания горчицы белой в различных регионах и условиях. Однако, применительно к условиям лесостепи Среднего Поволжья

приемы возделывания горчицы белой изучены недостаточно. Это и сформировало необходимость проведения соответствующих исследований.

Цель исследований – совершенствование технологических приемов возделывания горчицы белой, за счет оптимизации нормы высева и применения различных видов микроэлементных удобрений, обеспечивающих получение высокой и стабильной урожайности маслосемян в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Задачи исследований:

- установить оптимальную норму высева горчицы белой, обеспечивающую наибольшую урожайность, качество маслосемян и фитосанитарное состояние посевов культуры;
- определить эффективность микроудобрений и регуляторов роста при различных способах их применения на урожайность семян горчицы белой;
- оценить влияние различных видов агрохимикатов на показатели качества маслосемян горчицы белой;
- дать биоэнергетическую и экономическую оценку эффективности, изучаемым агроприемам при выращивании белой горчицы в лесостепи Среднего Поволжья.

Научная новизна. В условиях лесостепи Среднего Поволжья, с учетом гидротермического потенциала региона, изучены и оптимизированы нормы высева горчицы белой от 1,0 до 4,0 миллиона всхожих семян на гектар и способы применения микробиологических удобрений и биорегуляторов. Установлена и рекомендована сельскохозяйственному производству оптимальная норма высева горчицы – 2,5 миллиона всхожих семян на гектар, эффективные и малозатратные микроэлементные агрохимикаты АгроВерм, Блэкджек и Изагри Вита для предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений в процессе вегетации (АгроВерм и Изагри Вита). Выявлены особенности роста растений, динамика развития фотосинтеза, урожайности, качества масличной продукции, в зависимости от приемов возделывания.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в совершенствовании адаптированных приемов в технологии возделывания горчицы белой, основанной на рациональном выборе нормы высева и способа применения микроудобрений, которые обеспечили формирование наибольшей продуктивности маслосемян культуры. Выявлена оптимальная норма высева горчицы белой для условий региона, позволяющая получить до 1,69 т/га высококачественных семян. Предложены наиболее эффективные препараты для применения в качестве обработки семян и посевов (АгроВерм, Изагри Вита и Блэджек) в дозе 1,0 л/т/га, позволяющие получить урожайность семян до 1,75-1,82 т/га с масличностью до 30,0-30,6 %. Доказана высокая биоэнергетическая и экономическая эффективность рекомендованных вариантов при возделывании горчицы белой в условиях региона.

Разработанные приемы возделывания горчицы внедрены в КФХ ИП «Бареев Шамиль Анварович» Пачелмского района Пензенской области на площади 58 га, где посев горчицы с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян и некорневая подкормка микроудобрениями АгроВерм и Изагри Вита позволили получить урожайность семян до 1,85 т/га.

Методология и методы исследований. Методология исследований базируется на изучении научной литературы, как отечественной, так и зарубежной, определении цели и постановке задач, а также разработке исследовательской программы. В процессе работы использовались разнообразные теоретические и практические методы, включая проведение полевых опытов, лабораторные анализы, а также дисперсионную и математическую оценку экспериментальных данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

- особенности формирования агрофитоценоза горчицы белой, урожайности и качества маслосемян в зависимости от норм высева в условиях лесостепи Среднего Поволжья;
- характер влияния агрохимикатов на рост, развитие и урожайность семян горчицы белой;

– зависимость качественных показателей маслосемян горчицы от способов применения и видов микробиологических удобрений;

– биоэнергетическая и экономическая оценка адаптивных приемов возделывания горчицы белой в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Степень достоверности и апробация работы. Полученные результаты и их достоверность основаны на трёхлетнем исследовательском периоде, применении и использовании широкоизвестных методик и ГОСТов, математической обработке данных, а также публикациях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, апробации материалов на конференциях.

Результаты исследований и основные положения диссертационной работы были доложены на заседаниях кафедры растениеводства и лесного хозяйства Пензенского ГАУ (2020-2022 гг.), на Международных научно-практических конференциях: 1) «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса» (Пенза, 2022); 2) «Инновационные технологии в АПК: теория и практика» (Пенза, 2022); 3) «Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий» (Рязань, 2023); 4) «Актуальные проблемы науки и техники» (Уфа, 2023), где были получены сертификаты и дипломы.

Личный вклад автора. Автор принимал участие в проведении полевых и лабораторных исследованиях, обработке и анализе данных, представлении результатов на конференциях, подготовке научных отчетов и в целом, диссертационной работы.

Публикации. Основные достижения диссертационной работы опубликованы в 11 научных статьях, среди них 5 в высокорейтинговых журналах, включенных в рекомендованный список ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация представлена на 166 страницах компьютерного текста, структура ее состоит из введения, пяти глав, заключения и рекомендаций для производства. Работа содержит 24 таблицы, 12 рисунков и 34 приложения. Список использованной литературы охватывает 244 источника, в их число входит 66 работ иностранных авторов.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА

1.1 Значение, перспективы использования и агробиологические особенности горчицы белой

В настоящее время, крестоцветным масличным культурам, отводится важная роль в мировом производстве растительного масличного сырья (Воловик В.Т. и др., 2018; Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018). При этом, происходящие сегодня климатические метаморфозы, приводят к тому, что сельхозпроизводители все больше вводят в севооборот новые, малораспространенные, масличные культуры, которые имеют возможность легко приспосабливаться к различным условиям возделывания (Прахова Т.Я. и др., 2019; Vinogradov D.V. et al., 2018). Одной из таких культур является горчица белая, с широким спектром применения (Воловик В.Т., 2015).

Горчица белая – является одной из древнейших культур, родиной которой является Средиземноморье. Еще древние египтяне, греки и римляне выращивали горчицу для получения семян, которые использовали, в основном, как приправу к пище (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2015). Затем, римские легионеры распространили горчицу практически по всей Европе. В Испании горчица начала возделываться в X веке, в XII столетии горчица становится популярной в Германии, а в XIII веке – культура горчицы все больше привлекает внимание в Англии (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018). В России история горчицы, как сельскохозяйственной культуры, начинается в период 1773-1775 годов, но особенно популярной она стала в конце XVIII века. После того, как в 1781 году Болотов А.Т. опубликовал труд «О битье горчичного масла и о полезности онога», горчицу стали использовать как масличное растение. Ее посевы проводились возле реки Сарпы, там было поселение немецких колонистов, это округ Царицына, что в дальнейшем стало знаменитым горчичным производством (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2015).

Первоначальным очагом горчицы в России считаются юго-восточные районы Волгоградской области. И только, и только с 1931 года, горчица получила распространение в средней полосе Нечерноземной зоне России (Величко В.В., 1951; Минкевич И.А., Борковский В.Е., 1955; Храмов А.В., Воловик А.Т., 2013), а также в Вологодской, Кировской, Ленинградской, Смоленской областях (Салтыковский А.И., 1941; Минкевич И.А., Борковский В.Е., 1955), и почти вплоть до Полярного круга (Маринич П.Е., 1954), благодаря своей холодостойкости.

За годы Великой отечественной войны площадь посева горчицы белой увеличилась более чем в 2 раза. С 1949 по 1953 годы высевалось до 90 тысяч гектар горчицы белой, но позже, уже к 1962 году посевные площади горчицы сократились до 12 тысяч гектар (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2015). При этом, основное товарное производство семян горчицы сконцентрировано в Волгоградской области (Уваров А.В., 2023).

Официальной статистики по горчице нет, в России установлена статистическая отчетность общая для сизой и белой горчицы. Общая посевная площадь горчицы в СССР на 1986 год составляла более 250 тысяч гектар, а на период 2001-2004 годы под горчицей сизой и белой в России было занято всего около 94 тысяч гектар, а к 2007 году площадь посева уже составляла всего 25-26 тысяч гектар (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2015).

Горчичное производство прошло длительную, сложную эволюцию, и на протяжении тысячелетий горчица не потеряла своего значения в жизни человека, да и сегодня не потеряла интерес сельхозпроизводителей, имеет большое народное значение и ценные агрономические свойства, и занимает после подсолнечника, сои и рапса четвертое место (Картамышева Е.В., 2006; Агротехника, масличных культур..., 2021; Кузнецова Г.Н., 2022). В последние годы, интерес к горчице белой значительно возрос, что выражается в многочисленных исследованиях по созданию новых сортов и совершенствованию технологии возделывания культуры (Велкова Н.И., 2007; Елфимова Ю.С., 2008; Трубина В.С. и др., 2019; Лыкова А.С., 2022). Многие

ученые сегодня популяризируют культуру горчицы белой как «новую» ценную и универсальную культуру многопланового использования (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2015; Виноградов Д.В. и др., 2019; Трубина В.С. и др., 2017; Виноградов Д.В., Наумцева К.В., 2023).

Начнем с того, что горчица белая, на сегодня, является можно сказать одной из важнейших масличных культур. По различным данным (Бородычев В.В. и др., 2013; Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С., 2021; Велкова Н.И., 2022; Vinogradov D.V. et al., 2018; E. Ropelewska, K.J. Jankowski, 2019), диапазон варьирования содержания масла в семенах горчицы составляет – 17,0-39,0 %. Оно используется в консервной, хлебопекарной и кондитерской отраслях промышленности (Sharma L et al., 2018; Mhatre S. et al., 2020). К тому же, масло горчицы отличается высокими вкусовыми качествами, и богато витаминами А, Е, Д, В6, РР, К и Р, содержит бета-ситостерин, холином, хлорофиллы, используется в питании человека (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2014; Шипиевская Е.Ю. и др., 2018; Berensen F.A. et al., 2019; Jankowski, K. et al., 2020).

По данным многих исследователей, как отечественных, так и зарубежных, горчичное масло характеризуется своеобразным жирнокислотным составом, массовая доля которых варьирует в достаточно широких границах.

К примеру, содержание олеиновой кислоты, изменяется от 7 до 62 %, от 12 до 50 % изменяется линолевая, от 4 до 17 % – линоленовой, эйкозеновой – от 0 до 19 %, эруковой – от 0 до 58 % (Прахова Т.Я., 2019; Вольф Е.Ю. и др., 2021; Antova, G.A. et al., 2017; Ropelewska, K.J. Jankowski, 2019; Shikha, F. et al., 2020), а также содержание гликозида синальбина составляет 1,5-2,5 % (Ropelewska E. et al., 2018). В зависимости от этого его используют либо в пищу, либо для технических целей (Kostic, M.D. et al., 2018; Mhatre S. et al., 2020).

Кроме этого, горчичное масло относится к полувывсыхающим (йодные число 92-122) (Ropelewska E. et al., 2018). Это позволяет его применять в металлургической промышленности (Yadav R.P., Kumari V., 2015), в

лакокрасочном, мыловаренном (Sharma, R. et al., 2012), полиграфическом, кожевенном, текстильном производстве (Елфимова Ю.С., 2008; Pragma T. et al., 2017), а также как сырье в изготовлении эластичных материалов и смазки для механизмов (Shwetha N., Rao P., 2017; Paciorek-Sadowska, J. et al., 2018). Есть данные о перспективе и возможности использования масла горчицы в качестве источника биотоплива для дизеля (Уханов А.П., Голубев В.А., 2011; Зазуля А.Н. и др., 2014; Титова Е. и др., 2017; Ciubota-Rosie C., Macoveanu M., 2013; Saez-Bastante J. et al., 2016; Hossain Z. et al., 2019; Yesilyurt, M.K. et al., 2019; Mitrović, P. et al., 2020).

Масло характеризуется стойкостью к окислению, и долго не прогоркает (Шиков А.Н. и др., 2004; Сидоренко Т.А., 2005; Torrijos, R. et al., 2021), кроме этого, невысокий кислотный коэффициент в горчичном масле способствует продолжительней сохранять вкус горчичного масла при хранении и термической обработке (Ropelewska E. et al., 2018).

Помимо всего, эфирные масла (0,1-1,1 %), содержащиеся в семенах и антиоксидантные свойства горчицы дают возможность использовать ее в парфюмерии (Ростова Е.Н., Изотов А.М., 2022; Pragma T. et al., 2017; Boscaro V. et al., 2018), лекарственной промышленности (Ростова Е.Н., Изотов А.М., 2022; Pragma T. et al., 2017; Boscaro V. et al., 2018; Kaur R. et al., 2019; Ruan S.F. et al., 2019), а также в косметологии (Ruan S.F. et al., 2019), спиртовые вытяжки из шрота горчицы, применяют в изготовлении осветляющего средства (Morra M.J. et al., 2018; Popova I.E., Morra M.J., 2018).

Горчица белая самая известная и распространенная в мире специя, из семян которой изготавливают пищевую горчицу, а сами цельные семена применяют для консервирования и маринования овощей (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018; Воловик В.Т., 2020; Hosseinvand A., Sorkhinejad A., 2019), молотые семена используются в качестве эмульгатора при приготовлении майонеза, колбасных изделий, запекания мяса, хлебопекарной промышленности (Сидоренко Т.А., 2005; Филимоненко А.И., 2015; Hosseinvand A., Sorkhinejad

А., 2019; Torrijos R. et al., 2021), а также для изготовления медицинских горчичников (Наумкин В.П., Велкова Н.И., 2009; Kaur R. et al., 2019).

В Турции и Венесуэле семена горчицы официально используются в медицине. Известны исследования по применению горчицы при развитии раковых опухолей (Kaur R. et al., 2019), установлена ее антипролиферативная активность и потенциальное влияние горчицы в химиотерапии (Boscaro V. et al., 2018). Кроме этого, есть сведения о том, что водно-спиртовые вытяжки из семян обладают противокашлевым и отхаркивающим действием (Хургин С.Я., 1931; Неумывакин И.П., 2006), и являются средствами против воспалительных процессов (Сачивко Т.В. и др., 2020; Xian, Y.F. et al., 2018; Bukhari, S.A. et al., 2021).

Но при всём своём значении, сама горчица как белая, так и сарептская, содержит большое количество аллергенов, как уже известных, к примеру, глобулины и альбумины, так и ряд ранее неизвестных (L'Hocine L. et al., 2019).

В современном земледелии горчица имеет огромное агрономическое значение, ее используют как сидеральную и кормовую культуру, а также в пожнивных, поукосных и бинарных посевах (Смирнов А.А. и др., 2016; Агротехника масличных культур..., 2021). За короткий период времени горчица формирует большой объем зеленой массы, урожайность которой составляет 200-300 ц/га, с высокими физико-химическими показателями (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2018; Прахов В.А., Данилов М.В., 2020; Ростова Е.Н., 2021).

По словам В.С. Трубиной с соавторами (2017), это делает ее наиболее выгодной и значимой, при возделывании на зеленый корм, в котором содержится протеина (3,2 %), жира (0,4 %), клетчатки (4,6 %) и золы (2,3 %), а также каротина – 20 мг/кг (Цугкиев Б.Г., Гревцева С.А., 2008; Трубина В.С. и др., 2017; Воловик В., Шпаков А., 2022; Sharma, L. et al., 2018).

Зеленая масса хорошо силосуется. В силосе из горчицы содержание протеина составляет 2,7 %, белка – 1,6 %, жира – 0,7 %, клетчатки – 4,4 %,

золы – 2,6 % и БЭВ – 4,9 % (Русакова Г.Г. и др., 2006; Шипиевская Е.Ю. и др., 2018; Воловик В., Шпаков А., 2022; Sharma, L. et al., 2018).

Как пишут А.И. Шпилева и Т.В. Васильева (2019), на зеленый корм горчицу скашивают в фазе бутонизации, на силос – при массовом цветении, на семена – в фазу полного созревания. А на выпас можно использовать ее при высоте растений 25-30см. (Шпилева А.И., Васильева Т.В., 2019; Бацазова Т.М., 2022).

Возделывание горчицы белой в смеси, например, с викой яровой, горохом и другими культурами, обеспечивает получение большего урожая зеленой массы, сбора кормовых единиц, а также повышает урожайность семян (Буянкин В.И., Андриевская Л.П., 2016; Донская М.В. и др., 2019; Воловик В.Т. и др., 2018).

Кроме этого, горчица является хорошим вспомогательным растением в смешанных посевах, особенно как поддерживающая для культур с полегающим стеблем (Донская и др., 2016; Кшникаткина А.Н, Галиуллин А.А., 2019; Гущина В.А., Лыкова А.С., 2022). Опыты показывают положительное влияние на урожайность бобовых культур, препятствуя их полеганию и повышая их урожайность на 33% (Посыпанов Г.С., 2007; Донская и др., 2019).

При этом, различные исследования по оценке аллелопатического взаимовлияния растений при совместном проращивании показали, что горчица оказывает как ингибирующее, так и стимулирующее действие на прорастание семян сорго (Marinov-Serafimov P. et al., 2018), люцерны изменчивой (Епифанова И.В., Прахова Т.Я., 2021), вики посевной (Воловик В.Т., 2020), яровой пшеницы (Majchrzak L., 2015), овощных культур (Wang X. et al., 2017) и других (Николаева Е.В. и др., 2022; Marinov-Serafimov P. et al., 2018).

После отжима масла на корм животным используется жмых горчицы, который достаточно богат белком (35-40 %), липидами (11,8 -12,5 %), клетчаткой (9,1-11,3 %) (Русакова Г.Г. и др., 2006; Парахневич Д.В. и др., 2009; Прахова Т.Я., 2017; Воловик В., Шпаков А., 2022; Sharma, L. et al., 2018).

Однако, как показывают многие другие исследования, в горчичном жмыхе присутствуют гликозиды, из-за присутствия их кормовая ценность несколько снижается (Парахневич Д.В. и др., 2009; Шипиевская Е.Ю. и др., 2018; Popova I.E. et al., 2017; Artés-Hernández F. et al., 2022).

По мнению Пеньковой И.Н. и Мишиной О.Ю. (2012) использование горчичного жмыха в кормлении крупного рогатого скота позволяет решить не только улучшения качества молочного и мясного сырья, но и повысить молочную продуктивность коров и утилизировать жмыхи как побочный продукт производства масел (Пенькова И.Н., Мишина О.Ю., 2012; Николаев С.И. и др., 2017).

Горчица формирует в короткие сроки большую вегетативную массу, и может использоваться как «зеленое удобрение», что положительно влияет на плодородие почвы, ее биологические и физические свойства и является альтернативой органического удобрения (Замятина Н., 2003; Гордеева Н.Н., Кондратьев П.А., 2017; Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2020).

При посеве горчицы в качестве сидеральной культуры, можно сказать, что она является важным элементом повышения плодородия почвы (Авилов А.С. и др., 2016; Кондратьев П.А., Елисеев И.П., 2019; Verlanas C. et al., 2018). Биомасса горчицы быстро разлагается после заделки в грунт и обеспечивает поступление в почву до 5-8 т/га органического вещества (Лукомец В.М. и др., 2010; Крючков М.М., Смертенков И.В., 2017; Григулецкий В.Г. и др., 2022). Корни растений горчицы оструктурируют почву, они преобразуют питательные вещества в легкодоступные для других растений (Стрельников Е.А. и др., 2018; Jankowski K.J. et al., 2014).

При внесении горчичной массы в почву, там формируются микроорганизмы, противостоящие многим патогенам культурных растений (Дмитриев В.Л. и др., 2017; Ермакова Л.И., 2020; Лупова Е.И. и др., 2020; Baikhamurova M.O. et al., 2020) и тем самым, оказывают влияние на фитосанитарное состояние посевов (Авилов А.С. и др., 2016; Битов Х.А., Бжеумыхов В.С., 2023; McGuire A., 2012).

Многие исследования, в том числе и зарубежные, показывают применение горчицы в качестве культуры – очищающей почвы, загрязненные тяжелыми металлами (Мосина Л.В. и др., 2023; Kinska K. et al., 2019; Damian F. et al., 2019; Du, Z. et al., 2020; Krasnodêbska-Ostrêga B. et al., 2022).

К тому же, горчица – хороший предшественник для многих сельскохозяйственных культур (Гордеева Н.Н., Кондратьев П.А., 2017; Тойгильдин А.Л. и др., 2021; Кузина Е.В., 2023; Turin E.N. et al., 2020), потому что после себя способна оставлять большое количество органического вещества и снижает засоренность посевов (Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С., 2022; Wang X. et al., 2015; Nemaýati S.S. et al., 2017; Morra, M.J. et al., 2018).

В дополнение ко всему выше изложенному, горчица – это незаменимый медонос, с каждого гектара ее посева возможно получение меда до 80-100 кг (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2022; Hossain, M.S. et al., 2021).

Из 3000 существующих видов, в культуре представлено три основные виды: 1 – *Sinapis alba* L. (белая горчица); 2 – *Brassica juncea* L. (сарептская горчица); 3 – *Brassica nigra* L. (черная горчица) (Шрейнер Я.Ө., 1915; Жуковский П.М., 1950; Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2015; Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018; Ростова Е.Н., 2021; Yan T., Fangming D., 2020).

Горчица белая или желтая, или английская, название ее переводится как «светящая и радостная трава» и в разных странах название данной культуры различные (Хургин С.Я., 1931; Шпаар Д. и др., 1999). В свою очередь, горчица белая разделяется на три экотипа: северный, южный и средиземноморский, которые различаются по высоте, числу ветвей на растении и продуктивности семян (Минкевич И.А., Борковский В.Е., 1955; Кузнецова Р.Я., 1977).

Горчица белая имеет стержневую корневую систему, способную интенсивно поглощать питательные вещества из труднодоступных соединений и прямостоячий сильно разветвленный стебель, высотой от 60 до 100 см (Величко В.В., 1951; Машанов В.И., Покровский А.А., 1991; Yadav A. et al., 2013). Жесткие волоски, которыми покрыты листья культуры, благоприпятствуют меньшему повреждению редными насекомыми, главным

образом блошкой крестоцветной (Шпаар Д. и др., 1999; Васильева Т.В., Растутаева Г.В., 2016; Nemaat S.S. et al., 2017).

Соцветие – кисть, в которую собраны 25-100 мелких, желтых с медовым запахом цветков (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2018; Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018; Yadav A. et al., 2013). Плод – стручок, содержащий 4-6 мелких, круглых семян желтого цвета, средних по крупности, с массой 1000 семян от 5 до 8 г (Воловик В.Т., 2020; Наумцева К.В., 2020).

По данным многих как Российских (Горлова Л.А. и др., 2017; Жирных С.С., 2021; Гущина В.А., Лыкова А.С., 2022), так и зарубежных (Angadi S.V. et al., 2004; Kumari P. et al., 2018; Kayacetin F. et al., 2019) исследований горчица является засухоустойчивым растением, но при этом, она наиболее нуждается во влаге во время от формирования стебля до бутонизации и цветения (Прахова Т.Я. и др., 2018; Наумцева К.В., Виноградов Д.В., 2021; Mishra J. et al., 2019; Rana K. et al., 2020).

Еще в 1915 году Шрейнер Я.О. писал о горчице: «это одно из самых неприхотливых, засухоустойчивых сельскохозяйственных растений, которая лучше произрастает в болѣе сухомъ, чѣм во влажномъ климатѣ, легко переноситъ низкія температуры (-5-6 °С) въ началѣ своего произрастанія и до -2 °С въ періодъ цвѣтенія, и меньше истощаетъ почву, чѣмъ другія масличныя растенія (Шрейнер Я.О., 1915).

В то же время, горчица относится и к холодостойким растениям и характеризуется нетребовательностью к теплу в начале своего развития, семена ее прорастают при 2-4°C, проростки и всходы выдерживают кратковременные заморозки до -3 и -5°C, а также длительную холодную погоду (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018; Vinogradov D.V. et al., 2020).

Вегетация горчицы продолжается при сравнительно низких положительных температурах +5-6° С, цветение происходит при +5° С, созревание семян — при +10° С (Шипиевская Е.Ю. и др., 2018; Shikha, F. et al., 2020). Физиологический оптимум температуры для развития горчицы равен 25-27 °С. При этом, для развития горчицы, требуется небольшое количество

эффективных температур –1300-1600 °С (Донская М.В. и др., 2019; Гончарова Е.Н. и др., 2020).

Горчица белая – растение длинного дня, с высокой чувствительностью к изменению длины световой стадии (Бацазова Т.М., 2022; Kayacetin F., 2020). Цветение ее наступает примерно на 25-28 день после всходов. Это скороспелая культура, продолжительность ее вегетационного периода составляет 75-90 дней. По данным (Шпаар Д. и др., 1999; Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2022), с продвижением на север период вегетации горчицы значительно сокращается (Kayacetin F., 2020).

По мнению Трубиной В.С. и других авторов, Кузнецовой Г.Н. и Поляковой Р.Я. горчица имеет короткий вегетационный период, что естественно, позволяет после уборки успеть подготовить почву к посеву озимых зерновых и других культур (Трубина В.С. и др., 2017; Кузнецова Г.Н., Полякова Р.Я., 2022; Turin E.N. et al., 2020). По данным многих исследователей, в условиях средней полосы России, горчица белая является одной из скороспелых культур (Крючков М.М., Смертенков И.В., 2017; Сагирова Р.А., Шапенкова С.В., 2022; Першаков А.Ю., Демин Е.А., 2022).

Горчица гораздо менее требовательна к почве (Лошкомайников И.А. и др., 2019; Сачивко Т.В. и др., 2020). Однако, по словам В.М. Воловик (2015) и М.М. Крючкова (2017), лучшими для нее являются хорошо оструктуренные, легкие и средние суглинки (Воловик В.М., 2015; Крючков М.М., Смертенков И.В., 2017). С.С. Жирных писал: «Совсем непригодными для возделывания горчицы являются глинистые и песчаные почвы» (Жирных С.С., 2021; Лыкова А.С., 2022), а почвы с высоким уровнем залегания грунтовых вод и застойной влагой являются губительными для горчицы (Перспективная ресурсосберегающая технология..., 2010; Волошин Е.И., Аветисян А.Т., 2017).

Наряду с тем, горчица способна произрастать и давать урожаи на различных типах почв, но наивысшие урожаи формируются на черноземных почвах, а также на темно-каштановых и каштановых почвах суглинистого состава (Наумова М., 2013; Михальков Д.Е., Кочергина А.С., 2017).

По разным данным, всходы ее появляются на 6-7 день после посева и при прорастании семена поглощают 65% влаги, это одна из причин раннего посева культуры (Наумкин В.П., Велкова Н.И., 2009; Ростова Е.Н., 2021; Kayacetin F., 2020).

Через 16-25 дней образуется розетка и начинается формирование боковых конусов роста, дифференциация главной оси соцветия и фаза стеблевания (Наумцева К.В., Виноградов Д.В., 2019; Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2022; Сагирова Р.А., Шапенкова С.В., 2022). Начало появления бутонов и цветения зависит от условий выращивания (Виноградов Д.В. и др., 2019; Прахова Т.Я., 2022; Mostofa U.H. et al, 2016).

Продолжительность цветения зависит от степени ветвления, погодных факторов и продолжается, в среднем, до 22-37 дней и более (Горлова Л.А. и др. 2017; Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018; Жирных С.С. 2021). От конца цветения и до полного созревания горчицы происходит формирование плодов и созревание семян, и продолжительность данного периода составляет до 40 дней (Кузнецова Г.Н., 2022; Сагирова Р.А., Шапенкова С.В., 2022; Yan T., Fangming D., 2020). В это время происходит накопление в семенах питательных веществ, масла, определяется химический состав и крупность семян (Величко В.В., 1651; Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2018; Прахова Т.Я., 2019; Du J. et al, 2020).

1.2 Особенности агротехнологических приемов возделывания горчицы белой

В настоящее время, многими учеными и исследователями изучаются и разрабатываются современные адаптивные технологии возделывания горчицы белой, которые включают в себя целый комплекс ресурсосберегающих агроприемов, таких как (предшественники, нормы высева, сроки и способы посева, глубина заделки семян, адаптированные сорта, применение удобрений, борьба с вредными организмами и другие) (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2018;

Васильева Т.В., 2018; Стрельников Е.А. и др., 2018; Жирных С.С., 2019; Прахова Т.Я., Кабунина И.В., 2022; Hubenko L., Lyubchich O. 2020).

Установлено, что использование горчицы белой в качестве предшествующей культуры, обеспечивает повышение биологической активности почвы, снижение потерь гумуса и накопление питательных веществ в пахотном слое (Авиллов А.С. и др., 2016; Гордеева Н.Н., Кондратьев П.А., 2017; Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2022; Кузина Е.В., 2022). Например, выращивание зерновых культур после горчицы способствует на 10-15 % получению прибавки урожая, причем без дополнительных затрат (Гордеева Н.Н., Кондратьев П.А., 2017; Majchrzak L., 2015).

Для самой горчицы отличным предшественником является чистый пар, также хорошими предшественниками остаются озимая пшеница по пару и пропашные культуры. Но, после масличных: льна и всех крестоцветных, горчицу высевать нельзя, так как у них общие вредители и болезни (Лошкомайников И.А. и др., 2019; Кузина Е.В., 2023; Turin, E.N. et al., 2020).

Под горчицу применяется общепринятая для определенной почвенно-климатической зоны ее возделывания система земледелия, в том числе основная обработка почвы (Кузина Е.В., 2023; Mishra J. et al., 2019; Виноградов Д.В., Наумцева К.В., 2023), главная задача которой уничтожение сорной растительности, вредителей и болезней и создание рыхлого верхнего слоя; предпосевная подготовка почвы (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018; Агротехника масличных культур..., 2021), а также сроки и нормы посева культуры (Чаус Е.П., Наумцева К.В., 2020; Жирных С.С., 2019; Першаков А.Ю., Демин Е.А., 2022; Маринин Н.И., 2022; Kayacetin F. et al., 2019); способы посева и комплекс защитных и уходных мероприятий (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018; Першаков А.Ю., Демин Е.А., 2022; Vasilieva T.V. et al., 2019; Turin, E.N. et al., 2020; Jankowski K. et al., 2020).

Изучение основных приемов возделывания горчицы проводилось и проводится в настоящее время, многими Российскими и зарубежными учеными и в различных климатических регионах и зонах ее производства.

По поводу срока посева горчицы мнения исследователей сильно различаются, одни рекомендуют ранний, другие - средний, третьи – вообще предлагают поздний летний посев горчицы белой.

Многие авторы (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2013; Angadi S.V. et al., 2004) считают, что горчица – это культура раннего срока сева. В то же время, многолетняя практика других показывает, что урожай горчицы при раннем посеве, как правило, на 15-25% выше, чем при позднем (к примеру, через 20 дней) (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018; Чаус Е.П., Наумцева К.В., 2020).

Маринин Н.И. (2022) считает, что при раннем посеве растения горчицы лучше развиваются, а при посеве ее в поздний срок развитие растений ускоряется на 6–14 дней, сокращается продолжительность межфазных периодов, что приводит к снижению урожайности культуры (Маринин Н.И., 2022).

Установлено, что при посеве в оптимально ранние сроки, накопленная влага в почве, способствует получению быстрых всходов культуры и мощной розетки листьев. Это дает возможность снизить вредоносность крестоцветных блошек, и повышает ее конкурентоспособность по отношению к сорной растительности (Ростова Е.Н., 2021; Vasilieva T.V. et al., 2019).

Также, проведенные исследования зарубежных ученых в Турции и Канаде показали, что ранний срок посева горчицы способствует не только повышению урожая культуры, но и увеличению содержания масла и улучшению его качества (Angadi S.V. et al., 2004; Kayacetin F., 2022).

Однако, рядом ученых отмечается средний и поздний сроки сева горчицы как наилучшие. Например, в исследованиях Першакова А.Ю. и Демина Е.А., проведенных в условиях лесостепной зоны Зауралья, урожай горчицы был выше при посеве во второй срок, чем при ее посеве в ранний срок (первая декада мая) (Першаков А.Ю., Демин Е.А., 2022).

Исследования Жирных С.С. (2019) в условиях Удмуртской Республики и Chowhan S. с коллегами в округе Магура в Бангладеш показали, что поздний

срок имел преимущество перед ранним посевом, где был получена максимальная урожайность семян (Жирных С.С., 2019; Chowhan S. et al., 2023).

Многие ученые считают, что от густоты стояния растений во многом зависят их рост и развитие, фотосинтетическая деятельность, общее состояние посевов и в целом продуктивность растений. Важным фактором, регулирующим густоту растений, является норма высева семян, которую необходимо уточнять для конкретной почвенно-климатической зоны.

Норма высева горчицы белой зависит не только от региона возделывания, но и от цели использования посева, то есть на семена или на зеленую массу (Жирных С.С., 2018).

Еще с зарождением сельскохозяйственного опыта, русские исследователи Болотов А.Т. и Комов И.М. придавали большое значение изучению норм высева различных сельскохозяйственных культур, но и до настоящего времени нет окончательных точных выводов для определения оптимальной нормы, в том числе и по горчице (Агротехника масличных культур, 2021; Маринин Н.И., 2022).

Одни авторы рекомендуют высокую норму высева горчицы – 3,0-4,0 миллиона всхожих семян на гектар (Жирных С.С., 2019; Alam Md. et al., 2015). Исследования показали, что при посеве горчицы с нормой 2,5 млн. всхожих семян/га урожайность семян была существенно ниже, чем при посеве 3,0 и 4,0 млн. всхожих семян/га.

Вторые считают, что оптимальная норма высева горчицы это 2,0-2,5 млн. всхожих семян на гектар, где была получена максимальная урожайность и масличность семян (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2019; Ростова Е.Н., 2020; Маринин Н.И., 2022; Kayacetin F. et al., 2019).

Третьи исследователи предлагают снизить норму высева до 1,0-1,5 миллионов всхожих семян на гектар (Михальков Д.Е., Кочергина А.С., 2017; Jankowski K. et al., 2020). Они считают, что при увеличении нормы высева снижается полевая всхожесть семян со 100 до 53 %, вследствие чего снижается густота стояния растений и в итоге снижается общая продуктивность горчицы.

Горчицу можно высевать как обычным рядовым способом, так и широкорядным с междурядьем от 45 см (Адаптивная технология возделывания, 2011; Кшникаткина А.Н. и др., 2018). Ряд проведенных опытов свидетельствует о том, что рядовой способ посева является более приемлемым при возделывании горчицы белой. По их данным, сплошные рядовые посевы с междурядьем 15 см обеспечивали наибольшую урожайность семян и их качество (Кузнецова Г.Н. и др., 2019; Лыкова А.С., 2022; Першаков А.Ю., Демин Е.А., 2022; Turin, E.N. et al., 2020; Jankowski K. et al., 2020).

Другие данные показывают, что наиболее высокую урожайность семян горчицы получают при широкорядном посеве с междурядьями 45 см, особенно в условиях недостаточного увлажнения (Кулина Е.Н., 1971; Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2013; Картамышева Е.В. и др., 2019; Alam Md. et al., 2015).

Вместе с тем, после посева горчицы, необходим ряд мероприятий, предполагаемых защиту и обработку посевов, которые включают защиту от сорняков, вредителей, болезней (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018; Vasilieva T.V. et al., 2019).

Сами растения горчицы способны подавлять сорняки, однако она особенно чувствительна к сорнякам в первые 15-20 дней вегетации, так как в начальные фазы роста, растения горчицы произрастают медленно и многолетние быстрорастущие сорняки способны нанести существенный вред ее посевам (Наумова М., 2013; Наумцева К.В., Виноградов Д.В., 2022; Гущина В.А. и др., 2023; Berensen F.A. et al., 2019). Для борьбы с сорняками в фазу 2-4 настоящих листьев у горчицы, применяют гербициды (Наумцева К.В., Виноградов Д.В., 2022; Кузина Е.В., 2022).

Горчица белая, по сравнению с рапсом и даже с другими видами горчицы (сарептской и черной), повреждается вредителями значительно меньше, хотя по различным данным на посевах горчицы отмечено более 30 видов вредителей. Поэтому, в период вегетации горчицы, при их численности, превышающей экономический порог вредоносности (ЭПВ), посевы обрабатывают

инсектицидами различного механизма действия (Васильева Т.В., Растутаева Г.В., 2016; Vasilieva T.V., Chukhina O.V., 2021).

Из болезней на горчице наиболее распространены альтернариоз, склеротиниоз, фузариоз, ложная мучнистая роса, мучнистая роса. Реже встречаются фомоз и белая гниль. Для предотвращения этого, в период вегетации на посевах горчицы применяют обработку фунгицидами (Трубина В.С. и др., 2020; Васильева А.С., 2021; Brun H. et al., 1987). В настоящее время ведутся селекционные работы по созданию сортов и гибридов устойчивых к основным болезням (Трубина В.С., 2019; Kumari P. et al., 2018).

Убирают культуру либо прямым, либо отдельным способами, но более приемлемым способом уборки горчицы является прямое комбайнирование при полном созревании стручков (Бопп В.Л. и др., 2019).

1.3 Эффективность применения минеральных и микробиологических удобрений при возделывании горчицы белой

На формирование урожая горчица потребляет достаточно большое количество питательных веществ, при этом, недостаток их приводит к снижению продуктивности культуры, а избыток вызывает снижение качества семян. Поэтому культура на применение минеральных удобрений отзывается неоднозначно. Например, оптимальное внесение фосфора и калия способствует накоплению масла в семенах, а азотные удобрения отрицательно влияют на маслообразовательный процесс (Волошин Е.И., Аветисян А.Т., 2017; Нурманов Е.Т., Хамзина Б.Н., 2020).

Это подтверждается данными О.Л. Томашова (2017) и Y. Zhang (2019) с коллегами, исследования которых доказывают, что горчица наиболее отзывчива на внесение фосфорных удобрений (Томашов О.Л. и др., 2017; Zhang Y. et al., 2019), а также в работах Нурманова Е.Т. и Хамзина Б.Н. (2020), где отмечено, что применение фосфорных удобрений в дозе P_{120} - P_{150} положительно

влияло на маслонакопление, а внесение азотных удобрений приводило к снижению его содержания.

Зотова Е.Ю. в своих исследованиях отмечает, что наибольшему приросту сбора семян способствует внесение азотнофосфорных удобрений, прибавка составляет в среднем 0,42-0,70 т/га (Зотова Е.Ю., 2017). Ростова Е.Н. и Изотов А.М. в своих работах отмечают положительное действие азотного удобрения в дозе N_{60} , что обеспечивает значительную прибавку урожайности горчицы (Ростова Е.Н., Изотов А.М., 2021).

Другие исследования показывают, что наибольшую урожайность семян белой горчицы (2,58 т/га) с масличностью (43,29%) обеспечило внесение комплексного удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{90}$ (Hubenko L., Lyubchich O., 2020).

Есть данные ряда ученых, которые говорят о том, что горчица особенно требовательна к срокам и уровню азотного питания, но при этом излишнее азотное питание задерживает созревание семян (Волошин Е.И., Аветисян А.Т., 2017; Лупова Е.И. и др., 2020; Hubenko L., Lyubchich O., 2020; Vinogradov D.V. et al., 2020).

Особенно горчица требовательна к уровню поступления серы и бора, при их недостатке снижается в целом урожай семян (Емельянова А.А., Новикова А.А., 2022; Jaiswal A.D. et al., 2015; Rana K. et al., 2020).

Проблема дефицита элементов питания в почвах и сегодня остается актуальной. А так как, культурные растения остро нуждаются в них, этот вопрос решается внесением химических удобрений, использование которых требует дополнительных финансовых вложений и зачастую приводят к возникновению агроэкологически хрисков (Борисова Г.Г., 2022).

В связи с этим, сегодня, перспективным направлением все чаще становится применение микроудобрений и регуляторов роста, которые менее затратные в финансовом плане и легко применяются в современной агротехнологии любой сельскохозяйственной культуры (Емельянова А.А., Новикова А.А., 2022). В последнее время, в связи с развитием интереса к экологизации земледелия, эти методы все интенсивнее внедряются и

рассматриваются как альтернатива традиционным способам применения химических удобрений (Лукьянова О.В. и др., 2021; Прахова Т.Я., 2022).

На данный момент, уже имеется ряд исследований на различных культурах, по изучению рациональных способов и норм внесения микроудобрений (Плевко Е.А. и др., 2017; Серков В.А. и др., 2020; Медведев А.П., Прахов В.А., 2021; Лукьянова О.В. и др., 2021; Прахова Т.Я., Одрин И.В., 2023).

Например, согласно данным Е.Ю. Кузьминой и В.П. Савенкова (2021), у редьки масличной, выращенной с применением микроудобрений, отмечено увеличение стручков на растении, их высоты, и семенной продуктивности растения. При предпосевной обработке Силиплантом семян урожайность льна на 44,5 %, а масличность – на 0,9-1,5 % превысили контрольный вариант (Кшникаткина А.Н., Журавлев Е.Ю., 2018). Аленин П.Г. с соавторами в своей работе пишут, «обработка микроудобрениями семян рыжика озимого оказывает положительное действие в осенний период вегетации растений, и как следствие на зимостойкость», что способствовало повысить показатели зимостойкости культуры до 95,5 % (Аленин П.Г. и др., 2015).

При использовании микроэлементных удобрений на сафлоре красильном повышается фотосинтетическая активность посевов, увеличивается площадь ассимиляционной поверхности и фотосинтетического потенциала, и в целом, повышается семенная продуктивность (Тимошкин О.А. и др., 2021; Дружинин В.Г., Прахова Т.Я., 2022).

Аналитический обзор российских и зарубежных источников показывает, что в настоящее время происходит стремительное нарастание использования биологических и микроэлементных удобрений и в той или иной степени изучено около 5000 соединений. Однако, в производственной практике используется только около пятидесяти, и то функции многих из них еще до конца не изучены (Лагошина А.Г. и др., 2020; Vinogradov D.V. et al., 2019).

В настоящее время, в связи с возрастающей популярностью горчицы разработка комплексного использования микроудобрений в процессе ее

выращивания, приобретает особое внимание, и представляет большой научно-практический интерес (Прахова Т.Я., 2022). В научной литературе отражены данные о положительном влиянии микроэлементных препаратов на урожайность горчицы (Наумцева К.В., 2021; Vinogradov D.V. et al., 2019), масличность (Воробейков Г.А. и др., 2022), на морфометрические показатели горчицы (Плевко Е.А. и др., 2016; Панасюга А.П. и др., 2017), а также повышают адаптацию растений к неблагоприятным условиям окружающей среды (Гончарова Е.Н. и др., 2020; Мастеров А.С. и др., 2021). Однако все исследования по изучению биологических препаратов на горчице проведены в различных климатических условиях.

Среди методов применения микроудобрений используются предпосевная обработка семян и некорневая обработка вегетирующих растений на выбор, которого оказывают влияние много факторов, в том числе и диспаритет цен (Панасюга А.П. и др., 2017; Наумцева К.В., Виноградов Д.В., 2019; Мастеров А.С., 2021; Емельянова А.А., Новикова А.А., 2022).

История некорневой подкормки насчитывает уже 160 лет, но до сих пор, имеет много преимуществ, это, во-первых, меньшая затрата сил и времени на обработку и во-вторых – экономическая эффективность данного приема (Наумцева К.В., Виноградов Д.В., 2020; Прахова Т.Я., 2022; Vinogradov D.V. et al., 2019; Hubenko L., Lyubchich O., 2020).

А.П. Панасюга с соавторами в своих опытах, проведенных в условиях Беларуси, доказывают, что некорневая подкормка регуляторами роста стимулирует не только повышение элементов структуры урожая, но и достоверный рост урожайности семян горчицы (на 1,6–2,7 ц/га) по отношению к контролю (Панасюга А.П. и др., 2017). Также считают и другие авторы, которые утверждают, что обработка вегетирующих растений микроудобрениями стимулирует рост урожайности культур даже на фоне различных абиотических стрессов (Наумцева К.В., Виноградов Д.В., 2019; Емельянова А.А., Новикова А.А., 2022). Обработка фитостимулятором

вегетирующих растений горчицы способствует значительному повышению урожайности зеленой массы на 21 % (Гончарова Е.Н. и др., 2020).

В зарубежных странах в последние годы предпосевная обработка семян получает широкое распространение и является одним из основных агротехнических приемов при возделывании культур (Vinogradov D.V. et al., 2019; Hubenko L., Lyubchich O., 2020).

Ученые считают, что данный метод, применяемый на горчице, позволяет ускорить прорастание семян, увеличить их всхожесть, повысить сопротивляемость растительных организмов к болезням и негативным факторам окружающей среды (Михальков Д.Е., Кочергина А.С., 2017; Наумцева К.В., Виноградов Д.В., 2019; Лукьянова О.В. и др., 2021). Кроме того, обработка семян микроудобрениями позволяет улучшить качество продукции (Рожков А. и др., 2018; Кленникова Л.В., 2018; Мастеров А.С., 2021).

Обработка семян биопрепаратами стимулируют ростовые процессы и продуктивность сухой надземной массы горчицы. Например, увеличивает высоту растений (до 7-5 %), число листьев (до 8-73 %), число боковых побегов (до 74 %) и сухую массу (до 30-35 %) (Ившина Е.С., 2021; Воробейков Г.А. и др., 2022).

Ряд авторов считают, что предпосевная обработка семян позволяет достичь эффекта повышения урожайности при малых энергозатратах на обработку (Рожков А. и др., 2018; Джумов С.В., 2020; Прахова Т.Я., 2022).

Таким образом, сегодня, тенденция в развитии экологических технологий возделывания сельскохозяйственных культур, которые также включают применение микроэлементных удобрений, способствует повышению урожайности, иммунитета и адаптационных свойств растений (Наумцева К.В., Виноградов Д.В., 2019; Серков В.А. и др., 2020; Прахова Т.Я., Одрин И.В., 2023).

Сегодня, применение микроудобрений является приоритетным экспериментальным направлением в связи тем, что они способны в малых количествах вызывать изменения процессов роста и развития растений, и как

результат урожайность и качество семян, а также они являются наиболее дешевыми и экономически эффективными приемами технологии возделывания (Медведев А.П., Прахов В.А., 2021; Лукьянова О.В. и др., 2021; Прахова Т.Я., 2022).

При определении оптимальных параметров технологических приемов возделывания горчицы необходимо: во-первых, исходить из биологических и морфофизиологических особенностей культуры и ее сортов и во-вторых, учитывать комплекс почвенно-климатических факторов зоны выращивания (Прахова Т.Я. и др., 2018; Виноградов Д.В. и др., 2019).

Таким образом, проведенный обзор литературных источников показывает перспективность и целесообразность возделывания горчицы белой в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Однако приемы зональной технологии её выращивания, в том числе и комплексное применение микроудобрений изучены недостаточно. Это и послужило основанием для проведения полевого исследования в конкретном регионе.

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Климатические ресурсы лесостепи Среднего Поволжья

Колебания урожайности у сельскохозяйственных культур определяются, в первую очередь, изменчивостью ресурсов тепла и влаги, которые особенно отличаются контрастностью в Средневолжском регионе (Переведенцев Ю.П. и др., 2011).

Пензенская область расположена в Приволжской лесостепи, в юго-восточной ее части, и характеризуется умеренно-континентальным климатом с резко выраженной неустойчивостью и динамичностью всех метеорологических элементов, в том числе тепла и осадков в отдельные периоды (Климат Пензы, 1988; Курицын И.И., Марденский Н.А., 1991).

Среднегодовая температура варьирует в пределах 4,1-5,2 °С, с достаточно существенными отклонениями между климатическими зонами области. Ежегодное отклонение средней годовой температуры от средней многолетней составляет $\pm 2,2^{\circ}$ С, а ее средняя изменчивость – $\pm 0,9^{\circ}$ С. Сумма активных температур в среднем составляет 2100-2300° С, а в отдельные годы достигает 2600° С (Климат Пензы, 1988; Иванов А.И. и др., 2017).

В марте-апреле наступает весна, и в большинство лет уже в марте отмечается весеннее снеготаяние. Уже в первой декаде апреля среднесуточная температура устойчиво переходит через 0 °С, однако еще в течение месяца, и даже в начале мая, возможны и возвраты холодов. Средняя продолжительность теплого периода составляет 135-177 дней (Овсянникова Н.С., 2009; Ломов С.П., 2012).

Уровень осадков варьирует в широком диапазоне, от 350 мм в засушливые годы и до 775 мм – во влажные. В целом, условия влагообеспеченности характеризуются гидротермическим коэффициентом (ГТК), критерии которого варьируют от 0,4 до 1,7 (Климат Пензы, 1988; Иванов А.И. и др., 2017).

Преобладающим типом почв региона являются черноземы (75,2%), на долю серых лесных почв приходится 20,1 %, пойменные почвы занимают 2,8 % (Ломов С.П., 2012).

2.2 Схема опытов и методика проведения исследований

Экспериментальная работа по изучению адаптивных элементов технологии возделывания горчицы белой проводилась в 2020-2022 годах на опытном поле ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» ОП Пензенский НИИСХ.

Выполнение поставленных задач осуществлялось при закладке трех полевых опытов:

Опыт 1. Изучение влияния нормы высева на продуктивность горчицы белой. Схема опыта включала 7 норм высева (от 1,0 до 4,0 млн. всхожих семян/га с шагом 0,5 миллиона). За контроль была принята норма высева 2,0 млн. всхожих семян/га.

Опыт 2. Оценка эффективности предпосевной обработки семян микроэлементными препаратами на урожайность и качественные показатели семян горчицы. Схема полевого опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без обработки); 2. Гумат +7; 3. АгроВерм; 4. Изагри Вита; 5. Мегамикс Профи; 6. Циркон; 7. Цитовит; 8. Блэкджек; 9. Изагри Форс Питание; 10. Изагри Бор; 11. Изагри Азот; 12. Изагри Фосфор; 13. Гумат К/Na. Семена обрабатывали перед посевом из расчета 1,0 л/т.

Опыт 3. Оценка влияния листовой подкормки посевов горчицы различными видами микроудобрений и регуляторов роста на ее продуктивность. Схема опыта включала: 1. Контроль (без обработки); 2. Гумат +7; 3. АгроВерм; 4. Изагри Вита; 5. Мегамикс Профи; 6. Циркон; 7. Цитовит; 8. Блэкджек; 9. Изагри Форс Питание. Обработка проводилась в фазу стеблевания культуры из расчета 1,0 л/га, ранцевым опрыскивателем.

Площадь учетной делянки – 20 м², повторность делянок – трехкратная, размещение – последовательное.

Исследования проводили на сорте горчицы белой Люция, созданного в ОП Пензенский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК и включённого в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации в 2016 году.

Предшественник в опыте – чистый пар. При проведении полевых исследований по всем делянкам применялась общепринятая зональная агротехника. Основная обработка включала вспашку на глубину 20-22 см. Весной проводили боронование (БЗСС-1,0) в два следа, перед посевом проводили культивацию (КПС-4) на глубину заделки семян (4-5 см). Посев горчицы проводили в оптимально-ранние сроки (1 декада мая) рядовым способом сеялкой СН-16, норма высева 2,0 миллиона всхожих семян на гектар. Для получения дружных всходов горчицы обязательно проводили послепосевное прикатывание. При появлении всходов, для защиты от повреждения крестоцветной блошкой применялась обработка инсектицидом Децис Эксперт, КЭ (0,1 л/га). Уборку проводили в фазу полного созревания прямым комбайнированием, селекционным комбайном САМПО-130.



Рисунок 1 – Опытные и производственные посевы горчицы белой Люция

Для изучения влияния способов применения агрохимикатов на продуктивность горчицы белой нами были подобраны ряд различных видов жидких микроэлементных удобрений и регуляторов роста для сбалансированного питания растений

Гумат +7 – жидкий концентрат активной части гумуса, одновременно является комплексным органоминеральным удобрением и регулятором роста, в состав которого входят семь микроэлементов в хелатной форме (K_2O -1 %, Mo - 0,0018 %, B - 0,02 %, Fe - 0,04 %, Cu -0,02 %, Zn -0,02 %, Mn -0,02 %), а также смесь калиевых солей гуминовых кислот - 3,7 % (Ерохин А.И., 2022; Прахова Т.Я., 2022).

Циркон – природный биостимулятор растительного негормонального происхождения, изготовлен на основе лекарственного растения эхинацеи пурпурной. В его состав входят комплекс гидроксикоричных кислот (цикориевая, кофейная и хлорогеновая), а также спирт в качестве консерватора. Циркон это не удобрение в общепринятом смысле, в нем отсутствуют микроэлементы, но при этом его действие происходит на клеточном уровне, он стимулирует ростовые процессы, защищает растения от стрессов, увеличивает устойчивость растений к болезням и вредителям (Шеуджен А.Х. и др., 2009; Дорожкина Л.А. и др., 2016).

Блэджек – природный органический биостимулятор нового поколения – высококонцентрированная суспензия, которая кроме гуминовых кислот и фульвокислот содержит ульминовые кислоты, гумин и микро- и макроэлементы (марганец, азот, сера, калий, фосфор, кальций). Содержание действующего вещества составляет: гуминовых кислот – 19-21 %, фульвокислот – 3-5 %, которые находятся в первоначальном виде (а не в виде солей) и максимально полезные и активные (Прахова Т.Я., Одрин И.В., 2023).

Гумат K/Na – стимулятор роста, содержащий гуматы и комплекс микроэлементов в хелатной форме. Его основное действующее вещество – физиологически активные формы калиевых солей гуминовых кислот.

АгроВерм это жидкое органическое гуминовое биоудобрение, изготовленное на основе вермикомпоста для всех видов растений. Препарат содержит полный комплекс веществ, необходимых для полноценного и сбалансированного питания растений, где содержится массовая доля органического вещества (15 г/л), гуминовых кислот (30 г/л), фульвовых кислот (4 г/л) и набор микроэлементов. Гуминовые кислоты устраняют дефицит питательных веществ и ускоряют их транспортировку в клетки растений, фульвовые кислоты оказывают антиоксидантный эффект и ускоряют процесс развития растений, повышают иммунитет, способствуют прорастанию семян и повышают урожайность (Косенко С.В., Плужникова И.И., 2020).

Мегамикс это жидкое минеральное удобрение, в основе которого богатый состав микроэлементов и макроэлементов (Cu-2,5 г/л, Zn -2,5 г/л, Fe-1,0 г/л, Mn-1,0 г/л, B- 0,8 г/л, Mo – 0,6 г/л, Co-0,12 г/л, Se – 0,06 г/л, N- 58 г/л, P-6 г/л, K- 58 г/л, S- 50 г/л, Mg-22 г/л), большинство из которых находятся в хелатной форме, легко усваиваемой растениями.

Цитовит – жидкое минеральное удобрение, содержащее высококонцентрированный раствор микроэлементов Mg, S, Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Co в биологически активной, приближенной к природной форме соединений с добавлением небольшого количества N, P, K- содержащих солей, в максимально доступной форме для растений. Цитовит позволяет предотвратить развитие опасных заболеваний и восполняет нехватку необходимых для полноценного роста и развития элементов (Шеуджен А.Х. и др., 2009).

Изагри Форс – двухкомпонентное жидкое удобрение с высоким содержанием аминокислот (до 150 г/л), органических кислот и микроэлементов (до 400 г/л), состоящее из двух комплексов: Рост и Питание и используются вместе, в равных концентрациях.

Изагри Вита – жидкое комплексное удобрение, содержащее сбалансированный состав микроэлементов (N-3,2 %, Zn-2,51 %, Cu-1,92 %, Mn-0,37 %, Mo-0,22 %, B-0,16 %, Fe-0,40 %, Co-0,11 %, K₂O-0,06 %, MgO-2,28 %,

SO₃-9,34 %) наряду с высокой концентрацией аминокислот (150 г/л) в биоактивной L-форме.

Изагри Азот – выпускается в форме суспензии с высоким содержанием азота (41,1 %). Дополнительно в состав препарата включены микро и макроэлементы (K₂O- 4,11 %, P₂O₅-2,47 %, SO₃ -2,33 %, MgO-0,48 %, Zn-0,27%, Cu-0,14 %, Mo-0,07%, Fe-0,04 %, B-0,03 %, Mn-0,02 %, Se-0,03 %).

Изагри Фосфор – жидкое удобрение, с высокой концентрацией фосфора (27,7 %), в составе аминокислоты и микроэлементы для активного усвоения фосфора (N-9,7 %, K₂O-6,8 %, MgO-0,27 %, SO₃-0,53 %, Zn-0,40%, Cu-0,13 %, Mo-0,08%, Fe-0,16 %, B-0,23 %, Mn-0,08 %).

Изагри Бор – универсальное жидкое органоминеральное удобрение с высоким содержанием бора (B – 12,32 %), азота (N – 5,5 %), серы, растворимой в воде (SO₃ – 5,2 %) и минимальным содержанием молибдена (Mo – 1,0 %).

Закладка всех полевых опытов, проведение учетов, наблюдений и подсчетов осуществлялось согласно действующим методикам и указаниями (Доспехов Б.А., 1985; Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами, 2010; Методика Государственного сортоиспытания, 2019).

Фенологические наблюдения за фазами развития растений проводили визуально с отметкой даты полных всходов, полного цветения и полного созревания, наступление которых фиксировались при 75 % растений (Методы исследований в растениеводстве, 2014).

Количество взошедших и сохранившихся к уборке растений горчицы подсчитывали на закрепленных участках (1 м²) в двухкратной повторности по методике, разработанной Кирюшиным Б.Д. с соавторами (2009).

Учет засоренности посевов проводился количественно-весовым методом с помощью учетной рамки на площадках 1 м² по основным фазам развития горчицы белой. Одновременно определяли их видовой состав и биологическую группу (Кирюшин Б.Д. и др., 2009; Кузина Е.В., 2022).

Показатели фотосинтеза определялись по методу Ничипоровича А.А. (1973). Определение площади листьев проводили методом высечек. Фотосинтетический потенциал рассчитывали по нарастанию средней площади листьев: где сумма площади листьев в фазы исследований умножается на период времени (сутки) между фазами и делится на число периодов измерения. Чистая продуктивность фотосинтеза рассчитывается по формуле, предложенной Бриггсом, Киддом и Вестом, путем отношения прироста сухой биомассы к средней площади листьев и умноженное все это на количество суток между фазами.

Урожайность культуры определяли весовым методом, при анализе структурных компонентов урожая оценивали 30 растений по следующим признакам: высота растений, число ветвей, кистей и стручков на растении, число семян в стручке, масса семян с растения и масса 1000 семян (Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами, 2010; Методы исследований в растениеводстве, 2014).

Содержание масла, протеина в семенах, жирнокислотный состав проводили в агрохимической лаборатории Пензенского НИИСХ согласно рекомендуемым ГОСТам и методикам (Методические указания по определению биохимических показателей, 1986; Шиков А.Н. и др., 2004; ГОСТ 10857-64, 2010; ГОСТ 31663-2012, 2013).

Посевные качества семян определяли по методикам, описанным В.Г. Таранухо с соавторами (2009). Определение энергии прорастания проводили на четвертые сутки, всхожести – на седьмые сутки. После окончания срока проращивания определяли длину проростков и их массу. Натурная масса семян определяли с использованием лабораторной литровой пурки ПХ-1.

Биоэнергетическую и экономическую оценку проводили через систему соответствующих показателей, в соответствии с методическими указаниями, разработанными Вафиной Э.Ф., Сутыгиным П.Ф. (2016), Киселевой Л.В., Васиным В.Г. (2019) и Михайличенко А.А. с соавторами (1995).

Математическую и статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа в соответствии с методикой полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) с использованием программы MS Excel и Statistika.

2.3 Погодные условия в годы проведения исследований

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесиловый среднегумусный, содержание гумуса составляет в среднем 6,25 % (по Тюрину), рН_{сол} – 5,3. Количество легкогидролизуемого азота в почве – 62,7 мг/кг почвы (ГОСТ Р 58596-2019), доступного фосфора – 129,6 мг/кг почвы (по Чирикову) и обменного калия – 160,7 мг/кг почвы (по Чирикову) (таблица 1).

Таблица 1 – Основные агрохимические показатели почвы опытного участка (ОП Пензенский НИИСХ)

Показатели	Минимум-Максимум	Среднее
Содержание гумуса, %	6,11-6,54	6,25
Содержание N, мг/кг почвы	60,8-65,3	62,7
Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	121,9-134,4	129,6
Содержание K ₂ O, мг/кг почвы	158,6-161,9	160,7
рН солевой вытяжки	4,9-5,6	5,3
Плотность почвы, г/см ²	1,0-1,2	1,1

В 2020 году посев горчицы белой провели 5 мая. Начиная со дня посева дожди разной интенсивности выпадали каждый день. Всего за первую декаду мая выпало 14,6 мм осадков, при среднемноголетней норме 13,4 мм. При этом первая декада мая характеризовалась теплой погодой, среднесуточная температура составила 13,9 °С, что на 1,7 °С превышало уровень среднемноголетних показателей. Вторая декада мая была прохладной с периодическими ливневыми дождями. Среднесуточные температуры составили 9,8 °С, при норме 14,0 °С, количество выпавших осадков составило 26,2 мм, что практически в 2 раза выше среднемноголетних данных (приложение 1).

В третьей декаде мая отмечалось снижение температуры до 13,5 °С, при среднемноголетних значениях 15,3 °С. При этом наблюдался небольшой дефицит осадков, количество которых составило 14,1 мм, при норме 16,7 мм. Всего за май выпало 55,3 мм осадков при норме 43,6 мм, а среднесуточные температуры на 1,4 °С были ниже климатической нормы (рисунок 2, 3).

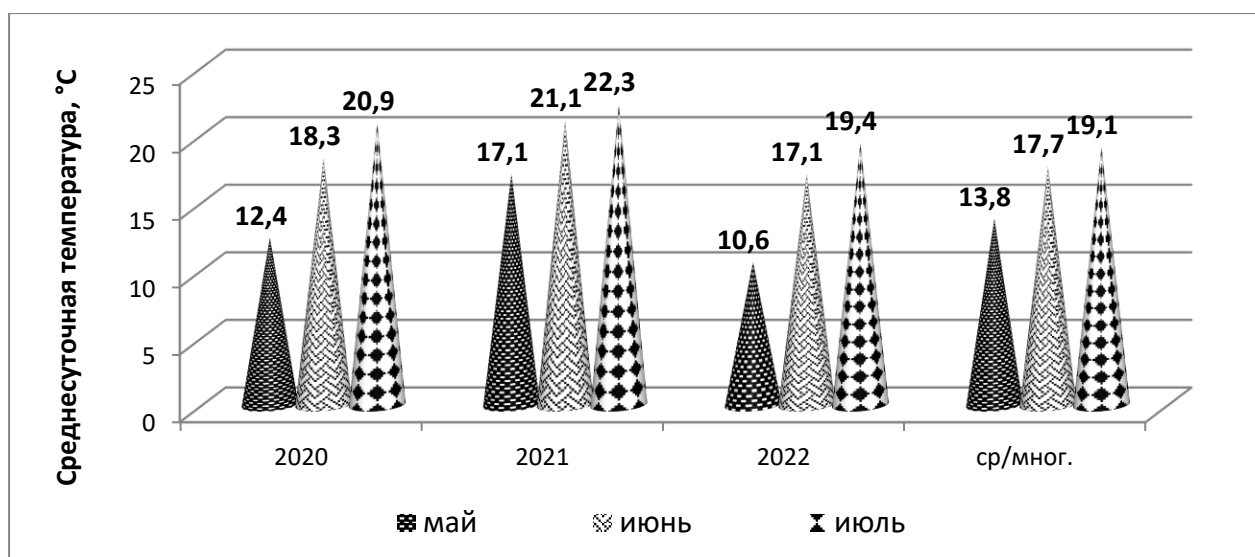


Рисунок 2 – Среднесуточные температуры в период вегетации горчицы (2020-2022 гг., по данным Лунинского АМП)

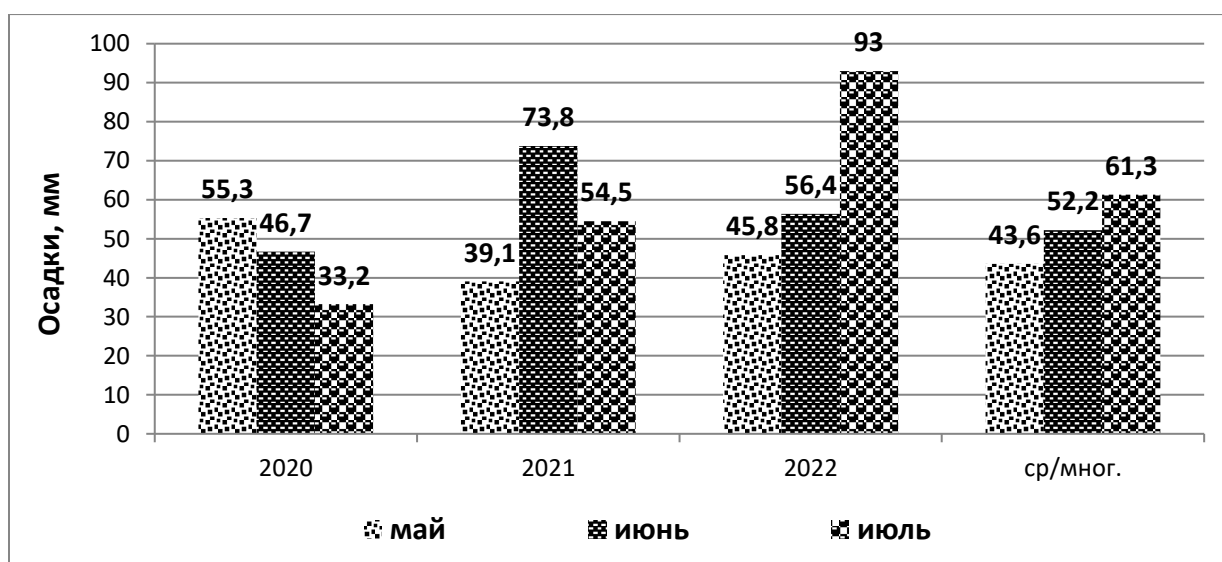


Рисунок 3 – Сумма выпавших осадков в период вегетации горчицы (2020-2022 гг., по данным Лунинского АМП)

В июне среднесуточная температура составила 18,3 °С, сумма осадков – 46,7 мм. Наибольший дефицит осадков отмечался в третьей декаде июня, где всего выпало 1,0 мм, при норме 20,0 мм. Здесь было отмечено 8 дней с относительной влажностью воздуха 24-27 %.

В июле отмечалось нарастание температуры. Первая декада июля характеризовалась повышенным температурным режимом 23,7 °С, с выпадением осадков в сумме 19,6 мм. Во второй декаде среднесуточная температура чуть понизилась – до 20,8 °С. При этом максимальная температура воздуха повышалась до 35 °С. Осадков выпало 11,5 мм при норме 19,6 мм. Наибольший дефицит осадков отмечен в третьей декаде июля, где их выпало всего 2,1 мм. Всего за июль выпало 33,2 мм осадков, что составляет почти половину от среднемноголетней нормы (61,3 мм). Абсолютный максимум температуры воздуха составил 35 °С. Минимальная температура воздуха понижалась до 7,0 °С. Относительная минимальная влажность воздуха варьировала от 24 до 64 %. Полная спелость горчицы отмечалась 2 августа. В целом, вегетационный период горчицы в 2020 году характеризовался как засушливый (ГТК = 0,72).

В 2021 году, начиная со второй половины апреля и до 5 мая, дожди разной интенсивности выпадали каждый день. В связи с этим, из-за обильных осадков, посев горчицы в 2021 году провели 9 мая. Далее весь май характеризовался как засушливый, гидротермический коэффициент составлял 0,55. За вторую и третью декаду мая выпало соответственно 3,4 и 2,4 мм осадков при среднемноголетней норме 13,5 и 16,7 мм. Всего за май выпало 39,1 мм осадков при норме 43,6 мм. Температурные показатели были выше нормы на 5,4 и 2,4 °С и составили 19,4 и 17,7 °С. Среднесуточные температуры составляли 17,1 °С, что на 3,3 °С выше нормы.

В июне отмечено резкое нарастание температур по декадам до 16,8-25,4 °С при норме 16,1-18,9 °С. Максимальная температура воздуха повышалась до 31°С, минимальная температура понижалась – до 7 °С. За месяц отмечено 10 дней с относительной влажностью 27-32 %.

В июле первая декада характеризовалась повышенным температурным режимом 21,4 °С, с выпадением 19,0 мм осадков, что было на уровне среднемноголетних данных (20,1 мм). Наиболее жесткой по погодным условиям была вторая декада июля. Всего здесь выпало 6,4 мм осадков (при норме 19,6 мм), значения среднесуточных температур достигали 24,5 °С. Всего за июль выпало 54,5 мм осадков, что на 6,8 мм ниже нормы (61,3 мм). Абсолютный максимум температуры воздуха составил 31 °С и отмечен в начале месяца. Минимальная температура воздуха понижалась до 15,7 °С. Относительная минимальная влажность воздуха варьировала от 32 до 69 %.

В целом вегетационный период горчицы в 2021 году характеризовался как умеренно-засушливый, гидротермический коэффициент составил 0,84. Созревание горчицы отмечено 25 июля.

В 2022 году в связи с быстрым нарастанием температурного режима в третьей декаде апреля (максимальные температуры достигали 24,0 °С) посев горчицы провели в самый ранний срок – 1 мая. При этом весь май характеризовался достаточно холодной погодой ($t=10,6$ °С) при норме 13,8 °С. Количество выпавших осадков было на уровне среднемноголетних данных 43,6 мм и составило 45,8 мм. Июнь характеризовался среднесуточной температурой 17,0 °С, с осадками в сумме 56,4 мм. Наибольший дефицит осадков отмечался в первой декаде июня, где выпало 9,2 мм, при норме 14,6 мм. Здесь было отмечено 10 дней с относительной влажностью воздуха от 25 до 31 %. В июле особого повышения температурного уровня не отмечалось. По декадам температура составляла 18,4-20,0 °С. Всего за июль выпало 93,0 мм осадков, что составляет почти половину от среднемноголетней нормы (61,3 мм). Абсолютный максимум температуры воздуха составил 28,0 °С, минимальная температура воздуха понижалась до 6,0 °С. В целом июль характеризовался как обильно увлажненный, ГТК составил 1,55. Полная спелость горчицы отмечалась 2 августа.

Всходы горчицы во все годы исследований всегда были дружными и появлялись через 7-9 дней после посева. При этом, в 2020 году при избыточно

увлажнённых условиях (ГТК – 1,73) и в 2022 году при умеренно-увлажнённых условиях (ГТК – 1,12) всходы горчицы появились через 9 дней. Здесь отмечалась достаточно прохладная погода ($t = 14,5$ и $10,6$ °С), что, по-видимому, и повлияло на скорость появления всходов. В 2021 году, при экстремально-засушливых условиях (ГТК – 0,11 и $t = 18,0$ °С), всходы появились через 7 дней, чему способствовали выпавшие ранее дожди (приложение 2).

В среднем за три года продолжительность периода «всходы-цветение» составила 31-33 дня. В 2020 году данный период характеризовался как избыточно-увлажнённый, с ГТК 1,24 единицы. Всего здесь выпало 49,4 мм осадков при невысоких температурах – $14,4$ °С. Продолжительность периода от всходов до цветения составила 32 дня. В 2021 году длительность фенофазы «всходы-цветение» составила 31 день. При этом следует отметить, что условия были сильно-засушливые (ГТК – 0,35), температура была достаточно высокой – $18,4$ °С и осадков выпало всего 19,9 мм. В 2022 году длинна фаза «всходы-цветение» составила 33 дня. Развитие растений горчицы происходило при избыточно-увлажнённых условиях (ГТК – 1,21) и при температурах – $13,2$ °С.

Фенологическая фаза от цветения до полного созревания горчицы протекала при ГТК – 1,48 и составила 51 день. За данный период выпало всего 140,2 мм осадков, которые пришлись в основном на конец июля.

Период «цветение-спелость» горчицы в 2020 и 2021 годах протекал соответственно в засушливых и умеренно-увлажнённых условиях, гидротермический коэффициент составил 0,51 и 1,14 соответственно. Продолжительность его в 2020 году составила 49 дней, а в 2021 году - 40 дней. На длину последнего в основном повлиял температурный режим, где среднесуточные температуры достигали $23,1$ °С, а максимальные – до $35,0$ °С.

В целом, вегетационный период горчицы варьировал от 71 до 84 дней. В 2022 году отмечен наиболее длинный период вегетации культуры, который составил 84 дня, и протекал в избыточно-увлажнённых условиях, ГТК составил 1,40. Всего здесь выпало 187,9 мм осадков, при сумме эффективных температур $1342,0$ °С и низких среднесуточных температурах – $16,5$ °С. Длина

вегетационного периода в 2021 году была наиболее короткой и составила 71 день. При этом условия вегетации характеризовались как умеренно-засушливые (ГТК – 0,84), при этом средние температуры составляли 21,0°C. Продолжительность периода «всходы-созревание» в 2020 году составила 81 день, и характеризовался как засушливый (ГТК – 0,72). Сумма выпавших осадков составила 99,3 мм при средней температуре 17,0°C.

3 ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ ВЫСЕВА

3.1 Особенности роста и развития горчицы белой

Густота стояния растений. Густота стояния растений, характеризующаяся всхожестью и сохранностью, является одним из слагающих элементов продуктивности любой культуры (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2018).

В среднем за три года, полевая всхожесть горчицы белой в наших исследованиях была достаточно высокая и варьировала в пределах 79,3-91,9 %, в зависимости от нормы высева (рисунок 4).

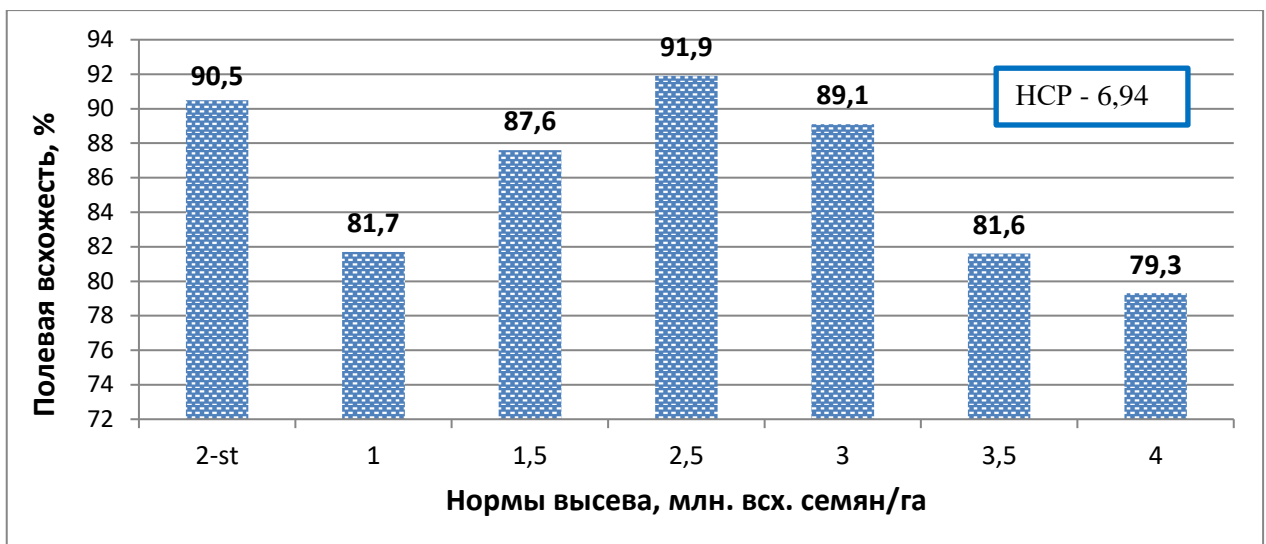


Рисунок 4 – Полевая всхожесть горчицы белой, в зависимости от норм высева (2020-2022 гг.)

Наибольшие значения всхожести отмечены в варианте с нормой высева 2,5 миллиона и составила 91,9 %. При этом, всхожесть горчицы при стандартной норме высева отличалась не существенно всего на 1,4 %. При увеличении нормы высева до 4,0 миллионов всхожих семян, полевая всхожесть горчицы снижалась до 79,3 %. Данная тенденция наблюдалась во все годы исследования.

Наивысшее значение полевой всхожести горчицы 85,7-94,5 %, в зависимости от нормы высева, отмечено в 2022 году, где были наиболее оптимальные условия для прорастания семян. Наибольший процент всхожести отмечен в контрольном варианте с нормой высева 2,0 миллиона.

Самый низкий процент (72,3-92,5 %) всходов у горчицы был отмечен в условиях 2021 года (ГТК 0,11). Наименьшая густота стояния растений отмечена при нормах высева 3,5 и 4,0 миллиона, которая составила 78,6 и 72,3 %, соответственно (приложение 3).

В 2020 году полевая всхожесть горчицы в среднем по опыту составила 74,0-90,8 %. Наибольшая густота стояния растений отмечена в варианте с нормой 2,5 миллиона всхожих семян на гектар и составила 90,8 %. Наименьшая всхожесть горчицы отмечена при нормах 1,0 и 4,0 миллиона всхожих семян, которая составила 74,0 и 76,5 %.

После появления всходов начинается конкуренция между растениями, в результате которой изменяется выживаемость растений к уборке.

В среднем за 2020-2022 годы, в зависимости от нормы высева сохранность растений к уборке варьировала от 85,3 % до 91,1 % (рисунок 5).

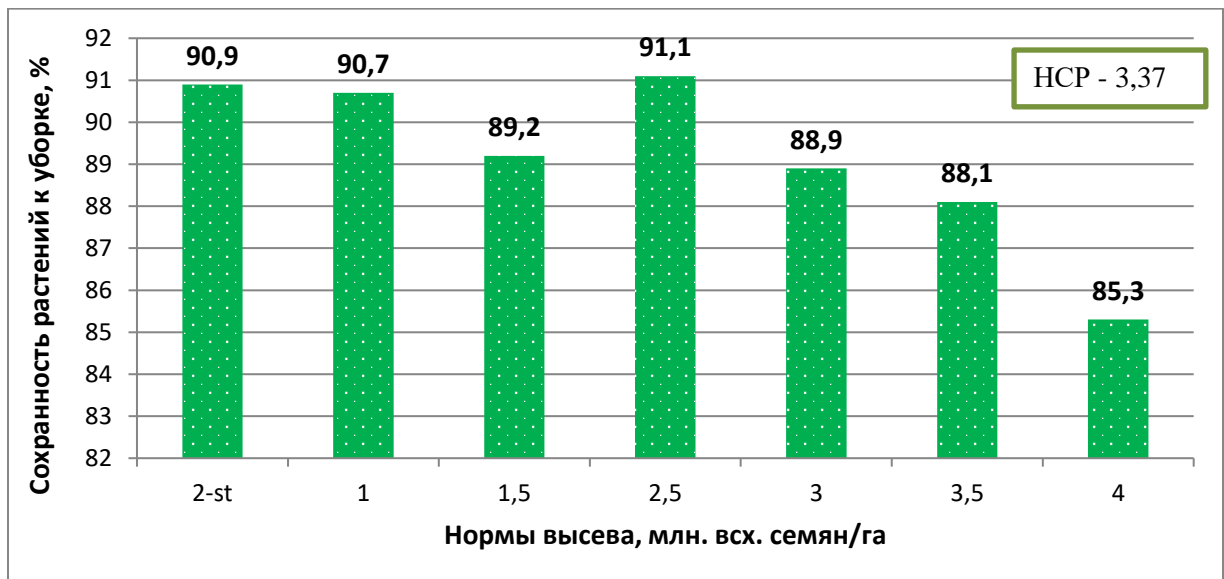


Рисунок 5 – Сохранность растений горчицы белой к уборке (2020-2022 гг.)

При увеличении нормы до 4,0 миллионов, количество растений на момент уборки, уменьшается до 85,3 %. Максимальный показатель сохранности растений горчицы к уборке наблюдался в варианте с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян и составил 91,1 %, что на 0,2 % выше, по сравнению с контрольным вариантом и на 0,4-5,8 % – относительно других норм высева.

В 2020 году максимальный показатель сохранности растений горчицы к уборке отмечен в варианте с нормой 1,0 млн. всх. семян/га – 93,2 %, и существенно превышал контрольный вариант. При норме высева 2,5 миллиона сохранность растений была не существенно ниже (на 1,1 %) и составила 92,1 % (приложение 4).

В 2021 году показатель сохранности горчицы к уборке колебался от 85,0 % (3,0 млн. всх. сем./га) до 90,4 % (1,5 млн. всх. сем./га). При этом, выживаемость растений в варианте с нормой высева 2,5 миллиона была ниже на 3,5 %.

В 2022 году наибольшая выживаемость горчицы отмечена в вариантах с нормами высева 3,0 и 2,0 миллиона и составила 95,9 и 95,8 %. Однако, в варианте с нормой высева 2,5 миллиона, сохранность растений была ниже всего на 1,5 и 1,4 %. Наименьший процент сохранившихся растений к уборке (86,2 %) получен в варианте с нормой высева 4,0 миллион всхожих семян на гектар.

Однако, в среднем за годы исследований, установлено, что наиболее эффективной была норма высева 2,5 миллиона всхожих семян, это выразилось в высоких показателях полевой всхожести (91,9 %) и сохранности растений к уборке (91,1 %).

Засоренность посевов горчицы белой. Одной из главных проблем сохранения урожая сельскохозяйственных культур, является борьба с сорняками, так как потенциальные потери урожая от вредоносности сорных растений очень высоки (Кузина Е.В., 2022).

Эффективная борьба с сорняками возможна при правильном использовании агротехнических приемов и химических мероприятий. Одним из

таких агротехнических приемов, способствующих снижению численности сорных растений, является норма высева (Ростова Е.Н., Изотов А.М., 2021).

Горчица белая по своим морфобиологическим особенностям достаточно сильно приспособлена к биологическому подавлению сорной растительности, так как имеет мощную надземную массу. Однако, в начальные фазы она развивается достаточно медленно, поэтому есть опасность засорения ее сорной растительностью в фазу розетки.

В среднем, за 2020-2022 годы в наших опытах в основном преобладали следующие разновидности сорняков: подмаренник цепкий, марь белая, щирица запрокинутая, вьюнок полевой, осот полевой, молочай лозный и однолетние злаковые сорняки (приложение 5).

Определение структуры сорного компонента показало, что в среднем за годы исследований в целом по опыту на долю злаковых малолетних видов приходилось 30,1 %, в основном это были растения щетинника сизого и куриного проса.

Наиболее распространенными были многолетние двудольные сорняки (43,0 %), малолетние двудольные – составляли 26,9 % от общего количества сорных растений, среди которых лидирующую позицию занимали марь белая и щирица запрокинутая, количество которых варьирует в пределах 5-9 и 4-6 шт./м². В среднем за три года, наибольшей засоренностью отличался вариант с нормой высева 1,0 миллиона всхожих семян, число сорняков составило в сумме 37 шт./м² (таблица 2, приложение 6).

При увеличении нормы высева горчицы число снижалось с 37 до 21 шт./м² в варианте с нормой высева 4,0 миллиона, где была отмечена наименьшая засоренность.

При оценке биологической эффективности норм высева определяющую роль играет масса сорных растений. В среднем по опыту наибольшая масса отмечена у многолетних двудольных сорняков, которая варьировала от 12,3 до 23,2 г/м², наименьший вес приходился на злаковые сорняки – 5,2-9,9 г/м², масса однолетних сорняков составила 9,8-15,3 г/м². С повышением нормы высева

конкурентная способность горчицы белой повышалась, масса сорняков снижается от 43,9 до 29,9 г/м² (таблица 3, приложение 6).

Таблица 2 – Количество сорняков в посевах горчицы, (2020-2022 гг.)

Нормы высева, млн. всх. сем. /га	Число сорняков, шт./м ²			Всего, шт./м ²
	однолетние двудольные	многолетние двудольные	злаковые	
2,0 - st	7	12	9	28
1,0	10	17	10	37
1,5	9	17	10	36
2,5	6	8	9	23
3,0	5	10	7	22
3,5	7	8	7	22
4,0	7	9	5	21
НСР ₀₅	-	-	-	3,82

Значительное подавление сорняков происходило при высеве нормой 2,5 миллион всхожих семян, масса сорных растений составила 33,2 г/м² и была достоверно ниже (на 4,4-10,7 г/м² при НСР₀₅ = 2,11 г/м²), чем при высеве более высокими нормами.

Нормы высева, свыше 2,5 миллионов, значимого угнетения сорняков не обеспечило. Например, масса сорных растений, при нормах от 3,0 до 4,0 миллионов была меньше всего на 0,6-1,9 г.

Таблица 3 – Масса сорняков в посевах горчицы, в зависимости от норм высева (2020-2022 гг.)

Нормы высева, млн. всх. сем./га	Масса сухих сорняков, г/м ²			Всего, г/м ²
	однолетние двудольные	многолетние двудольные	злаковые	
2,0 - st	15,3	14,2	8,1	37,6
1,0	10,8	23,2	9,9	43,9
1,5	11,8	19,6	9,4	40,8
2,5	14,5	12,3	6,4	33,2
3,0	9,8	16,2	6,6	32,6
3,5	10,1	15,7	5,7	31,5
4,0	9,9	14,8	5,2	29,9
НСР ₀₅	-	-	-	1,33

Таким образом, можно сказать, что норма высева горчицы, посредством регулирования густоты стояния растений, является одним из важных приемов контроля засоренности, что крайне важно в современном земледелии.

Согласно полученным данным, статистически значимое подавление развития сорняков отмечено при норме высева 2,5 миллиона. Последующее увеличение нормы высева достоверного угнетения сорняков не обеспечило.

Продуктивность фотосинтеза горчицы белой. В своей книге В.П. Беденко и В.В. Коломейченко писали: «Фотосинтез является основным физиологическим процессом, определяющим уровень урожайности сельскохозяйственных культур, так как за счет него образуется 90-95 % сухого вещества растений» (Беденко В.П., Коломейченко В.В., 2008; Прахова Т.Я. и др., 2020).

Формирование оптимальной площади ассимиляционной поверхности растений является одним из основных условий повышения урожайности культур (Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2019; Лекарев А.В. и др., 2020). С другой стороны, только при оптимальном количестве растений определяется и оптимальный фотосинтезирующий ассимиляционный аппарат (Беденко В.П., Коломейченко В.В., 2008; Дружинин В.Г., Прахова Т.Я., 2022), а по мнению А.А. Ничипоровича (1973), «создать посев с оптимальной густотой стояния – это значит заставить работать на урожай те факторы, которые его определяют».

Динамика формирования площади листьев в посевах горчицы белой подчиняется определенной закономерности, как и у большинства сельскохозяйственных культур (Дружинин В.Г., Прахова Т.Я., 2022). В фазу розетки площадь листьев в посевах горчицы, в зависимости от норм высева, составляла 7,4-19,2 тыс. м²/га и увеличивалась до фазы цветения, где ассимиляционная поверхность культуры достигала максимальной величины 28,6-42,8 тыс. м²/га (таблица 4).

Далее, в связи с пожелтением и частичным отмиранием листьев, площадь листовой поверхности горчицы постепенно снижалась и в фазу спелости ее значения составляли 9,8-16,3 тыс. м²/га, в зависимости от норм высева.

Таблица 4 – Площадь листовой поверхности горчицы белой в зависимости от нормы высева, тыс. м²/га (2020-2022 гг.)

Норма высева, млн. всх. семян/га	Фаза развития			
	розетка	бутонизация	цветение	созревание
2,0 - st	17,4	29,2	39,9	13,8
1,0	9,1	24,7	31,6	10,4
1,5	11,9	26,8	34,3	11,5
2,5	19,2	34,2	42,8	16,3
3,0	12,3	28,1	39,9	12,5
3,5	9,8	24,7	33,8	10,4
4,0	7,4	23,5	28,6	9,8
НСР ₀₅	1,87	2,50	1,44	1,86

Данная закономерность изменения площади листовой поверхности горчицы по фазам развития отмечена во все годы изучения. Повышение нормы высева от 1,0 до 2,5 миллионов приводит к увеличению листовой поверхности с 9,1-31,6 тыс. м²/га до 19,2-42,8 тыс. м²/га, в зависимости от фаз развития культуры. Дальнейшее повышение нормы высева до 4,0 миллионов данный показатель снова снижается до 7,4-28,6 тыс. м²/га.

В среднем за три года наибольшая площадь листьев отмечена в варианте с нормой высева 2,5 млн. всхожих семян /гектар и составила 42,8 тыс. м²/га в фазу цветения. Наименьшую листовую поверхность культура сформировала в варианте с нормой высева 4,0 млн. всхожих семян/га (7,4-28,6 тыс. м²/га).

В условиях наиболее засушливого 2020 года максимальная площадь листьев горчицы (в фазу цветения) варьировала в пределах 28,9-41,9 тыс. м²/га, наибольшая площадь отмечена при норме высева 2,5 миллиона всхожих семян на 1 га и наименьшая – при норме 4,0 миллиона всхожих семян (приложение 7).

В условиях сильно увлажненного 2022 года (ГТК 1,40) ассимиляционная поверхность горчицы составила 27,8-42,4 тыс. м²/га. Максимум отмечен также при норме высева 2,5 миллиона всхожих семян на 1 га (42,4 тыс. м²/га) и минимум – при норме 4,0 миллиона (27,8 тыс. м²/га).

Наиболее благоприятные условия для формирования листовой поверхности складывались в 2021 году, где посеы горчицы сформировали наибольшую листовую поверхность, по сравнению с предыдущими годами,

показатель которой составил в фазу розетки 7,6-19,6 тыс. м²/га; в фазу бутонизации – 25,0-35,1 тыс. м²/га; в фазу цветения – 29,1-44,1 тыс. м²/га и в фазу созревания – 10,1-16,1 тыс. м²/га.

Фотосинтетическая деятельность растений, в том числе и горчицы, характеризуется не только площадью листовой поверхности, но и приростом и нарастанием биомассы растений, фотосинтетическим потенциалом и чистой продуктивностью фотосинтеза. Фотосинтетический потенциал (ФП) и чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) горчицы определяли в целом за вегетационный период. Оценку сухой биомассы горчицы проводили в начале ее развития (фаза розетки) и в период плодообразования, когда были отмечены максимальные показатели прироста биомассы (приложение 8).

В среднем за три года, величина фотосинтетического потенциала (ФП) горчицы колебалась от 346,9 до 391,9 тыс. м² × сутки /га в зависимости от нормы высева (таблица 5).

Таблица 5 – Фотосинтетическая деятельность горчицы белой в зависимости от норм высева, (2020-2022 гг.)

Нормы высева, млн. всх. семян/га	Сухая биомасса горчицы, г/ м ²	ФП (фотосинтетический потенциал), тыс. м ² × сутки /га	ЧПФ (чистая продуктивность фотосинтеза), г/м ² ×сутки
2,0 - st	1123,6	387,4	2,90
1,0	864,4	347,2	2,49
1,5	898,4	349,6	2,57
2,5	1179,8	391,9	3,01
3,0	1097,0	386,3	2,84
3,5	1026,1	371,8	2,76
4,0	905,4	346,9	2,61
НСР ₀₅	48,36	12,31	0,08

Наибольший показатель ФП был сформирован в варианте с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на 1 гектар и составил 391,9 тыс. м²× сутки /гектар. В вариантах при нормах высева 2,0 и 3,0 миллиона всхожих семян данный показатель снижался не существенно и составил 387,4 и 386,3 тыс. м²×

сутки /га, соответственно. Различия составили всего 4,5 и 5,6 тыс. $\text{м}^2 \times$ сутки /га, при наименьшей существенной разности 12,31 тыс. $\text{м}^2 \times$ сутки /га. Минимальный ФП – 346,9 и 347,2 тыс. $\text{м}^2 \times$ сутки /га был при нормах высева 4,0 и 1,5 миллиона всхожих семян на гектар.

Наибольшая величина фотосинтетического потенциала отмечена в 2021 году и варьировала в пределах от 345,9 тыс. $\text{м}^2 \times$ сутки /га в варианте с нормой высева 4,0 миллиона до 398,0 тыс. $\text{м}^2 \times$ сутки /га в варианте с нормой 2,5 миллиона всхожих семян. Низкий фотосинтетический потенциал был в 2020 году и варьировал в пределах 337,8-389,9 тыс. $\text{м}^2 \times$ сутки /га (приложение 9).

Показатель (ЧПФ) чистой продуктивности фотосинтеза в зависимости от изучаемых норм высева горчицы составил 2,49-3,01 $\text{г}/\text{м}^2 \times$ сутки. Наилучший показатель ЧПФ, в среднем за три года, был отмечен в варианте с нормой высева 2,5 миллиона и составил 3,01 $\text{г}/\text{м}^2 \times$ сутки.

Данная тенденция сохраняется во все годы исследований. Самая высокая чистая продуктивность фотосинтеза отмечалась в 2021 году при норме высева 2,5 миллиона и составила 3,08 $\text{г}/\text{м}^2 \times$ сутки (приложение 9).

3.2 Семенная продуктивность и структура урожая горчицы

Урожайность культуры – это, в первую очередь, реакция культуры на применение агротехнических приемов возделывания. Норма высева является одним из важнейших элементов агротехники, которая существенно влияет на урожайность любой культуры, в том числе и горчицы белой.

За годы исследований (2020-2022 гг.) урожайность горчицы составила в среднем 1,41-1,69 т/га, в зависимости от норм высева (таблица б).

С увеличением густоты стояния растений горчицы, урожайность ее повышается до определенного предела, а затем, при дальнейшем увеличении нормы высева, урожайность заметно снижается. Максимальная урожайность семян горчицы отмечена в варианте с нормой 2,5 миллиона всхожих семян на гектар и составила в среднем 1,69 т/га. Однако, при нормах высева 2,0 и 3,0

миллиона всхожих семян урожай горчицы снижается не существенно, всего на 0,04 и 0,09 при наименьшей существенной разности 0,12 т/га.

Таблица 6 – Урожайность горчицы белой, в зависимости от нормы высева

Нормы высева, млн. всх. сем. /га	Урожайность, т/га			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
2,0 - st	1,60	1,62	1,73	1,65
1,0	1,41	1,50	1,53	1,48
1,5	1,51	1,59	1,55	1,55
2,5	1,67	1,72	1,68	1,69
3,0	1,55	1,64	1,61	1,60
3,5	1,43	1,51	1,59	1,51
4,0	1,27	1,46	1,50	1,41
НСР ₀₅	0,09	0,07	0,11	0,12

При отклонении нормы высева в ту или другую сторону, урожайность семян снижается, и минимум отмечен в вариантах с нормой высева 4,0 миллиона (1,41 т/га) и 1,0 миллион (1,48 т/га) всхожих семян. Следует отметить, что данная тенденция отмечалась во все годы исследований.

В 2020 году, при ГТК 0,72 единицы, сформировалась наиболее низкая урожайность семян горчицы, которая варьировала от 1,27 до 1,67 т/га, с максимальным показателем при норме высева 2,5 миллиона и минимальным – при норме высева 4,0 миллиона (приложение 10).

Однако, в 2021 и 2022 годах при различной степени увлажнения ГТК 0,84 и 1,40 соответственно, продуктивность горчицы была на одном уровне и составила в среднем по опыту 1,58 и 1,60 т/га, с вариабельностью 1,46-1,72 и 1,50-1,68 т/га. Следует отметить, что наибольшее влияние на формирование семян оказывают погодные условия в фазу «цветение-созревание». Данная фаза в оба года отличалась увлажненными условиями, гидротермический коэффициент составил 1,14 и 1,48. Это подтверждает биологическую характеристику горчицы, которая обуславливает ее высокую потребность влаги во время цветения и созревания.

Дисперсионный анализ данных по урожайности горчицы показал, что в опыте есть существенные различия ($F_{\text{факт}} > F_{05}$) (приложение 10). Среди изученных вариантов, наивысшая урожайность в среднем за годы исследования, получена с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян – 1,69 т/га; наименьшая – в вариантах с нормами высева 4,0 и 1,0 миллион всхожих семян – 1,41 и 1,48 т/га, соответственно. Разница была достоверной и составила 0,28 и 0,21 т/га, при НСР - 0,12 т/га.

Результаты наших исследований показали, что количество ветвей и стручков на растении горчицы сильно варьировало по годам, коэффициент вариации составил 20,4-27,3 и 20,5-31,4 % соответственно (приложение 11). Наибольшая ветвистость растений отмечена в варианте с нормой высева 1,0 миллион всхожих семян, число ветвей на растении составило 4,2-7,4 штук.

Соответственно в данном варианте было и большее число стручков на растении, которое в среднем составило 69,1 штук с варьированием от 60,4 (2022 год) до 80,4 штук (2020 год). Это объясняется тем, что в связи с низкой нормой высева на единице площади было меньшее число растений. С другой стороны, меньшее количество растений позволило получить меньше семян, что привело к снижению урожая в целом. Минимальное количество стручков у горчицы отмечалось на растениях с нормой высева 4,0 миллиона, которое составило по годам 34,9-37,9 штук.

Наибольшее количество стручков (37,9-80,4 штук) растения горчицы сформировали в 2020 году, самое низкое число стручков на растении отмечено в 2022 году, и находилось в пределах 34,9-60,4 штук.

Амплитуда варьирования массы семян с одного растения, в среднем составила 21,9-34,9 %. В 2022 году масса семян с одного растения была наибольшей и составила 2,02-3,73 г, что на 0,56-0,71 г и 0,04-0,58 г было больше, чем в 2020 и в 2021 году, соответственно. При этом следует отметить, что наибольшая продуктивность одного растения отмечена в варианте с нормой высева 2,5 миллиона (2,98-3,73 г). Наименьшая масса семян с растения отмечена в варианте с нормой высева 4,0 миллиона, которая по годам составила

1,44-2,02 г. Число семян в одном стручке, составило 4-6 штук, изменчивость данного показателя по годам составила 5,3-13,9 %.

В 2020 году масса 1000 семян составила 6,05-6,50 г, причем наиболее крупные семена сформировались в варианте с нормой 1,5 миллиона, мелкие – при норме 4,0 миллиона. В условиях 2021 и 2022 годов масса 1000 семян была практически одинаковой и составила 5,83-6,10 г и 5,82-6,08 г, соответственно. Наиболее крупные семена были при норме 2,5 миллиона.

В среднем за три года более крупные семена горчицы получены в варианте с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян, масса 1000 семян которых достигала 6,19 г. Самые низкие показатели крупности семян отмечены в вариантах с нормой высева 4,0 миллиона – 5,92 г (таблица 7).

Таблица 7 – Высота и структура урожая горчицы белой (2020-2022 гг.)

Нормы высева, млн. всх. сем./га	Высота растений, см	Количество ветвей на растении, шт.	Число стручков на 1 растении, шт.	Кол-во семян в 1 стручке, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
2,0 - st	92,5	3,9	46,6	5,4	2,84	6,09
1,0	91,7	5,6	69,1	5,9	2,38	6,00
1,5	92,8	5,5	47,2	5,7	2,68	6,15
2,5	91,4	5,0	48,8	5,7	3,47	6,19
3,0	89,5	3,9	38,5	5,1	2,24	5,97
3,5	90,8	3,2	37,0	5,0	1,79	5,97
4,0	88,8	3,2	35,9	4,9	1,64	5,92
V, %	1,9	22,1	24,7	7,8	25,8	1,8
HCP ₀₅	F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅	8,7	F _ф < F ₀₅	0,75	F _ф <F ₀₅

Проведенный дисперсионный анализ данных структуры урожая горчицы показал, что по данным параметрам существенные различия ($F_{\text{факт}} < F_{05}$) не отмечены, за исключением показателей «число стручков на растении» и «масса семян с растения» ($F_{\text{факт}} > F_{05}$) (приложение 11).

Таким образом, при формировании урожайности горчицы вступают в действие компенсаторные связи, например, при увеличении густоты растений, показатель их продуктивности снижается, и выигрывают варианты с оптимальным сочетанием густоты растений и структурных элементов

урожайности. В наших исследованиях максимальная урожайность семян горчицы была получена при норме высева 2,5 миллиона всхожих семян на 1 гектар (1,69 т/га).

3.3 Качественные показатели семян горчицы белой

При возделывании сельскохозяйственных, в том числе и масличных культур, наряду с урожайностью, огромное значение имеет качество получаемой продукции, и для масличных культур, одним из основных таких показателей содержание жирного масла в семенах. В среднем, за три года изучения масличность горчицы была достаточно высокой и варьировала от 26,22 до 30,06 % (рисунок 6).



Рисунок 6 – Содержание масла в семенах горчицы белой (2020-2022 гг.)

Наибольший показатель содержания масла отмечен в варианте с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на гектар и составил 30,06 %. При этом, содержание масла в семенах в варианте с нормой высева 2,0 миллиона отличалось не существенно, всего на 0,47 % при наименьшей существенной разности 2,34 %.

Наименьшей масличностью характеризовался вариант с максимальной нормой высева – 4,0 миллиона (26,22 %). Разница относительно контрольного варианта и варианта с нормой высева 2,5 миллиона была достоверной и составила 3,37 и 3,84 %, при НСР – 2,34 %.

Отмечена тенденция увеличения масличности семян с повышением густоты стояния растений до определенного предела. Так, в варианте с нормой высева 1,0 миллион содержание жира в семенах горчицы составило 27,13 %. При увеличении нормы высева до 2,5 миллионов, масличность повышается до 30,06 %. При дальнейшем загущении посевов (увеличении нормы высева до 4,0 миллионов) содержание жира снижается на 2,88-3,84 %.

Наименьшая масличность горчицы отмечена в 2021 году и составила в среднем по вариантам 23,53-28,27 %, при этом наивысшего значения данный показатель достигал с нормой 2,0 миллиона – 28,27 %, при норме в 2,5 миллиона содержание масла несущественно снижалась – на 1,18 % (приложение 12).

В 2020 году содержание жира варьировало от 26,48 % при норме высева 3,5 миллионов до 30,78 % (при 2,5 миллионах). В условиях 2022 года отмечено наиболее высокое накопление масла до 28,35-32,32 %. Это обусловлено влиянием избыточного увлажнения в период вегетации (ГТК 1,40), в том числе и в межфазный период «цветение-спелость» (ГТК 1,48).

Полученная урожайность и масличность семян горчицы белой позволяет получить валовый сбор масла в среднем за годы изучения от 0,33 до 0,45 т/га (рисунок 7).

Наибольшего значения данный показатель достигал в вариантах с посевом 2,0 и 2,5 миллиона всхожих семян – 0,43 и 0,45 т/га соответственно, что превышало другие варианты на 0,06-0,12 %, где выход масла находился на уровне 0,33-0,39 т/га.

Масло горчицы состоит из полиненасыщенных, мононенасыщенных и насыщенных жирных кислот, большая доля из которых приходится на мононенасыщенные, в том числе на олеиновую и эруковую кислоты.

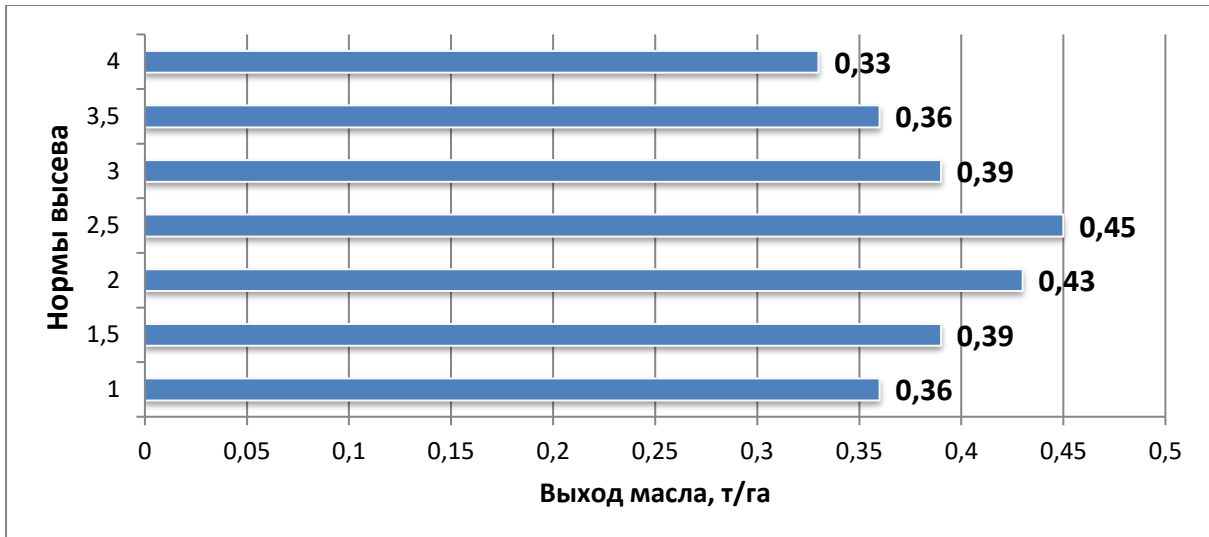


Рисунок 7 – Выход масла горчицы белой, в зависимости нормы высева, (2020-2022 гг.)

Содержание олеиновой кислоты варьирует в пределах 26,74-29,43 %, в зависимости от нормы высева. При этом наибольшее содержание олеиновой кислоты (29,43 %) отмечено в маслосеменах при норме высева 2,0 миллиона всхожих семян (таблица 8).

Данный сорт горчицы Люция отличается достаточно высоким содержанием эруковой кислоты. Максимальная концентрация данной кислоты отмечена в вариантах с нормами высева 1,5 миллиона (31,97 %) и 3,5 миллиона (31,81 %). Наименьшее содержание эруковой кислоты отмечено при посеве горчицы с нормами 2,0 и 2,5 миллиона всхожих семян на гектар и составляет 29,81 и 29,63 %. Содержание линоленовой кислоты было максимальным на варианте с нормой 2,5 миллиона (13,02 %), при процентном содержании ее 12,27-12,80 % в остальных вариантах. Накопление линолевой кислоты было на уровне 10,05-10,78 % и не значительно изменялось в зависимости от варианта.

Наибольшую долю в сумме насыщенных кислоты занимают пальмитиновая и стеариновая кислоты, содержание которых составляет 2,47-2,51 % и 0,99-1,06 % соответственно. Незначительное увеличение процентной концентрации пальмитиновой и стеариновой кислот отмечено в варианте с нормой высева 2,0 миллиона (2,51 и 1,06 %).

Таблица 8 – Жирнокислотный состав маслосемян горчицы белой

Жирная кислота	Нормы высева, млн. всх. семян / га						
	1,0	1,5	2,0 - st	2,5	3,0	3,5	4,0
Содержание жирных кислот, % (2020-2022 гг.)							
Полиненасыщенные							
Линолевая	10,38	10,15	10,05	10,61	10,78	10,29	10,33
Линоленовая	12,27	12,31	12,52	13,02	12,71	12,79	12,80
Эйкозодиеновая	0,31	0,30	0,28	0,30	0,29	0,31	0,31
Докозодиеновая	0,21	0,23	0,19	0,23	0,25	0,24	0,21
Мононенасыщенные							
Пальмитоолеиновая	0,09	0,09	0,09	0,11	0,10	0,10	0,10
Олеиновая	28,60	27,63	29,43	28,07	26,74	27,35	28,45
Эйкозеновая	10,82	10,14	10,53	10,04	10,0	9,98	9,69
Нервоновая	2,07	2,28	2,01	2,25	2,35	2,27	2,16
Маргаринолеиновая	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Эруковая	30,38	31,97	29,81	29,63	31,13	31,81	30,88
Насыщенные							
Миристиновая	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Пентодекановая	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Пальмитиновая	2,50	2,46	2,51	2,50	2,48	2,48	2,47
Маргариновая	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Стеариновая	1,05	1,01	1,06	0,99	0,99	0,99	1,01
Арахидиновая	0,59	0,58	0,60	0,57	0,58	0,58	0,57
Бегеновая	0,40	0,42	0,39	0,39	0,45	0,42	0,41
Лигноцериновая	0,19	0,20	0,18	0,19	0,21	0,19	0,20

Проведенный анализ позволяет нам заключить, что количественный состав жирных кислот, возможно в некоторой степени регулировать, высевая горчицу с соответствующими нормами высева в зависимости от складывающихся агрометеорологических условий.

Еще один качественный показатель семян, это натура, которая косвенно определяет выравненность и крупность семян. Наибольшая натура 712,9 и 714,3 г/см³ отмечена в вариантах с нормой высева 2,0 и 2,5 миллиона всхожих семян на гектар. Низкий показатель натуры семян был при посеве с нормой 4,0 миллиона – 697,2 г/см³. При этом, данный показатель отличался несущественно в вариантах с нормами 3,5 и 1,0 миллиона. Разница составила 1,2 и 2,4 г/см³, при НСР = 2,9 г/см³ (рисунок 8).

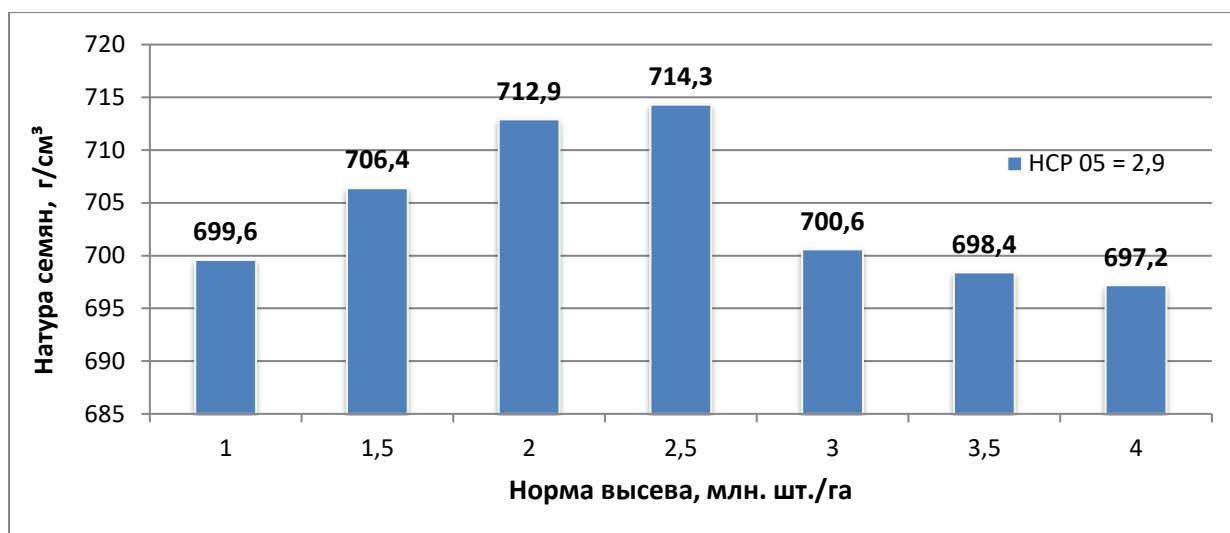


Рисунок 8 – Натура семян горчицы белой, (2020-2022 гг.)

Содержание протеина в семенах горчицы варьировало в диапазоне 34,43-37,08 %. Более высокие его показатели отмечены в вариантах с нормами высева 2,0, 2,5 и 3,5 миллиона всхожих семян (35,94 и 36,26 %). Меньшее количество белка отмечено при норме высева 4,0 миллиона – 33,91 % (таблица 9).

Таблица 9 – Биохимические показатели семян горчицы белой, (2020-2022 гг.)

Норма высева, млн. всхожих семян/га	Содержание, %			
	протеин	зола	клетчатка	БЭВ
2,0 - st	35,94	4,11	11,50	18,86
1,0	37,08	4,12	10,49	21,18
1,5	34,81	4,26	11,88	21,09
2,5	36,26	4,19	9,09	20,40
3,0	34,43	4,09	10,13	24,14
3,5	35,94	4,04	11,81	21,03
4,0	33,91	4,15	10,62	25,10
HCP ₀₅	0,36	0,15	0,42	1,06

Содержание золы в семенах горчицы существенно не изменялось и составило 4,04-4,26 %. Содержание клетчатки составляет от 18,86 (при 2,0 миллионах) до 25,10 % (при 4,0 миллионах).

Таким образом, при посеве горчицы с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на гектар получены наиболее качественные семена, масличность которых составила 27,09-32,32 %, кроме этого, отмечен наибольший выход масла (0,45 т/га).

4 ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ

4.1 Посевные качества семян, формирование стеблестоя горчицы, в зависимости от микроудобрений

Посевные качества семян. Многие ученые отмечали, что урожайность сельскохозяйственных культур непосредственно зависит от темпа первоначального роста семени, который в свою очередь, зависит от изменений, вызванных обработкой микроэлементными веществами.

При обработке семян микроудобрениями и стимуляторами роста, лабораторные исследования показали, что в среднем за три года энергия прорастания горчицы по вариантам опыта составила 69,4-79,7 %, при 73,7 % в контроле (таблица 10).

Таблица 10 – Посевные качества семян горчицы, в зависимости от обработки их микроудобрениями (2020-2022 гг.)

№ п/п	Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Сила роста	
				масса 100 ростков, г	длина ростка, см
1	Контроль	73,7	86,03	3,15	2,98
2	Циркон	76,9	93,67	3,73	3,75
3	АгроВерм	78,3	94,43	4,28	5,36
4	Цитовит	76,3	91,10	3,75	4,99
5	Мегамикс	66,6	85,43	3,83	3,46
6	Гумат К/Na	78,1	87,50	3,61	4,01
7	Гумат +7	78,4	88,70	3,53	4,59
8	Блэкджек	77,8	96,03	4,53	5,41
9	Изагри Форс	79,7	89,83	4,26	3,87
10	Изагри Вита	72,5	93,90	4,22	3,93
11	Изагри Бор	70,8	80,10	3,53	3,10
12	Изагри Азот	69,9	83,83	3,78	4,14
13	Изагри Фосфор	69,4	82,10	3,53	3,88
	НСР ₀₅	6,35	11,08	0,72	0,58

Наиболее высокий показатель энергии прорастания был зафиксирован в варианте при обработке семян препаратом Изагри Форс (79,7 %), где превышение над контролем составило 6,6 %. При этом, в данном варианте энергия прорастания была наибольшей во все годы изучения и составила 77,9-82,1 % и превышала вариант без обработки на 1,3-14,9 % (приложение 13).

Достаточно высокие показатели энергии прорастания отмечены также в вариантах с обработкой удобрением АгроВерм и регуляторами роста Гумат К/Na и Гумат +7, которые составили 78,3; 78,1 и 78,4 %, соответственно.

Наименьшие значения энергии отмечены в вариантах с применением микроудобрений Мегамикс (66,6 %), Изагри Фосфор (69,4 %) и Изагри Азот (69,9 %), снижение относительно контроля составляет 3,8-7,1 %.

Дисперсионный анализ, представленный в приложении 12, показал, что в опыте в целом есть существенные различия по вариантам, так как $F_{\phi} > F_{05}$.

Лабораторная всхожесть, при обработке исследуемыми препаратами, варьировала от 80,10 % до 96,03 %, при наибольших ее значениях (свыше 90 %) в вариантах с обработкой Цирконом, АгроВермом, Цитовитом, Блэкджеком и Изагри Витой, которые составляют 91,10-96,03 %, превышение относительно контроля составляет 5,07-10,0 %.

Также, в оценке качества семян, не менее важное значение отводится показателю – сила роста, который выражается длиной ростков и их массой.

Результаты исследований показали, что семена, обработанные микроэлементными агрохимикатами, обладали более высокими показателями силы роста. Длина ростков достигала 3,10-5,41 см и их масса составляла 3,53-4,28 г, что было выше относительно контрольного варианта на 0,12-2,43 см и 0,38-1,13 г.

Наиболее интенсивная сила роста семян отмечена в вариантах с применением АгроВерма и Блэкджека, показатели, которой, составили 5,36 и 5,41 см. Кроме этого, при обработке данными микроудобрениями установлены наибольшие значения массы 100 ростков – 4,28 и 4,53 г, что на 1,13 и 1,38 г выше по сравнению с контролем.

Морфометрическая оценка проростков проводится с помощью коэффициента симметрии, который характеризует физиологические признаки семян, отражает урожайные свойства культуры и определяется как отношение развития надземных и подземных органов растения. В результате многочисленных исследований по различным культурам установлено, что урожайность семян связана с коэффициентом симметрии, и чем ниже значения данного показателя, тем выше урожайность культуры.

Морфофизиологическая оценка показала, что минимальные показатели коэффициентов симметрии были отмечены в вариантах при обработке семян препаратами АгроВерм (6,93), Блэджек (5,9) и Изагри Вита (6,25) (рисунок 9).

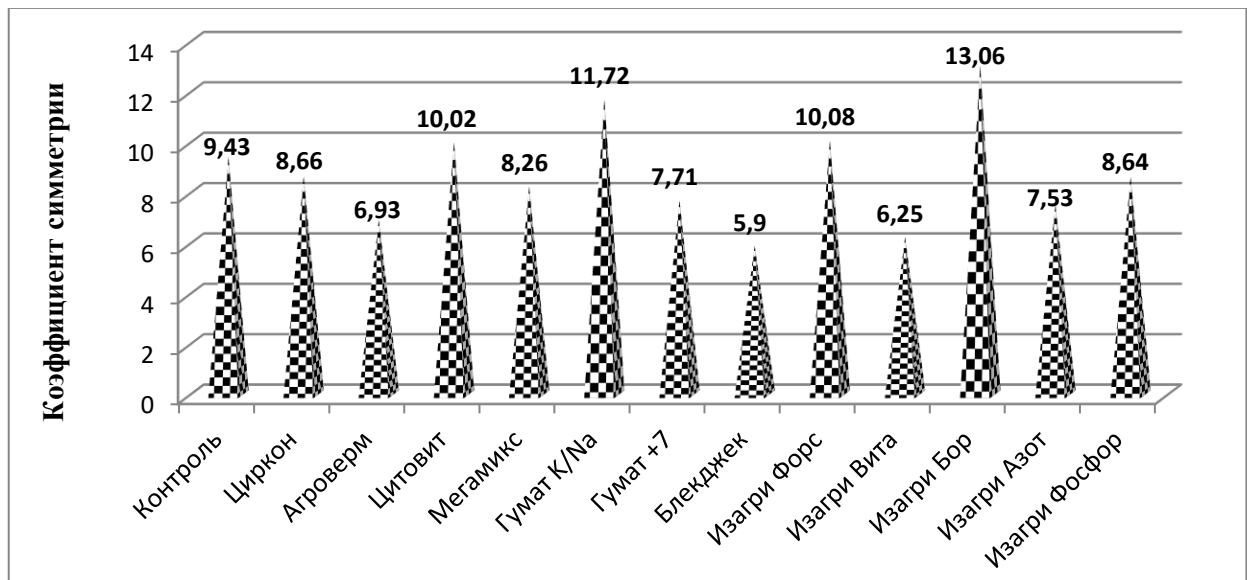


Рисунок 9 – Морфометрическая оценка проростков горчицы белой, в зависимости от применения микроудобрений

Наиболее высокие значения коэффициента симметрии наблюдаются на фоне применения регулятора роста Гумат К/Na и удобрения Изагри Бор, которые составили 11,72 и 13,06. В данных вариантах отмечено меньшее число развитых первичных корешков, средняя длина которых составила 3,42 см и 2,22 см, соответственно.

Таким образом, наивысшие показатели посевных качеств семян горчицы белой отмечены в вариантах при обработке их препаратами АгроВерм и

Блэкджек, где энергия прорастания составила 77,8 и 78,3 %, лабораторная всхожесть – 96,03 и 94,43 % и наиболее интенсивные показатели начального роста.

Густота стояния растений. Основным критерием формирования густоты стояния растений является их полевая всхожесть. В среднем за годы исследований, всхожесть горчицы варьировала от 81,7 до 93,9 %, в зависимости от варианта опыта (рисунок 10).

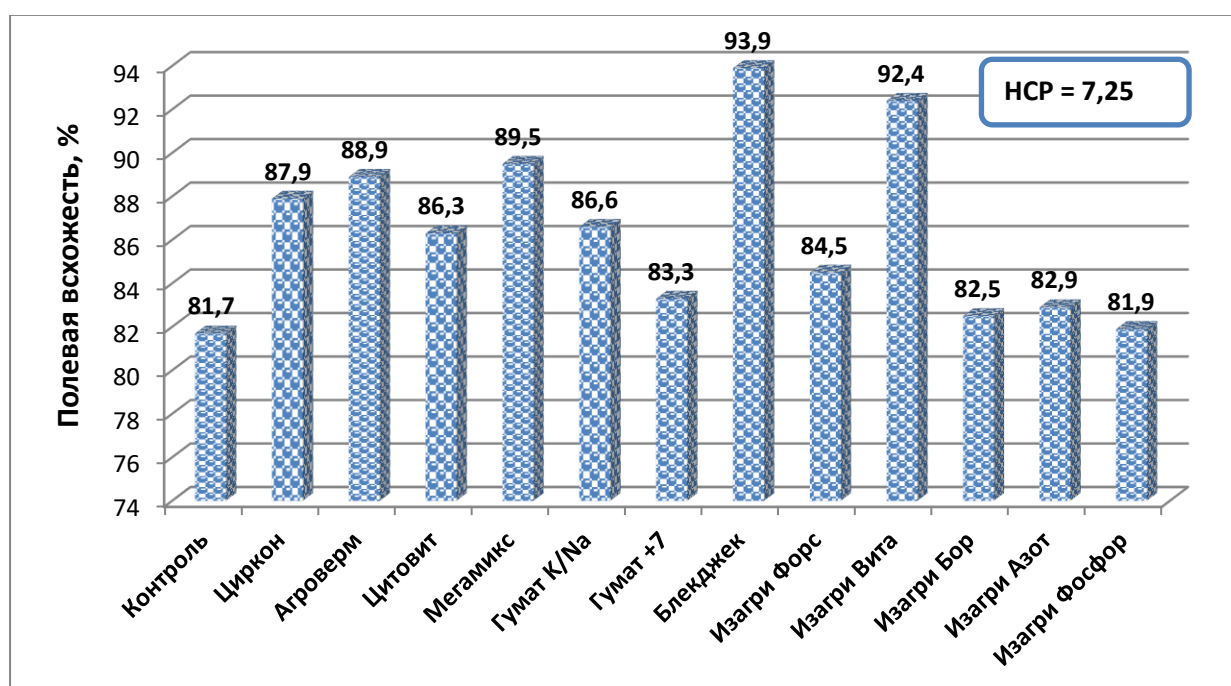


Рисунок 10 – Полевая всхожесть горчицы, в зависимости от обработки семян микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Наибольшая всхожесть семян отмечена на вариантах с использованием микроудобрений Блэкджек и Изагри Вита, которые способствовали увеличению полноты всходов на 10,7-12,2 % относительно варианта без обработки. Всхожесть семян в данных вариантах составила 93,9 и 92,4 %.

Наименьший показатель появления всходов (81,9-82,9 %) отмечен в варианте на фоне с обработкой препаратами Изагри Азот, Изагри Фосфор и Изагри Бор, где он превышал контроль всего на 0,2-1,2 %.

Полевая всхожесть в значительной мере зависит от метеорологических условий в период от посева до всходов и в первую очередь от температуры и

влажности воздуха и почвы. Дисперсионный анализ полученных данных показал, что по годам исследований есть существенные различия по проценту полевой всхожести горчицы, в зависимости от применения микроудобрений и климатических условий периода «посев-всходы».

Наивысшие значения полевой всхожести горчицы (81,5-94,5 %) отмечены в 2022 году, где в межфазный период «посев-всходы» были наиболее оптимальные условия для прорастания семян, гидротермический коэффициент составил 1,12 единицы. При использовании микроудобрений, превышение над вариантом без обработки составило 0,9-13,0 %.

Существенное увеличение полноты всходов отмечено в вариантах с применением Циркона (94,4 %), Изагри Виты (94,4 %) и Блэкджека (94,5 %), где процент всхожести на 12,9-13,0 % (при НСР₀₅ – 7,25 %) превышает показатель контрольного варианта (приложение 14).

Погодные условия в 2020 году были менее благоприятны, ГТК за период от посева до всходов составил 1,73. В таких условиях полнота всходов растений горчицы варьировала в пределах 79,8-95,9 %, в зависимости от микроудобрений при 88,0 % в варианте без обработки.

Наибольшая всхожесть отмечена у семян, обработанных биостимулятором Блэкджек – 95,9 %, которая на 7,9 % превышала показатели в контрольном варианте. Наиболее низкая всхожесть 79,8 и 80,5 % отмечена в вариантах с обработкой Изагри Фосфором и Изагри Форсом. При использовании остальных препаратов значения полевой всхожести семян были на уровне контроля и варьировали в пределах 85,0-89,5 %.

Низкая полевая всхожесть горчицы (75,6-93,3 %) отмечена в 2021 году, что связано с тем, что посев был проведен в более поздние сроки при высоких среднесуточных температурах и пониженной влажности (ГТК – 0,11). Такие показатели не обеспечивали в полной мере оптимальной плотности посева с точки зрения получения более высокой урожайности.

Наибольшая полнота всходов отмечена в вариантах с использованием Цитовита (90,4 %), Блэкджека (91,3 %) и Изагри Вита (93,3 %), что превышало всхожесть семян в контрольном варианте на 14,8-17,8 %.

На фоне с обработкой препаратами Циркон, Гумат +7, Изагри Бор и Изагри Азот наблюдалось снижение всхожести семян, значения которой не превышали 80,0 %. Полевая всхожесть здесь составила 76,3-79,8 %.

Обработка семян горчицы микроэлементными удобрениями оказывала стимулирующее влияние не только на полевую всхожесть, но и способствовала увеличению сохранности растений к уборке, важнейшего показателя, характеризующего биологическую стойкость растений и напрямую влияющего на величину будущего урожая.

Показатели сохранности растений горчицы к уборке в зависимости от видов микроудобрений и регуляторов роста приведены на рисунке 11 и в приложении 15.

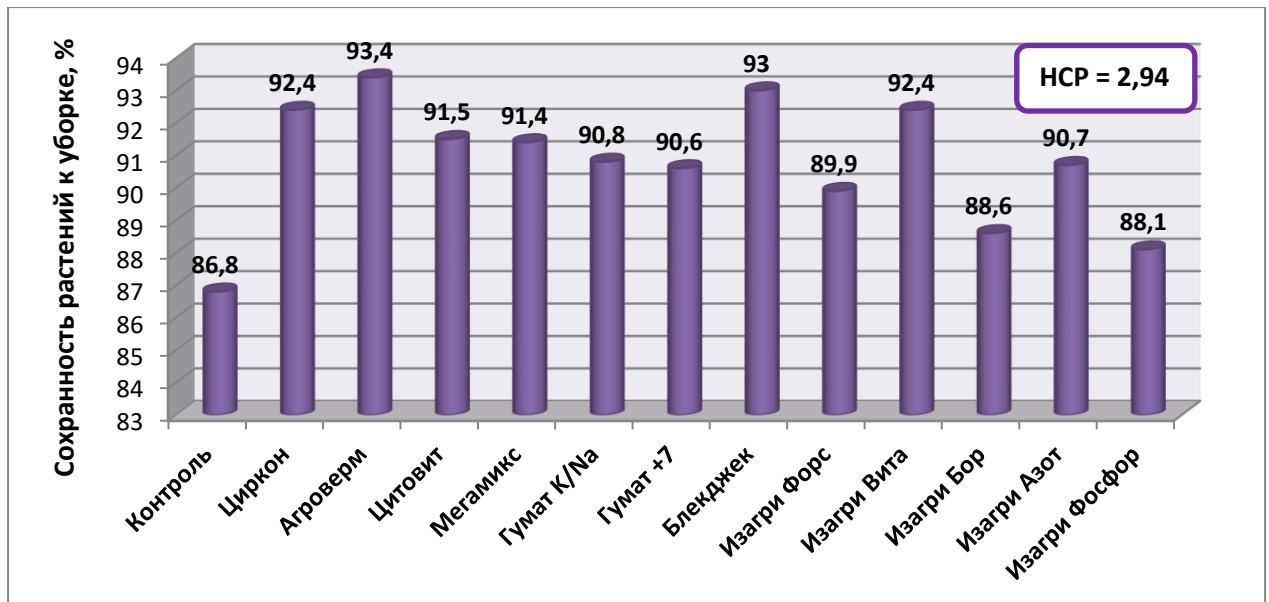


Рисунок 11 – Сохранность растений горчицы к уборке, в зависимости от обработки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

В среднем за годы исследований максимальный показатель выживаемости горчицы наблюдался в вариантах при использовании биостимулятора Блекджек (93,0 %) и микроудобрения АгроВерм (93,4 %), что на 6,2 и 6,6 % выше по сравнению с контрольным вариантом.

В целом, сохранность растений к уборке определяется уровнем условий возделывания и складывающимися погодными условиями в период вегетации. Выживаемость горчицы по годам была относительно высокой и варьировала в

зависимости от агроклиматических условий и применяемых микроудобрений. Кроме этого, отмечаются достоверные различия по данному показателю между вариантами.

Например, в условиях 2020 года сохранность горчицы была более низкой, по сравнению с другими годами. В среднем по опыту, выживаемость растений варьировала в пределах 81,6-94,6 %, это объясняется засушливыми условиями во время периода вегетации культуры – ГТК составлял 0,72.

Максимальный показатель сохранности растений отмечен в вариантах с обработкой биоудобрениями Циркон и Блэджек, который составил 92,5 и 94,6 %, соответственно. Низкая сохранность растений (81,6 %) получена в варианте с применением Изагри Фосфора, что было ниже варианта без обработки.

Наибольшая сохранность растений отмечена в 2022 году, процент которой составил 90,1-94,3 % в зависимости от вида применяемого удобрения. Наиболее эффективными были препараты Блэджек, Цитовит и АгроВерм, обработка семян которыми обеспечивало увеличение количества сохранившихся растений горчицы по сравнению с контролем на 4,5-4,7 %.

В умеренно-засушливых условиях 2021 года (ГТК – 0,84), сохранность горчицы колебалась от 89,9 % в варианте с Изагри Бором до 94,6 % в варианте с обработкой удобрением АгроВерм при 88,6 % в контрольном варианте. Наиболее высокие показатели выживаемости растений были в вариантах с обработкой АгроВермом (94,6 %), Гуматом К/Na (94,5 %) и Изагри Витой (94,2 %). Применение других препаратов также способствовало незначительному увеличению сохранности растений к уборке, которая находилась в пределах 1,3-3,5 % относительно показателя в контрольном варианте.

Таким образом, в ходе исследований установлено положительное влияние микробиологических удобрений на формирование агроценоза горчицы белой. Наиболее эффективным было применение биоудобрений Изагри Вита и Блэджек, что выразилось в высоких показателях полевой всхожести (92,4 и 93,9 %) и сохранности растений к уборке (92,4 и 93,0 %).

Фотосинтетическая деятельность горчицы. Как писал А.А. Жученко: «именно благодаря фотосинтезу обеспечивается энерго- и массонакопление,

круговорот азота, углевода, кислорода, водорода и другие жизнеобеспечивающие процессы на земле». Многие исследователи отмечают, что процесс фотосинтеза является первоисточником всей жизненно-важной энергии растительных систем (Сафина Н.В., Кильянова Т.В., 2019; Прахова Т.Я., Прахов В.А., 2019; Лекарев А.В. и др., 2020; Прахова Т.Я. и др., 2020).

В свою очередь, площадь листьев изменяется под воздействием различных факторов, в том числе и от применения агрохимикатов, нарастает медленно, и максимальных показателей достигает в фазу цветения (Дружинин В.Г., Прахова Т.Я., 2022; Гущина В.А. и др., 2023).

В наших исследованиях на момент максимального образования фотосинтетической поверхности (в фазу цветения) средняя величина площади листьев горчицы составила 40,7-46,3 тыс. м²/га, в зависимости от применения микроудобрений, при 41,6 тыс. м²/га в контрольном варианте.

Наиболее существенное увеличение ассимиляционной поверхности было на фоне препаратов АгроВерм (45,9 тысяч м²/га) и Блэкджек (46,3 тысяч м²/га), превышение составило 4,3-4,7 тысяч м²/га, при НСР равной 0,88 тысяч м²/га (таблица 11).

Наиболее благоприятные условия для формирования листовой поверхности складывались в 2022 году, значения которой варьировали от 40,9 (в варианте с Изагри Фосфор) до 45,7 тыс. м²/га (в варианте с Блэкджеком) при 42,1 тыс. м²/га в контроле (приложение 16).

Минимальная площадь листьев отмечена в 2021 году, где ее значения составляли 39,3-45,2 тыс. м²/га. Использование изучаемых препаратов привело к увеличению листовой поверхности на 0,1-4,4 тыс. м²/га, за исключением вариантов с обработкой гуматами (Гумат К/Na и Гумат +7), которые способствовали незначительному снижению площади листьев до 39,4 и 39,3 тыс. м²/га.

Нарастание сухой биомассы горчицы белой определяли в целом за вегетационный период (приложение 17).

Таблица 11 – Показатели фотосинтетической деятельности горчицы, в зависимости от применения микроудобрений (2020-2022 гг.)

№	Вариант	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	Масса сухой биомассы за вегетационный период, г/ м ²	ФП, тыс. м ² *сут./га	ЧПФ, г/ м ² *сут.
1	Контроль	41,6	922,2	328,2	2,81
2	Циркон	43,6	1104,2	371,8	2,97
3	АгроВерм	45,9	1335,3	402,2	3,32
4	Цитовит	42,0	1066,6	352,0	3,03
5	Мегамикс	41,4	1174,0	372,7	3,15
6	Гумат К/Na	40,7	978,1	336,1	2,91
7	Гумат +7	41,5	1168,2	396,0	2,95
8	Блэкджек	46,3	1298,4	408,3	3,18
9	Изагри Форс	43,5	1185,9	378,9	3,13
10	Изагри Вита	43,5	1318,6	400,8	3,29
11	Изагри Бор	41,6	1001,2	339,4	2,95
12	Изагри Азот	42,7	1154,3	383,5	3,01
13	Изагри Фосфор	40,9	973,7	331,2	2,94
	НСР ₀₅	0,88	10,05	22,51	0,25

Фотосинтетический потенциал, в среднем за годы исследований, варьировал в пределах от 328,2 до 408,3 тыс. м²×сутки/га. Максимальная его величина отмечена в варианте с применением Блэкджека (408,3 тыс. м²/га×сутки), что на 80,1 тыс. м²/га×сутки превышало контрольный вариант без обработки.

В вариантах с применением биоудобрений АгроВерм и Изагри Вита фотосинтетический потенциал посевов горчицы снижался незначительно относительно предыдущего варианта, всего до 402,2 и 400,8 тыс. м²/га×сутки.

Наибольшая величина фотосинтетического потенциала горчицы отмечена в 2022 году, более благоприятному по увлажнению и температурному режиму, и составила 358,9-436,9 тыс. м²/га×сутки с максимальным показателем в варианте с биостимулятором Блэкджек (приложение 18).

В среднем за годы исследований, прибавка чистой продуктивности фотосинтеза горчицы по вариантам с применением микроудобрений составила 0,13-0,48 г/ м²*сутки относительно контроля. Наибольший показатель ЧПФ отмечен в вариантах с применением биоудобрений Блэкджек (3,28 г/м²*сут.) и

АгроВерм (3,32 г/м²*сут.), которые достоверно превышали контрольный вариант на 0,47-0,51 г/м²*сут., при наименьшей существенной разнице 0,25 г/м²*сут.

В 2020 году величина ЧПФ горчицы варьировала от 3,37 (Цитовит) до 3,68 г/ м²*сут. (Изагри Вита), при 3,25 г/ м²*сут. в контроле (приложение 19).

В 2021 году ЧПФ колебался в пределах 2,48-2,99 г/ м²*сут., с максимум – в варианте с использованием АгроВерма и минимальным показателем в варианте с Цирконом. В 2022 году значения чистой продуктивности фотосинтеза составили 2,36-3,61 г/ м²*сут.

Так, при использовании микроудобрений Блэджек, АгроВерм и Изагри Вита, повышается фотосинтетическая активность посевов, а именно обработка семян ими способствовала увеличению площади листьев на 4,5-11,3 %, фотосинтетического потенциала на 22,1-24,4 % и чистую продуктивность фотосинтеза на 13,2-18,1 %.

4.2 Структура урожая и продуктивность горчицы, в зависимости от применения микроудобрений и регуляторов роста

Для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур недостаточно создавать оптимумы по температурному режиму, влагообеспечению и содержанию элементов питания в почве, важно сформировать соответствующие морфоструктуры растений и продуктивный агрофитоценоз. Как известно, уровень урожайности культур в среднем на 50% зависит от структурных элементов (число продуктивных ветвей, соцветий, число семян в стручке, массы 1000 семян) (Посыпанов Г.С., 2007).

Элементы структуры урожая, прежде всего, зависят от биологических особенностей вида, а затем и от агротехнических приемов возделывания. Обработка семян микроэлементными удобрениями, в той или иной степени, способствовала увеличению структурных показателей растений горчицы.

Число стручков на одном растении, в среднем за три года, составило 40,6-52,4 штук в зависимости от изучаемого варианта. Наибольшее число стручков отмечено в вариантах с использованием биоудобрений АгроВерм (51,5 шт.), Изагри Вита (47,5 шт.) и Блэкджек (52,4 шт.). При обработке препаратом Гумат К/Na отмечено самое низкое значение данного признака – 40,6 штук, что было ниже значений в контроле (таблица 12).

Таблица 12 – Высота растений и элементы структуры урожая горчицы, в зависимости от обработки семян микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	Высота растений, см	Количество ветвей на растении, шт.	Число стручков на 1 растении, шт.	Кол-во семян в 1 стручке, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Контроль	88,8	3,9	44,3	5,3	2,44	5,76
Циркон	99,3	4,2	45,2	5,4	2,96	6,22
АгроВерм	98,1	5,0	51,5	5,2	3,90	6,35
Цитовит	94,5	3,9	46,1	5,4	2,84	5,94
Мегамикс	96,9	4,9	44,3	5,4	2,73	5,93
Гумат К/Na	93,2	4,8	40,6	5,7	2,77	5,87
Гумат +7	94,9	4,9	43,9	5,3	2,51	5,98
Блэкджек	88,2	5,9	52,4	5,1	3,26	6,25
Изагри Форс	94,3	4,6	45,8	5,1	2,12	5,71
Изагри Вита	92,4	4,1	47,5	5,5	3,37	6,15
Изагри Бор	93,3	5,6	45,5	5,5	2,46	5,77
Изагри Азот	88,4	3,7	45,9	5,3	2,44	5,93
Изагри Фосфор	93,3	3,9	41,7	5,8	2,41	5,85
V, %	8,4	15,1	7,2	3,8	17,5	3,4
НСР ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	5,70	F _φ < F ₀₅	0,57	0,28

Наибольшее число стручков растения горчицы в 2021 году, где их количество на одном растении варьировало в пределах от 39,5 при обработке Гуматом К/Na до 54,3 штук при использовании Блэкджека. Самое низкое число стручков на растении отмечено в 2020 году, и находилось в пределах 39,6-51,6 штук, в зависимости от варианта. При этом максимальное число стручков сформировано в варианте с Блэкджеком (51,6 шт.) и АгроВермом (48,3 шт.) (приложение 20).

Количество ветвей на растении варьирует по вариантам от 3,7 до 5,9 штук, при 3,9 штук на растении в контрольном варианте. Наибольшее количество ветвей растения сформировали в вариантах с АгроВермом и Блэкджеком – 5,0 и 5,9 штук.

Высокая вариабельность данного показателя по годам наблюдалась в вариантах с Гумат К/Na, Гуматом +7, Изагри Азотом и Мегамиксом, где коэффициент вариации составил 30,1-36,7 %. Количество, образовавшихся ветвей на растении в данных вариантах, колебалось от 3,3-4,5 штук в 2021 году до 4,3-6,4 штук в 2020 году (приложение 20).

Число семян в одном стручке практически не изменялось как по вариантам исследования, так и по годам изучения. Коэффициент вариабельности был очень низким – 3,8 %. В среднем, число семян в стручке составило 5,1-5,8 штук (приложение 21).

Наибольшая семенная продуктивность одного растения, в среднем за годы, отмечена в варианте с использованием АгроВерма, где масса семян с растения составляла 3,90 г и существенно на 1,46 г превышала вариант без обработки, и на 0,53-1,78 г – остальные варианты.

В условиях 2020 года наибольшая продуктивность одного растения отмечена в вариантах с АгроВермом и Блэкджеком, которая составила 3,71 и 3,28 г, соответственно. При этом здесь отмечено наиболее низкая изменчивость данного признака, коэффициент вариации составил 17,1 %.

В 2021 году масса семян с одного растения максимальной была при обработке семян Изагри Вита (3,29 г), Цирконом (3,37 г) и АгроВермом (4,02 г). Амплитуда варьирования данного структурного элемента по вариантам составила 19,9 %.

В 2022 году высокая продуктивность одного растения 3,97 и 3,68 г отмечена в вариантах с обработкой АгроВермом и Изагри Витой. Варьирование семенной продуктивности растения по годам, независимо от изучаемого препарата, была высокой, размах вариации составил 22,8 % (приложение 22).

В среднем за три года, масса 1000 семян горчицы по вариантам варьировала в пределах 5,71-6,35 г. Более крупные семена получены в вариантах с применением микроудобрений Блэкджек (6,25 г) и АгроВерм (6,35 г), превышение относительно контроля составило 0,49 и 0,59 г.

Достаточно мелкие семена сформировались в 2022 году, масса 1000 семян здесь варьировала от 5,46 до 6,40 г. Наиболее крупные семена отмечены в вариантах с АгроВермом (6,40 г) и Цирконом (6,28 г), масса 1000 которых превышала контрольный вариант на 0,42-0,54 г (приложение 23).

Наиболее крупные и выровненные семена сформировались в условиях 2021 года, показатель массы 1000 семян составил 5,70-6,32 г. Здесь отличились варианты с использованием Блэкджека и АгроВерма, масса 1000 семян в данных вариантах составила соответственно 6,28 и 6,29 г.

Высота растений большого влияния на формирования урожая не оказывает. По высоте растений существенных различий по годам не наблюдалось. Вариабельность составляла 8,4 %. В среднем, высота горчицы находилась в пределах 88,2-99,3 см.

Применение микроэлементных удобрений занимает важное место в современных технологиях выращивания культуры, которые существенно влияют на ее продуктивность, а урожайность, в свою очередь, отражает весь комплекс биологических свойств и адаптивные возможности культуры и является основным показателем, позволяющим судить о реакции культуры на изучаемые агроприемы.

В наших исследованиях предпосевная обработка семян различными видами биопрепаратов стимулировала в той или иной мере увеличение продуктивности горчицы и способствовала формированию урожайности культуры на уровне 1,59-1,82 т/га, что на 0,01-0,24 т/га было выше относительно контрольного варианта (таблица 13, приложение 24).

Наиболее эффективными были АгроВерм (1,81 т/га), Изагри Вита (1,81 т/га) и Блэкджек (1,82 т/га), урожайность семян при обработке которыми на 0,23-0,24 т/га превышала контроль. При использовании других препаратов

отмечалось статистически незначимое увеличение урожайности семян на 0,01-0,13 т/га, при НСР-0,14 т/га.

Таблица 13 – Урожайность семян горчицы, в зависимости от вида микроудобрений, т/га

№ п/п	Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
1	Контроль	1,49	1,57	1,68	1,58
2	Циркон	1,69	1,61	1,79	1,70
3	АгроВерм	1,72	1,81	1,90	1,81
4	Цитовит	1,51	1,60	1,78	1,63
5	Мегамикс	1,62	1,59	1,72	1,64
6	Гумат К/Na	1,56	1,69	1,63	1,63
7	Гумат +7	1,64	1,68	1,63	1,65
8	Блэкджек	1,75	1,81	1,90	1,82
9	Изагри Форс	1,64	1,65	1,71	1,67
10	Изагри Вита	1,69	1,81	1,93	1,81
11	Изагри Бор	1,72	1,69	1,73	1,71
12	Изагри Азот	1,66	1,52	1,71	1,63
13	Изагри Фосфор	1,54	1,57	1,68	1,59
	НСР ₀₅	0,09	0,07	0,09	0,14

Наибольшая урожайность семян была получена в 2022 году, колебания которой по вариантам находились в пределах 1,63-1,93 т/га. Обработка семян биоудобрениями АгроВерм, Циркон, Изагри Вита, Цитовит и Блэкджек способствовала получению достоверной прибавки урожайности на 0,10-0,25 т/га относительно контрольного варианта, при наименьшей существенной разнице 0,09 т/га. Наиболее эффективными были АгроВерм, Блэкджек и Изагри Вита, при обработке которыми сформировался наибольший урожай семян 1,90 и 1,93 т/га. При использовании Гумата К/Na и Гумата +7 отмечено несущественное снижение продуктивности культуры до 1,63 т/га.

В засушливых условиях 2020 года (при ГТК – 0,72) урожайность горчицы была самой низкой, с незначительными изменениями по вариантам от 1,49 до 1,72 т/га. При этом практически все изучаемые препараты способствовали существенной прибавки урожайности на 0,13-0,26 т/га. Исключение составили

варианты с использованием препаратов Цитовит, Гумат К/Na и Изагри Фосфор, где увеличение урожая было минимальным, всего 0,02-0,07 т/га.

В 2021 году наибольшая прибавка урожая отмечена в вариантах с применением микроудобрений АгроВерм, Блэкджек и Изагри Вита, которая составила 0,24 т/га при НСР – 0,07 т/га. В данных вариантах получена максимальная урожайность горчицы – 1,81 т/га. В остальных вариантах урожайность семян составляла 1,57-1,69 т/га, при 1,57 т/га в контроле. Исключение составил вариант, где проводилась предпосевная обработка семян Изагри Азотом, где отмечено незначительное снижение продуктивности семян – до 1,52 т/га.

Таким образом, при использовании микроудобрений в качестве предпосевной обработки семян наиболее эффективными были АгроВерм, Изагри Вита и Блэкджек, обработка которыми стимулировала формирование высоких показателей элементов структуры, в том числе числа стручков на растении (47,5-52,4 штук), семенной продуктивности одного растения (3,26-3,90 г) и массы 1000 семян (6,15-6,35 г), а также наибольшей урожайности семян (1,81 и 1,82 т/га), что на 14,5-15,2 % превышала контрольный вариант.

4.3 Оценка качества маслосемян горчицы, в зависимости от предпосевного использования микроудобрений

При выращивании масличных культур большое значение имеет качество получаемых семян, так как оно существенно влияет на реализацию продукции. Как известно, горчицу, в основном, выращивают для получения, содержащегося в ее семенах масла, которое относится к категории слабовысыхающих и является одним из основных показателей, характеризующих ценность масличной культуры (Ростова Е.Н., 2021).

По мнению многих ученых, у каждой культуры и ее сорта заложен генетический потенциал масличности, но при этом имеет место незначительное варьирование процентного содержания жира, в зависимости от экологических

факторов и агротехнических условий возделывания (Горлова Л.А. и др., 2017; Воробейков Г.А. и др., 2022; Виноградов Д.В., Наумцева К.В., 2023).

В среднем за три года изучения, масличность семян у горчицы была достаточно высокой и варьировала от 28,84 до 30,66 % (таблица 14).

Таблица 14 – Показатели качества семян горчицы, в зависимости от обработки семян микроудобрениями (2020-2022 гг.)

№ п/п	Вариант	Масличность, %	Выход масла, т/га	Содержание протеина, %
1	Контроль	29,30	0,41	24,78
2	Циркон	29,22	0,44	27,60
3	АгроВерм	30,20	0,49	26,31
4	Цитовит	29,81	0,43	23,25
5	Мегамикс	29,77	0,43	25,55
6	Гумат К/Na	29,58	0,42	26,98
7	Гумат +7	29,71	0,44	23,25
8	Блэкджек	30,23	0,49	27,07
9	Изагри Форс	28,84	0,43	24,78
10	Изагри Вита	30,66	0,49	25,92
11	Изагри Бор	29,90	0,45	24,71
12	Изагри Азот	29,57	0,43	26,07
13	Изагри Фосфор	29,73	0,42	25,93

При этом применяемые микроудобрения не оказали должного влияния на накопление масла. Наибольший показатель масличности семян отмечен в вариантах с использованием биоудобрений АгроВерм (30,20 %), Блэкджек (30,23 %) и Изагри Вита (30,66 %), который превысил значения в варианте без обработки – на 0,9-1,36 %. Использование в опыте жидкого удобрения Изагри Форс привело к снижению содержания жира в семенах на 0,46 % по сравнению с контролем. Здесь отмечен наименьший показатель масличности в среднем за годы изучения – 28,84 %, при 29,30 % - в варианте без обработки. При этом, в условиях 2022 года было отмечено положительное влияние Изагри Форса на накопление масла, содержание которого составляло 31,35 %, что на 0,87 % превышало показатель в контрольном варианте.

На процесс маслонакопления в большей степени оказали влияние условия года. Эффект использования микроудобрений в основном зависел от уровня

влагообеспеченности горчицы в период вегетации, и особенно в первую половину (фазы «всходы-цветение»).

Максимальная концентрация жирного масла в семенах горчицы белой отмечена в 2022 году, вариабельность этого показателя колебалась от 30,36 до 32,09 %. Условия вегетации культуры здесь характеризовались как наиболее благоприятными по обеспеченности влагой и температурному режиму, гидротермический коэффициент в период от всходов до цветения составлял 1,21, в период «цветение-созревание» - 1,48 (приложение 25).

Наибольшая масличность семян отмечена в вариантах с обработкой Блэкджеком (32,09 %) и Изагри Бором (32,31 %), которая превышала значения контрольного варианта на 1,61 и 1,83 %. Использование остальных препаратов также стимулировало маслонакопление в семенах горчицы до 30,66-31,85 %, что на 0,18-1,37 % было выше по сравнению с вариантом без обработки.

В 2021 году масличность семян была наиболее низкой и варьировала от 27,13 до 30,19 %. Здесь отмечены засушливые условия как в фазу «всходы-цветение» (ГТК – 0,35), так и на протяжении всего периода вегетирования горчицы (ГТК – 0,84). Такие условия, нивелировали действие микроудобрений на качественные характеристики маслосемян, в том числе на содержание жирного масла.

Максимальное накопление масла в семенах отмечено в варианте с Изагри Вита – 30,19 %, что на 2,34 % превышала данный показатель в контроле. Минимальное количество жира в семенах выявлено в вариантах с использованием Гумата К/Na и Гумата +7, которое составило 27,13 и 27,66 %, что на 0,72 и 0,19 % было ниже контрольной величины.

В 2020 году содержание жира в семенах горчицы составило 28,86-30,17 %, в зависимости от вариантов. Наиболее эффективными были Гумат +7, Блэкджек и Изагри Вита, при их обработке масличность семян составила 30,11-30,17 %, и несущественно (на 0,53-0,59 %) превышало контроль.

Полученная урожайность и масличность семян горчицы в условиях региона позволяет получить валовый сбор масла до 0,41-0,49 т/га, в

зависимости от изучаемых вариантов. Наибольшего значения (0,49 т/га) данный показатель достигал в вариантах с применением препаратов АгроВерм, Блэкджек и Изагри Вита, что обусловлено высокими показателями урожайности и масличности семян.

Еще одним, из важных биохимических показателей, является содержание сырого протеина, который определяет пищевое и кормовое значение культуры.

Содержание протеина в семенах горчицы варьировало в пределах от 23,25 до 27,60 %. Наибольшее его количество отмечено в семенах, выращенных при обработке препаратами Циркон (27,60 %) и Блэкджек (27,07 %), которые достоверно превышали данный показатель в варианте без обработки на 2,82 и 2,29 %, соответственно. В вариантах с применением Цитовита и Гумата +7 отмечено снижение количества протеина до 23,25 % относительно контрольного варианта.

В зависимости от состава и количества жирнокислотных компонентов определяется и применение горчичного масла. В наших исследованиях суммарное содержание насыщенных кислот варьирует от 3,52 до 3,79 %, большая доля из которых приходится на пальмитиновую (2,28-2,61 %) и стеариновую (1,0-1,38 %) кислоты (таблица 15).

Обработка семян биопрепаратами способствовало увеличению содержания пальмитиновой кислоты до 2,45-2,61 % при 2,28 % в контроле, за исключением варианта с применением Цитовита, где значение данной кислоты было на уровне контрольного значения.

Обработка семян микроудобрениями способствовала увеличению содержания олеиновой кислоты относительно варианта без обработки, вариабельность ее концентрации составила 23,75-31,92 %. Максимальные значения отмечены в вариантах с применением биопрепаратов Циркон и Изагри Фосфор, где ее уровень концентрации составил 31,20 и 31,92 %.

Содержание линолевой кислоты в среднем по опыту составило 11,28 %, с высоким варьированием по вариантам, коэффициент вариации составил 23,27 %. При этом, следует отметить, что обработка семян агрохимикатами привело к

снижению аккумуляции данной кислоты до 9,57-12,52 % относительно показателя 19,67 % в контроле. Минимальное содержание линолевой кислоты (9,57 и 9,86 %) отмечено в маслосеменах, выращенных с использованием микроудобрения АгроВерм и Изагри Бор.

Таблица 15 – Содержание жирных кислот в маслосеменах горчицы, в зависимости от изучаемых микроудобрений, (2020-2022 гг.)

Вариант	Миристиновая	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линоленовая	Эйкозеновая	Эруковая	Нервоновая
Содержание жирных кислот, %									
Контроль	0,04	2,28	1,19	21,75	19,67	11,04	10,91	28,13	1,42
Циркон	0,05	2,60	1,14	31,20	11,26	9,91	10,99	29,06	1,76
АгроВерм	0,05	2,45	1,02	29,20	9,86	9,90	11,07	32,42	1,96
Изагри Бор	0,05	2,47	1,00	29,16	9,57	10,20	10,74	32,65	2,08
Цитовит	0,04	2,28	1,38	23,75	12,52	11,09	10,96	25,30	1,34
Мегамикс	0,04	2,59	1,08	30,18	10,63	9,52	10,99	30,96	1,95
Гумат К/Na	0,04	2,48	1,08	28,64	10,41	9,79	10,81	32,75	2,04
Гумат +7	0,05	2,57	1,10	30,99	10,26	9,55	11,05	30,45	1,89
Блэджек	0,05	2,46	1,01	25,13	10,07	10,28	10,55	36,20	2,03
Изагри Форс	0,05	2,57	1,07	30,13	10,70	9,42	11,19	30,85	1,96
Изагри Вита	0,05	2,59	1,10	30,68	10,80	9,58	10,79	30,44	1,90
Изагри Фосфор	0,05	2,61	1,16	31,92	10,74	10,02	11,01	28,68	1,79
Изагри Азот	0,06	2,51	1,05	28,60	10,15	12,27	10,82	30,39	2,07
Среднее по опыту	0,05	2,45	1,11	28,56	11,28	10,20	10,91	30,64	1,86
V, %	12,56	4,48	9,90	10,87	23,27	8,03	1,54	8,64	12,63

Содержание линоленовой кислоты варьировало от 9,42 % до 12,27 % при 11,04 % в контрольном варианте. Наиболее низкие значения данной кислоты, которые были ниже 10,0 %, отмечены в вариантах с использованием Циркона (9,91 %), АгроВерма (9,90 %), Мегамикса (9,52 %), Гумата К/Na (9,72 %), Гумата +7 (9,55 %), Изагри Форса (9,42 %) и Изагри Виты (9,58 %). При обработке удобрением Изагри Азот концентрация линоленовой кислоты увеличивается до максимального значения 12,27 %, что превышает контроль на 1,23 %.

Содержание эруковой кислоты в маслосеменах было высоким – 25,30-36,20 %, но при этом варьирование её по вариантам было низким (8,64 %). Все применяемые препараты, кроме Цитовита, способствовали увеличению содержания эруковой кислоты, превышение над контрольным вариантом составляло 0,55-8,07 %. Применение Цитовита приводило к существенному снижению аккумуляции эруковой кислоты в маслосеменах на 2,83 %.

Содержание стеариновой кислоты было наиболее высоким в варианте с обработкой биоудобрением Цитовита, которое составило 1,38 %, при 1,19 % в контроле. В остальных вариантах концентрация данной кислоты варьировала на уровне – 1,00-1,16 %. Содержание миристиновой кислоты в сафлоре было незначительным и по вариантам опыта составляло всего 0,04-0,06 %.

Процент эйкозеновой кислоты варьировал от 10,74 % в варианте с Изагри Бором до 11,19 % с Изагри Форсом, при 10,91 % в контрольном варианте.

Концентрация нервоновой кислоты составляла от 1,34 до 2,08 %, при максимальном уровне 2,08 и 2,07 % в вариантах при использовании Изагри Бора и Изагри Азота.

Таким образом, обработка семян горчицы белой микроудобрениями и регуляторами роста повышает его не только урожайность, но и качественные показатели семян. Наиболее эффективными были АгроВерм, Блэкджек и Изагри Вита. При использовании данных препаратов, полученные семена отличались наибольшей масличностью (30,20-30,66 %), обладают высокой питательной и кормовой ценностью.

4.4 Густота стояния растений и продуктивность фотосинтеза горчицы в зависимости от некорневой подкормки агрохимикатами

Вопрос о целесообразности применения микроэлементных биопрепаратов на горчице и их эффективности, в последнее время все чаще и чаще ставят перед собой сельхозпроизводители, занимающиеся возделыванием этой культуры. Одним из важнейших направлений применения микроэлементных

удобрений являются листовые подкормки в различные фазы роста и развития культур, за счет обеспечения максимальной скорости поглощения питательных веществ, доставляемых в легкоусвояемой форме. Сейчас на рынке существует большое разнообразие таких биопрепаратов, в том числе, и для листовых подкормок вегетирующих растений. Они отличаются высокой эффективностью и экологической безопасностью, однако механизм действия большинства современных микроэлементных удобрений на продуктивность горчицы в конкретных почвенно-климатических условиях недостаточно изучен.

В наших исследованиях мы применяли различные биопрепараты в качестве некорневой подкормки горчицы, опрыскивание проводили в фазу стеблевания культуры.

В зависимости от вида препарата сохранность растений составила 95,3-97,1 % и превышала значения контрольного варианта на 2,3-4,1 %. Наибольшая выживаемость горчицы отмечена при фолитарном внесении АгроВерма (97,1 %), что на 4,1 % было выше, чем в варианте без обработки (таблица 16).

Таблица 16 – Сохранность растений и фотосинтетическая деятельность горчицы в зависимости от микроудобрений (2020-2022 гг.)

№	Вариант	Сохранность растений к уборке, %	Максимальная площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	ФП, тыс. м ² / га × сутки	ЧПФ, г/ м ² *сут.
1	Контроль	93,0	40,5	331,9	2,62
2	Циркон	95,4	42,7	352,9	3,13
3	АгроВерм	97,1	45,5	389,0	3,46
4	Цитовит	95,8	42,3	367,7	3,21
5	Мегамикс	95,3	43,4	348,7	2,69
6	Гумат +7	94,6	41,7	357,8	3,00
7	Блэкджек	96,5	44,6	390,7	3,25
8	Изагри Форс	94,7	43,3	368,4	2,89
9	Изагри Вита	95,8	43,9	363,5	3,47
	НСР ₀₅	2,03	2,57	6,39	0,20

Применение Циркона, Цитовита, Мегамикса, Блэкджека и Изагри Вита также способствовало существенному повышению биологической стойкости растений. В данных вариантах сохранность растений горчицы варьировала от

95,3 % (в варианте с Мегамиксом) до 96,5 % (в варианте с Блэджekom), прибавка относительно контроля составила 2,3-3,5 %.

Листовая подкормка микроудобрениями Гумат +7 и Изагри Форс не существенно повышала сохранность растений горчицы к уборке, прибавка относительно контрольных значений составила 1,6 и 1,7 % при НСР – 2,03 %.

Кроме этого, на сохранность растений горчицы определенную роль оказали климатические условия в период вегетации культуры. Наибольший показатель выживаемости растений отмечен в 2022 году, вариабельность которого составила 93,2-97,8 %, с максимальным значением в варианте с АгроВермом. В условиях 2021 году сохранность растений составила 93,3-97,5 %. Высокие значения данного показателя выявлены в вариантах с подкормкой биостимуляторами Цитовитом и Блэджekom и составили 97,5 и 97,1 % соответственно. Более низкая выживаемость горчицы была в 2020 году, когда условия вегетации характеризовались как засушливые, значения ее варьировали от 93,2 % на фоне с применением Гумата +7 до 96,6 % на фоне с АгроВермом, при 92,5 % – в контроле (приложение 26).

Наибольшая ассимиляционная поверхность горчицы отмечалась в варианте с подкормкой АгроВермом (45,5 тыс. м²/га), при этом в варианте с использованием биопрепарата Блэджек листовая поверхность снижалась незначительно и составляла 44,6 тыс. м²/га.

В 2020 году площадь листьев горчицы составила 39,6-46,2 тыс. м²/га, с максимальным значением в вариантах с использованием Блэджeka и АгроВерма. В 2021 и 2022 годах наибольшая площадь листьев сформировалась в варианте при использовании АгроВерма, которая составила 45,3 и 46,3 тыс. м²/га соответственно (приложение 27).

В среднем за три года исследований величина ФП по вариантам опыта колебалась в пределах 331,9-390,7 тыс. м²×сутки/га. Наиболее существенно данный показатель увеличивался в вариантах при обработке растений биоудобрениями АгроВерм и Блэджек, величина которого, составила 389,0 и 390,7 тыс. м² / га × сутки соответственно. Чистая продуктивность фотосинтеза

при некорневой подкормке горчицы достигала высоких значений – 2,69-3,47 г/м²*сут., что превышало показатели ЧПФ в варианте без обработки на 0,07-0,85 г/м²*сут. Максимум его отмечен в вариантах с Блэджек, АгроВермом и Изагри Вита – 3,25, 3,46 и 3,47 г/м²*сут. соответственно, что существенно – на 0,63-0,85 г/м²*сут. превышает контрольный вариант (приложение 28).

Таким образом, установлено положительное влияние foliarной обработки биопрепаратами АгроВерм и Блэджек на формирование продуктивного стеблестоя горчицы, что выразилось в увеличении сохранности растений к уборке на 2,3-4,1 % и повышении фотосинтетической деятельности.

4.5 Урожайность и элементы структуры урожая горчицы в зависимости от некорневой подкормки

При возделывании горчицы использование биопрепаратов в качестве листовой подкормки оказали значительное влияние на формирование ее семенной продуктивности. В среднем за три года, урожайность горчицы составила 1,57-1,79 т/га, применяемые препараты способствовали её увеличению на 0,06-0,22 т/га относительно контроля (таблица 17, приложение 29).

Таблица 17 – Урожайность семян горчицы, в зависимости от некорневой подкормки микроудобрениями, т/га

Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее
Контроль	1,52	1,57	1,62	1,57
Циркон	1,58	1,68	1,62	1,63
Блэджек	1,77	1,67	1,82	1,75
АгроВерм	1,76	1,78	1,79	1,78
Изагри Вита	1,78	1,71	1,89	1,79
Гумат +7	1,63	1,78	1,63	1,68
Мегамикс	1,64	1,65	1,73	1,67
Изагри Форс	1,67	1,66	1,79	1,71
Цитовит	1,71	1,79	1,73	1,74
НСР ₀₅	0,07	0,08	0,09	0,11

Наиболее эффективной была фолиарная обработка Изагри Витой и АгроВермом, где отмечена наибольшая отзывчивость культуры на применение данных биопрепаратов, что выражается в существенной прибавке урожая – на 0,21 и 0,22 т/га. Использование биорегулятора Блэджек, а также жидких удобрений Изагри Форс и Цитовит немного ниже, но достоверно повышают урожайность – на 0,14-0,18 т/га, относительно контроля. В варианте с обработкой препаратами Циркон и Мегамикс отмечалось статистически незначимое увеличение урожайности семян, всего на 0,06-0,10 т/га.

В 2022 году, при повышенной влажности, изучаемые агрохимикаты работали наиболее эффективно, что подтверждается высокими значениями урожайности культуры (1,62-1,89 т/га), прибавка составила, по отношению к контрольному варианту, от 0,01 т/га в варианте с Гуматом +7 до 0,27 т/га в варианте с Изагри Вита. Максимальная урожайность сформировалась в вариантах с использованием удобрений Блэджек и Изагри Вита, которая составила 1,82 и 1,89 т/га соответственно, и существенно превысило урожайность в варианте без обработки (приложение 30).

В засушливых условиях 2020 года (ГТК – 0,72) получена наименьшая урожайность, по сравнению с другими годами исследований, вариабельность урожая составила 1,52-1,78 т/га. При этом, обработка растений препаратами Блэджек, АгроВерм, Изагри Вита и Цитовит способствовала формированию достаточно высокой (более 1,7 т/га) семенной продуктивности, которая по вариантам составила 1,71-1,78 т/га и достоверно превышала контрольный показатель на 0,19-0,26 т/га.

В 2021 году, при умеренно-засушливых условиях (ГТК – 0,84), размах варьирования урожайности горчицы по вариантам составил от 1,57 т/га (в контроле) до 1,79 т/га (в варианте с Цитовитом). Наибольших значений семенная продуктивность культуры достигала в вариантах Цитовит (1,79 т/га), АгроВерм (1,78 т/га) и Гумат +7 (1,78 т/га).

Неотъемлемой частью определения урожайности семян является проведение структурного анализа урожая. Дисперсионный анализ показал, что

по вариантам опыта отмечались существенные различия по формированию структурных элементов, в зависимости от вариантов опыта (приложение 31).

По числу стручков на растении наблюдалась незначительная изменчивость, которая составила 6,7 %, значения данного показателя колебались в пределах 44,5-52,7 штук (таблица 18).

Таблица 18 – Высота растений и элементы структуры урожая горчицы белой, в зависимости от некорневой обработки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	Высота растений, см	Число стручков на 1 растении, шт.	Кол-во семян в 1 стручке, шт.	Масса семян с 1 растения, г
Контроль	92,8	44,5	5,4	2,64
Циркон	94,6	47,5	5,5	3,44
Блэкджек	97,2	52,5	5,2	3,25
АгроВерм	83,8	52,7	5,9	3,50
Изагри Вита	83,4	51,6	5,3	3,21
Гумат +7	90,5	47,3	5,4	2,74
Мегамикс	86,8	44,5	5,4	2,90
Изагри Форс	105,0	48,9	5,2	2,81
Цитовит	79,7	45,6	5,3	2,86
НСП ₀₅	6,26	1,66	0,29	0,29
V, %	8,8	6,7	3,7	12,2

Наибольшее число стручков, которое существенно превышало контроль на 8 и 8,2 штук или на 18,0 и 18,4 %, насчитывалось в вариантах с обработкой биопрепаратами АгроВерм и Блэкджек (52,7 и 52,5 штук).

Варьирование количества семян в стручке было на уровне 3,7 % и составляло 5,2-5,9 штук в одном стручке. Наибольшее количество семян в стручке сформировали растения с обработкой АгроВермом, которое составило 5,9 штук и достоверно превышало контрольные значения на 0,5 штук.

Масса семян с растения варьирует в пределах от 2,64 г в контрольном варианте до 3,50 г – в варианте с обработкой АгроВермом. Наиболее существенное увеличение массы семян выявлено в вариантах с использованием микроудобрений Изагри Вита (3,21 г), Блэкджек (3,25 г), Циркон (3,44 г) и АгроВерм (3,50 г), прибавка относительно контрольного варианта составила 0,57-1,1 г. При обработке растений остальными, изучаемыми препаратами,

наблюдается незначительное увеличение семенной продуктивности одного растения, всего на 0,10- 0,26 г.

Высота растений, в среднем по опыту, составляла 79,7-105,0 см. Наиболее высокими были растения в варианте с обработкой Изагри Форсом – 105,0 см, наиболее низкими – в варианте с применением Цитовита – 79,7 см. При этом на контрольном варианте рост растений был на уровне 92,8 см. Использование Изагри Виты и АгроВерма привело к снижению высоты горчицы до 83,8 и 83,4 см.

Важным структурным элементом, который влияет как на урожай, так и на его качество, является масса 1000 семян. Данный показатель является сортовым признаком, однако может незначительно меняться в ту или иную сторону, в зависимости от условий возделывания. В среднем, масса 1000 семян горчицы колебалась от 6,26 до 7,09 г (таблица 19).

Таблица 19 – Масса 1000 семян горчицы, в зависимости от некорневой подкормки микроудобрениями

Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее
Контроль	6,16	6,26	6,35	6,26
Циркон	6,34	6,86	6,45	6,55
Блэжджек	6,99	7,05	6,95	7,00
АгроВерм	7,10	7,12	7,05	7,09
Изагри Вита	7,05	7,05	7,08	7,06
Гумат +7	6,46	6,76	6,82	6,68
Мегамикс	6,82	6,88	6,29	6,66
Изагри Форс	6,78	6,74	6,70	6,74
Цитовит	6,56	6,44	6,98	6,66
НСР ₀₅	0,26	0,31	0,29	0,32

Все применяемые агрохимикаты способствовали получению более крупных семян, чем в контрольном варианте, прибавка в массе составила 0,29-0,83 г. Достоверное увеличение массы 1000 семян в сравнении с контролем обеспечили препараты АгроВерм, Изагри Вита и Блэжджек, при опрыскивании ими растений сформировались наиболее крупные семена, масса 1000 семян которых составила 7,0-7,09 г.

Наиболее тяжеловесными семена горчицы были в 2022 году, масса 1000 которых варьировала от 6,35 г (в контроле) до 7,08 г (в варианте с Изагри Вита). В 2020 и 2021 годах данный показатель составлял 6,16-7,10 г и 6,26-7,12 г соответственно, с максимальными значениями в варианте с АгроВермом, что свидетельствовало о положительном действии агрохимиката, независимо от условий вегетации.

В целом, максимальные показатели структуры урожая в посевах горчицы отмечены в вариантах с обработкой препаратами Блэджек, АгроВерм и Изагри Вита, где число стручков на растении составило 51,7-52,6 штук, семенная продуктивность растений – 3,21-3,50 г и масса 1000 семян – 7,0-7,09 г.

4.6 Показатели качества маслосемян горчицы в зависимости от некорневой подкормки

Применение микроудобрений и стимуляторов роста увеличивает не только их урожайность, но и повышает качественные показатели маслосемян, в том числе масличность. Листовая подкормка микроудобрениями горчицы положительно влияла на процесс маслонакопления. Содержание жира в семенах варьировало от 28,51 до 30,59 % (таблица 20).

Таблица 20 – Содержание жира в семенах горчицы белой в зависимости от листовой обработки микроудобрениями

Вариант	Масличность, %			
	2020 г	2021 г	2022 г	средняя
Контроль	27,85	28,42	29,26	28,51
Циркон	29,54	29,54	30,86	29,98
Блэджек	30,22	30,19	31,36	30,59
АгроВерм	30,19	29,56	30,46	30,07
Изагри Вита	29,98	30,45	30,72	30,38
Гумат +7	28,58	28,84	29,56	28,99
Мегамикс	29,16	29,56	30,42	29,71
Изагри Форс	29,5	29,63	30,52	29,88
Цитовит	28,7	28,57	29,42	28,89

Максимальное содержание масла отмечено в семенах с обработкой препаратами Блэджек, АгроВерм и Изагри Вита, которое составило 30,07-

30,59 %, что существенно превышало данные контрольного варианта – на 1,56-2,08 %. При использовании Циркона, Мегамикса и Изагри Форса масличность горчицы составила 29,71 %, 29,88 % и 29,98 %, что было достоверно больше, чем на контроле на 1,20-1,47 %, но ниже, чем в предыдущих вариантах на 0,36-0,61 %. Применение биопрепаратов Цитовит и Гумат +7 увеличивало маслосодержание в семенах всего на 0,38 и 0,48 % соответственно при НСР₀₅ – 1,01 %.

Кроме этого, листовые подкормки горчицы микроудобрениями вызвали небольшую изменчивость содержания олеиновой кислоты, концентрация которой снижалась до 33,8 % на фоне подкормки Изагри Форсом и увеличивается до 36,1 % при использовании Гумата +7, на остальных вариантах процент ее составил 34,1-34,9 % (таблица 21).

Кроме этого, некорневые подкормки способствовали снижению эруковой кислоты до 26,7-28,8 % относительно 29,1 % в контроле. Исключение составили варианты с обработкой Цитовитом, где было отмечено увеличение концентрации эруковой кислоты до 30,1 % и Изагри Форсом, где содержание эруковой кислоты было на уровне контрольного варианта – 29,2 %. Минимальное содержание (26,7 %) эруковой кислоты отмечено на варианте с применением Блэкджеком.

При использовании Цитовита и Гумата +7 незначительно снижается количество линоленовой кислоты до 9,7 и 9,9 %, относительно других вариантов, где ее процент ее содержания находился на уровне 10,0-10,4 %.

Концентрация линолевой кислоты варьировала в пределах 8,7-10,4 %. Обработка растений Цитовитом приводит к снижению ее количества до минимального (8,7 %) относительно других вариантов.

Наибольшее содержание пальмитиновой кислоты отмечено на варианте с обработкой Мегамиксом (1,98 %). Другие изучаемые препараты способствовали снижению процентной концентрации данной кислоты до 1,90-1,76 % относительно контроля. Минимальное количество (1,76 %) отмечено в вариантах с биопрепаратами Цитовит и Изагри Форс.

Таблица 21 – Содержание жирных кислот в маслосеменах горчицы, в зависимости от листовой обработки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	Контроль	Блэджек	АгроВерм	Цитовит	Мегамикс	Гумат +7	Изагри Вита	Изагри Форс	Циркон
Полиненасыщенные									
Линолевая	9,2	10,4	10,0	8,7	10,1	9,1	9,6	9,5	9,5
Линоленовая	10,0	10,1	10,4	9,7	10,4	9,9	10,3	10,0	10,1
Эйкозодиеновая	0,21	0,20	0,21	0,20	0,21	0,20	0,21	0,22	0,21
Докозодиеновая	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12	0,13
Мононенасыщенные									
Олеиновая	34,1	35,8	34,9	34,0	34,1	36,1	34,7	33,8	34,8
Эйкозеновая	11,5	11,2	11,1	11,6	11,5	11,4	11,6	11,7	11,7
Нервоновая	1,6	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5
Эруковая	29,1	26,7	27,7	30,1	27,8	28,8	28,0	29,2	28,0
Насыщенные									
Миристиновая	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Пентодекановая	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Пальмитиновая	1,93	1,90	1,88	1,76	1,98	1,82	1,87	1,76	1,85
Маргариновая	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Стеариновая	0,97	1,01	0,97	0,98	1,02	0,99	0,99	0,95	0,98
Арахидиновая	0,59	0,59	0,57	0,62	0,62	0,58	0,50	0,60	0,60
Бегеновая	0,32	0,32	0,32	0,35	0,31	0,31	0,33	0,31	0,32
Лигноцеридовая	0,18	0,17	0,20	0,19	0,15	0,17	0,18	0,18	0,17

Содержание насыщенных кислот (стеариновой, арахидиновой и миристиновой) по вариантам существенно не меняется и составляет 2,7-3,0 %, 0,50-0,62 % и 0,02-0,03 % в зависимости от варианта.

В среднем за годы исследований количество протеина в семенах горчицы было довольно высоким и по вариантам опыта варьировало от 25,63 до 31,04 % (рисунок 12).

Наибольшее содержание протеина (31,04 %) было при листовой обработке Блэджекком. Применение Гумата +7 привело к снижению количества протеина до 25,63 % относительно контроля.

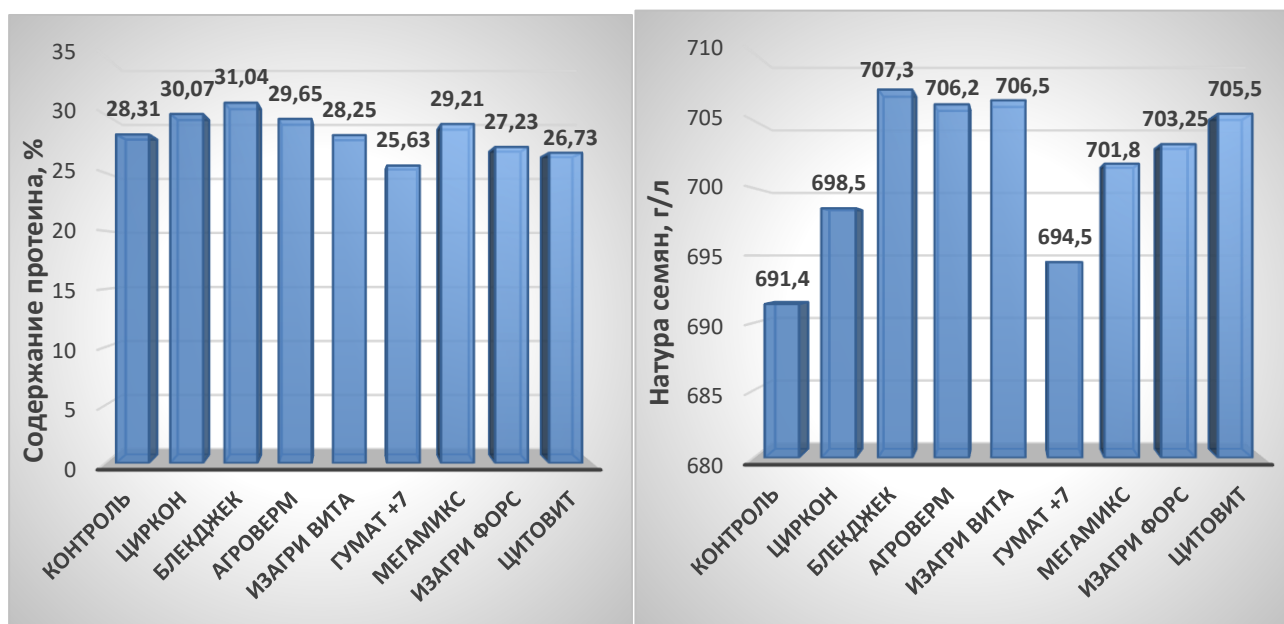


Рисунок 12 – Качественные показатели горчицы в зависимости от применяемых агрохимикатов (2020-2022 гг.)

Еще один показатель качества семян – это натура, который используется в сельском хозяйстве и помогает оценить качество и величину урожая. Зависит данный показатель от крупности и выравненности семян и в свою очередь натура указывает на размер и форму семян, а также на его состояние и структуру, влияет на силу их роста, а значит, и на их урожайность. Результаты измерения натуре горчицы представлены на рисунке 12.

На варианте без использования удобрений натура семян составила 691,4 г/л. Листовая обработка стимулировала повышение показателя натуре, значения которой превышали контрольные показатели на 3,1-15,9 г/л.

Таким образом, проведенный анализ качественных показателей маслосемян горчицы позволил оценить влияние фолларного применения микроудобрений на растения. Наиболее эффективными были биопрепараты Блэджек, АгроВерм и Изагри Вита, при листовом внесении которых отмечено наибольшее накопление масла (30,07-30,59 %) и протеина (28,25-31,04 %).

5 БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОМ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ

5.1 Биоэнергетическая эффективность

В настоящее время в связи с постоянным варьированием цен, дать объективную оценку экономической эффективности возделывания культуры достаточно сложно. Более объективным показателем может служить биоэнергетическая эффективность, которая выражается через универсальный энергетический показатель соотношения энергии, накопленной в продукции и энергии, затраченной на ее производство (Михайличенко Б.П. и др., 1995; Вафина Э.Ф., Сутыгин П.Ф., 2016).

К основным показателям энергетической оценки относятся: накопление энергии в урожае, затраты совокупной энергии, чистый энергетический доход, энергетическая себестоимость продукции, энергетический коэффициент полезного действия посева (биоэнергетический коэффициент) и коэффициент энергетической эффективности (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2017; Елифанова И.В., Прахова Т.Я., 2022).

Затраты совокупной энергии (МДж/га) на производство семян горчицы определяли на основе видов затрат, среди которых затраты на основные средства, на оборотные средства и живого труда (Велкова Н.И., Наумкин В.П., 2017; Кабунина И.В., Прахова Т.Я., 2022).

Анализ статей затрат на производство горчицы показал, что всего затрачено техногенной энергии 33,04 ГДж/га. Наибольшая доля энергозатрат – 38,92 и 38,23 % или 12,86 и 12,63 ГДж/га приходится на основные средства (трактора и сельхозорудия) и на горюче-смазочные материалы. На долю применяемых микроудобрений и пестицидов, приходится 10,87 и 10,62 %, на посевной материал – всего 1,03 % энергетических затрат (таблица 22).

Таблица 22 – Оценка затрат полной и совокупной техногенной энергии на 1 га посева горчицы белой (2020-2022 гг.)

Виды затрат	Расход энергии, ГДж/га	Удельный вес, %
1. Трактора, с-х орудия и машины	12,86	38,92
2. Посевной материал	0,34	1,03
3. Горюче-смазочные материалы	12,63	38,23
4. Электроэнергия	0,02	0,06
5. Живой труд, в т.ч. механизаторы, полевые рабочие	0,09	0,27
6. Пестициды	3,51	10,62
7. Микроудобрения, регуляторы роста	3,59	10,87
Всего затрат	33,04	100,0

В наших исследованиях затраты энергии на возделывание горчицы белой в среднем составили: в зависимости от нормы высева – 29,28-29,63 ГДж/га, в зависимости от способа применения агрохимикатов 30,40-31,85 и 29,97-30,91 ГДж/га (таблица 23).

При изучении норм высева наибольшее энергонакопление (45,76 ГДж/га) отмечено в варианте с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на гектар, это обусловлено суммарной прибавкой урожая. При этом, чистый энергетический доход был наиболее высоким в вариантах с нормами высева 2,0 и 2,5 миллиона и составил соответственно 15,19 и 16,31 ГДж/га, чему способствует увеличение накопленной в урожае семян энергии до 44,59 и 45,76 ГДж/га. В остальных вариантах данный показатель варьировал в пределах 10,48-12,95 ГДж/га. В данных вариантах отмечена низкая энергетическая себестоимость одной тонны семян горчицы, которая составила 17,82 и 17,43 ГДж/т.

Энергетическая рентабельность была достаточно высокой во всех вариантах, но максимум ее достигал при посеве с нормой 2,5 миллиона, который составил 55,38 %. Биоэнергетический коэффициент наибольшего значения достигал в вариантах с нормой высева 2,5 миллиона и составил 1,55.

Минимальное значение биоэнергетического коэффициента отмечено в варианте с нормой высева 4,0 миллиона и составило 1,30.

Таблица 23 – Энергетическая оценка приемов возделывания
горчицы белой (2020-2022 гг.)

Норма высева, млн. всхожих семян/га	Энергия, ГДж/га		Чистый энерге- тический доход, ГДж/га	Энергети- ческая себестои- мость, ГДж/т	Энергети- ческая рентабель- ность, %	Биоэнер- гетический коэф-т
	Затра- чено	Полу- чено				
Нормы высева						
1,0	29,28	39,76	10,48	19,78	35,79	1,36
1,5	29,34	41,46	12,12	18,93	41,31	1,41
2,0	29,40	44,59	15,19	17,82	51,67	1,52
2,5	29,45	45,76	16,31	17,43	55,38	1,55
3,0	29,51	42,46	12,95	18,44	43,88	1,44
3,5	29,57	40,42	10,85	19,58	36,69	1,37
4,0	29,63	38,53	8,9	21,01	30,04	1,30
Предпосевная обработка семян						
Контроль	30,40	41,08	10,68	19,24	35,13	1,35
Циркон	31,61	44,20	12,59	18,59	39,83	1,40
АгроВерм	31,45	47,06	15,61	17,37	49,63	1,50
Цитовит	31,76	42,38	10,62	19,48	33,44	1,33
Мегамикс	31,46	42,64	11,18	19,18	35,54	1,36
Гумат К/Na	31,85	42,38	10,53	19,54	33,06	1,33
Гумат +7	31,53	42,90	11,37	19,11	36,06	1,36
Блэджек	31,84	47,32	15,48	17,49	48,62	1,49
Изагри Форс	31,58	43,42	11,84	18,91	37,49	1,37
Изагри Вита	31,82	47,06	15,24	17,58	47,89	1,48
Изагри Бор	31,69	44,46	12,77	18,53	40,29	1,40
Изагри Азот	31,61	42,38	10,77	19,39	34,07	1,34
Изагри Фосфор	31,85	42,34	10,49	20,03	32,94	1,33
Внекорневая обработка растений						
Контроль	29,97	40,82	10,85	19,09	36,20	1,36
Циркон	30,78	42,38	11,60	18,88	37,69	1,38
АгроВерм	30,21	46,54	16,33	16,88	54,05	1,54
Цитовит	30,75	43,42	12,67	18,41	41,20	1,41
Мегамикс	30,89	45,24	14,35	17,75	46,45	1,46
Гумат +7	30,56	43,68	13,12	18,19	42,93	1,43
Блэджек	30,54	45,50	14,96	17,45	48,98	1,49
Изагри Форс	30,91	44,46	13,55	18,08	43,84	1,44
Изагри Вита	30,58	46,28	15,70	17,18	51,34	1,51

Предпосевная обработка семян микроэлементными препаратами способствовала выходу валовой энергии с урожаем в количестве 41,08-47,32

ГДж/га. Наиболее низкая энергетическая себестоимость продукции отмечена в варианте с применением АгроВерма – 17,37 ГДж/га, также в данном варианте установлена наибольшая энергетическая рентабельность, которая составила 49,63 % и биоэнергетический коэффициент – 1,50.

При фолитарной обработке посевов горчицы наиболее эффективными были биопрепараты АгроВерм и Изагри Вита, где чистый энергетический доход составил 16,33 и 15,70 ГДж/га, биоэнергетический коэффициент – 1,54 и 1,51 единицы и энергетическая рентабельность – 54,05 и 51,34 %.

Все изучаемые приемы возделывания горчицы отличались высоким биоэнергетическим коэффициентом, который был > 1 , что свидетельствует о высокой энергетической эффективности технологии возделывания культуры.

Так как, известно, что если чистый энергетический доход представляет положительное число, биоэнергетический коэффициент больше 1, то такую технологию возделывания культуры можно считать энергетически эффективной. Следовательно, возделывание горчицы белой в условиях Среднего Поволжья наиболее энергетически выгодно при посеве с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на гектар и обработкой микроудобрениями АгроВерм и Изагри Вита при посеве семян и во время вегетации.

5.2 Экономическая оценка агроприемов

Многие исследования указывают на то, что за счет применения новых агротехнических приемов при выращивании культуры, можно повысить не только ее урожайность, но и экономическую эффективность ее возделывания (Велкова Н.И., 2017; Кабунина И.В., Прахова Т.Я., 2022). Для экономической оценки приемов возделывания горчицы основными показателями являются производственные затраты труда, себестоимость продукции, чистый доход и рентабельность.

При анализе издержек, связанных с использованием агрохимикатов, учтены все реальные расходы на опрыскивание и стоимость необходимых

препаратов. Так как, норма использования биопрепаратов по всем вариантам была одна, то расходы менялись лишь только за счет разнице в цене.

В целом по опыту можно сказать, что применение комплексных микробиологических удобрений способствовало увеличению урожайности, прибавка которой окупала затраты, связанные с приобретением препаратов и их применением. Конечно, в вариантах с их использованием затраты возрастают по сравнению с контролем на 2-6 %, но это окупается полученной при этом прибавкой урожая (таблица 24).

В опыте с предпосевной обработкой семян наибольшие затраты отмечены в вариантах с использованием Блэкджека и Циркона, которые составили 18,82 и 18,91 тыс. руб./га. Это объясняется более дорогой стоимостью самих препаратов. Максимальный чистый доход получен в вариантах с обработкой препаратами АгроВерм (35,58 тыс. руб./га), Изагри Вита (35,93 тыс. руб./га) и Блэкджек (35,78 тыс. руб./га), и превышал контрольный вариант на 5,9-6,3 тыс. руб./га. В данных вариантах отмечена наиболее низкая себестоимость продукции – 10,15 и 10,34 тыс. руб./га и высокая рентабельность 190,06-195,6 %, при этом максимум ее достигается в варианте с Изагри Вита (195,6 %).

При фоллиарной обработке микроудобрениями посевов, наиболее высокие экономические показатели получены при использовании препаратов АгроВерм и Изагри Вита, где условный чистый доход составил 34,37 и 35,02 тыс. руб./га при рентабельности 180,6 и 187,5 % соответственно.

При увеличении нормы высева горчицы возрастают и производственные затраты – с 15,98 до 19,64 тыс. руб./га и себестоимость продукции – с 10,79 до 13,93 тыс. руб./га. При этом, максимальные чистый доход и рентабельность отмечены в варианте с нормой высева 2,5 миллиона, которые составили соответственно 33,22 тыс. руб./га и 190,0 %, за счет выхода валовой продукции.

Таким образом, оценка экономической эффективности получения семян горчицы показала, что производственные затраты на применение новых агроприемов, в том числе микроудобрений и биостимуляторов роста окупается прибавочной стоимостью продукции.

Таблица 24 – Экономическая оценка приемов возделывания
горчицы белой (2020-2022 гг.)

Вариант	Стоимость продукции, тыс. руб./га	Затраты, тыс. руб./га	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
Нормы высева					
1,0	44,4	15,98	28,42	10,79	177,8
1,5	46,5	16,54	29,96	10,67	181,1
2,0	49,5	17,12	32,38	10,37	189,1
2,5	50,7	17,48	33,22	10,34	190,0
3,0	48,0	18,34	29,66	11,46	161,7
3,5	45,3	18,98	26,32	12,57	138,7
4,0	42,3	19,64	22,66	13,93	115,8
Предпосевная обработка семян					
Контроль	47,4	17,72	29,68	11,21	167,5
Циркон	51,0	18,91	32,09	11,12	169,7
АгроВерм	54,3	18,72	35,58	10,34	190,1
Цитовит	48,9	18,10	30,80	11,10	170,2
Мегамикс	49,2	18,32	30,88	11,17	168,6
Гумат К/Na	48,9	18,02	30,88	11,05	171,4
Гумат +7	49,5	18,12	31,38	10,98	173,2
Блэджек	54,6	18,82	35,78	10,34	190,1
Изагри Форс	50,1	18,32	31,78	10,97	173,5
Изагри Вита	54,3	18,37	35,93	10,15	195,6
Изагри Бор	51,3	18,39	32,91	10,75	178,9
Изагри Азот	48,9	18,06	30,84	11,08	170,8
Изагри Фосфор	47,7	18,17	29,53	11,43	162,5
Внекорневая обработка растений					
Контроль	47,1	18,05	29,05	11,50	160,9
Циркон	48,9	19,22	29,68	11,79	154,4
Блэджек	52,5	18,91	33,59	10,81	177,6
АгроВерм	53,4	19,03	34,37	10,69	180,6
Изагри Вита	53,7	18,68	35,02	10,44	187,5
Гумат +7	50,4	18,43	31,97	10,97	173,5
Мегамикс	50,1	18,63	31,47	11,15	168,9
Изагри Форс	51,3	18,63	32,67	10,89	175,4
Цитовит	52,2	19,14	33,06	11,0	172,7

Максимальный экономический эффект получен при посеве ее с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян/га, при обработке семян биорегулятором Блэджек и микроэлементными удобрениями АгроВерм и Изагри Вита, а также обработка последними в качестве листовой подкормки в фазу стеблевания горчицы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено положительное влияние нормы высева на формирование продуктивного стеблестоя горчицы белой. Наиболее высокие показатели полевой всхожести семян (91,9 %) и сохранности растений к уборке (91,1 %) отмечены при посеве горчицы с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на гектар.

2. Выявлено, что норма высева горчицы 2,5 миллиона всхожих семян позволяет создавать посеvy с оптимальной листовой поверхностью и сохранять это длительный период времени. При данной норме высева у горчицы отмечены наибольшие значения площади листьев, фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза – 41,9-44,1 тыс. м²/га, 384,9-398,0 тыс. м²×сутки/га и 2,97-3,08 г/м² ×сутки, соответственно.

3. В наших исследованиях, при посеве горчицы с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян, семенная продуктивность ее достигала наибольшего значения (1,69 т/га) при масличности 30,06 %. При этом, содержание масла в семенах в варианте с нормой высева 2,0 миллиона отличалось не существенно, всего на 0,47 % при наименьшей существенной разности 1,62 %.

При посеве горчицы с данной нормой высева получены более качественные семена, у которых были наибольшие показатели натурности семян (714,3 г/см³), содержания протеина (36,26 %), сбора масла (0,45 т/га) и наименьший уровень эруковой кислоты (29,63 %).

4. Наиболее высокие показатели элементов структуры урожая горчицы отмечены в варианте с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на гектар. Здесь образовалось наиболее оптимальное количество стручков (48,8 шт.) на растении, число семян (5,7 штук) в стручке, величина семенной продуктивности растения (3,47 г) и крупные семена (6,19 г).

5. При предпосевной обработке семян микроэлементными удобрениями отмечен положительный эффект на их посевные качества и формирование продуктивного агроценоза горчицы белой сорт Люция. Семена, обработанные препаратами АгроВерм и Блэкджек, обладали более высокими показателями

начального роста, где энергия прорастания составила 77,8 и 78,3 %, лабораторная всхожесть – 96,03 и 94,43 % и сила роста семян – 5,36 и 5,41 см, соответственно и достоверно превышали контрольный вариант на 2,38 и 2,43 см.

6. Использование биопрепаратов Изагри Вита и Блэкджек способствовало наиболее интенсивной стимуляции полевой всхожести, которая составила 93,9 и 92,4 % и была выше на 10,7-12,2 % относительно варианта без обработки. Максимальная выживаемость растений горчицы к уборке наблюдался в вариантах при использовании микроудобрений Блэкджек (93,0 %) и АгроВерм (93,4 %), что на 5,2 и 6,6 % выше по сравнению с контрольным вариантом.

7. При использовании удобрений АгроВерм и Блэкджек повышается фотосинтетическая активность посевов горчицы белой относительно контрольного варианта: максимальная площадь листовой поверхности увеличивается на 10,3-11,3 %, фотосинтетический потенциал – на 22,5-24,4 % и чистая продуктивность фотосинтеза – на 13,2-18,1 %, что благоприятно сказывается на росте и развитии культуры.

8. Наиболее высокая урожайность семян горчицы (1,81-1,82 т/га) сформировалась на фоне предпосевного использования препаратов АгроВерм, Изагри Вита и Блэкджек при их масличности 30,20-30,66 %, что соответственно на 0,23-0,24 т/га и 0,9-1,36 % превышало значения в варианте без обработки. В данных вариантах отмечены наибольшие показатели элементов структуры урожая, в том числе число стручков на растении – 47,5-52,4 штук; семенная продуктивность одного растения – 3,26-3,90 г и масса 1000 семян – 6,15-6,35 г.

9. Листовая обработка посевов горчицы белой микроудобрениями, оказала стимулирующее действие на рост и развитие растений, что выразилось в увеличении сохранности растений к уборке на 1,6-4,1 % и повышении фотосинтетической деятельности. Наибольшая выживаемость (97,1 %) растений, площадь листовой поверхности (45,5 тыс. м²/га) и чистая продуктивность фотосинтеза (3,46 г/ м²*сут.) отмечены при фолитарном внесении АгроВерма.

10. Фолиарная обработка биоудобрениями эффективно повлияла на увеличение продуктивности горчицы. Максимальная урожайность семян получена в вариантах с применением микроудобрений Изагри Вита и АгроВерм – 1,78 и 1,79 т/га, здесь отмечена большая существенная прибавка урожая к контролю – 0,21 и 0,22 т/га.

Наибольшее содержание масла в семенах отмечено в вариантах с листовой подкормкой биостимулятором Блэкджек, микроудобрениями АгроВерм и Изагри Вита, которое составило 30,07-30,59 %, что существенно превышало данные контрольного варианта – на 1,56-2,08 %.

11. Некорневые подкормки биопрепаратом АгроВерм способствовали максимальному увеличению числа стручков на одном растении – до 52,7 штук, что превышало контроль на 8,2 штук; семенной продуктивности растения – до 3,50 г, прибавка относительно контрольного варианта составила 0,86 г; массы 1000 семян – до 7,09 г.

12. Использование микроудобрений и регуляторов роста в качестве предпосевной и некорневой обработке, приводит к количественному варьированию жирнокислотного состава. Так, при обработке семян, все применяемые препараты, кроме Цитовита, приводили к увеличению содержания эруковой кислоты на 0,55-8,07 %. Обработка Цитовитом приводило к существенному снижению аккумуляции эруковой кислоты в маслосеменах на 2,83 %.

Листовые подкормки горчицы микроудобрениями наоборот способствовали снижению эруковой кислоты до 26,7-28,8 % относительно 29,1 % в контроле, минимальное содержание (26,7 %) эруковой кислоты отмечено на варианте с применением Блэкджеком. Опрыскивание посевов Цитовитом приводило к увеличению концентрации данной кислоты до 30,1 %.

13. Выращивание горчицы белой в условиях лесостепи Среднего Поволжья с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на 1 гектар является энергетически эффективной и экономически выгодной. Данный прием обеспечил наивысшие показатели биоэнергетической и экономической эффективности: чистый энергетический доход составил 16,31 ГДж/га,

энергетическая рентабельность – 55,38 % и биоэнергетический коэффициент – 1,55. Максимальные чистый доход и рентабельность производства горчицы составили соответственно 33,22 тыс. руб./га и 190,0 %.

14. Применение микроудобрений и стимуляторов роста при выращивании горчицы белой показало высокую экономическую и энергетическую эффективность. Предпосевная обработка семян микроудобрениями АгроВерм, Изагри Вита и Блэкджек способствовала получению наибольшей энергетической рентабельности – 47,89-49,63 %, биоэнергетический коэффициент составляет 1,48-1,50. Экономическая оценка изучаемых препаратов показала, что в данных вариантах получен максимальный чистый доход 35,58-35,93 тыс. руб./га и рентабельность – до 190,06-195,6 %, а также отмечена наиболее низкая себестоимость продукции – 10,15 и 10,34 тыс. руб./га.

15. При фоллиарной обработке посевов горчицы наиболее высокие экономические показатели получены при использовании биопрепаратов АгроВерм и Изагри Вита, где чистый энергетический доход составил 16,33 и 15,70 ГДЖ/га, биоэнергетический коэффициент – 1,54 и 1,51 единицы и энергетическая рентабельность – 54,05 и 51,34 %. Условный чистый доход в данных вариантах, составил 34,37 и 35,02 тыс. руб./га, рентабельность – 180,6 и 187,5 %.

Следовательно, возделывание горчицы белой в условиях Среднего Поволжья наиболее энергетически и экономически выгодно при посеве с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на гектар и обработкой микроудобрениями АгроВерм и Изагри Вита при посеве семян и во время вегетации растений.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При возделывании горчицы белой в условиях лесостепи Среднего Поволжья, с целью получения высоких и стабильных урожаев семян с высоким качеством рекомендуется:

– высевать горчицу сорт Люция рядовым способом с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на гектар;

– проводить предпосевную обработку семян гуминовым биоудобрением АгроВерм, комплексным микроэлементным удобрением Изагри Вита и биостимулятором Блэкджек в дозе 1,0 л/т;

– применять некорневую подкормку растений горчицы в фазу стеблевания микроудобрением Изагри Вита и гуминовым биоудобрением АгроВерм в дозе 1,0 л/га.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Данная работа рассматривает лишь один из аспектов проблемы, поэтому учитывая высокую эффективность использования агрохимикатов при возделывании горчицы белой работа в этом направлении будет продолжена.

Перспективы дальнейшего исследования заключаются в изучении эффективности двухфакторного применения комплексных микроудобрений: в качестве предпосевной и некорневой обработки растений, а также детальное изучение диапазон варьирования норм расхода препаратов в конкретных природно-климатических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авилов, А.С. Использование озимой пшеницей азота биомассы горчицы белой, меченой ^{15}N , в условиях черноземных почв / А.С. Авилов, О.А. Соколов, А.А. Завалин, Н.Я. Шмырева // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. – №2. – С. 29-31.
2. Агротехника масличных культур в засушливых зонах / Под ред. Н.Н. Латышева. – Нур-Султан: «Аграрный сектор», 2021. – 336 с.
3. Адаптивные технологии возделывания масличных культур. – Краснодар, 2011. – 182 с.
4. Аленин, П.Г. Влияние микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность рыжика озимого сорта Пензяк / П.Г. Аленин, Т.Я. Прахова, А.Е. Сафронкин // Нива Поволжья. – 2015. – № 3 (36). – С. 13-18.
5. Асякин, Б.П. Защита капустных культур от крестоцветных блошек рода *Phyllotreta* с использованием кормовых ловушек / Б.П. Асякин // Картофель и овощи. – 2023. - № 2. – С. 25-27.
6. Бацазова, Т.М. Влияние сроков посева горчицы белой в лесостепной зоне РСО-Алания / Т.М. Бацазова // Тенденция развития науки и образования. – 2022. – № 83-2. – С. 99-102.
7. Беденко, В.П. Фотосинтез и продукционный процесс. Монография /В.П. Беденко, В.В. Коломейченко. – Орел, 2008. – 144 с.
8. Битов, Х.А. Влияние сидеральных культур на ферментативную активность почвы / Х.А. Битов, В.С. Бжеумыхов // Вестник аграрной науки. – 2023. - № 2 (101). – С. 6-11.
9. Бопп, В.Л. Обоснование способов и сроков уборки масличных культур (рапс, рыжик, горчица) в условиях Канской лесостепи / В.Л. Бопп, Н.И. Пыжикова, Н.Л. Кураченко, Т.И. Валова // Вестник КрасГАУ. – 2019. - № 6 (147). – С. 52-58.
10. Борисова, Г.Г. Биоудобрение на основе силикатных бактерий повышает продуктивность почв и культурных растений (на примере *Brassica*

Juncea (L.) Czern.) / Г.Г. Борисова, О.В. Воропаева, М.Г. Малева, Г.И. Ширяев, О.В. Лыкова // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2022. - № 80. – С. 140-151.

11. Бородычев, В.В. Продуктивность и качественные показатели семян горчицы в Рисовых севооборотах Калмыкии / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, В.В. Цыбулин// Плодородие, – 2013. – №1,– С.30-32.

12. Буянкин, В.И. Потенциал смешанных посевов полевых культур в условиях Нижнего Поволжья / В.И. Буянкин, Л.П. Андриевская // Научно-агрономический журнал. – 2016. – № 2 (99). – С. 47-48.

13. Васильева, А.С. Учет основных болезней горчицы белой на опытном поле Вологодской ГМХА /А.С. Васильева // Инновации. Наука. Образование. – 2021. - № 39. – С. 59-62.

14. Васильева, Т.В. Насекомые-вредители на горчице белой / Т.В. Васильева, Г.В. Растутаева // Сборник материалов конференции «Наука, образование и инновации». – Уфа, 2016. – С. 108–109.

15. Васильева, Т.В. Вредители и болезни на семенниках горчицы белой / Т.В. Васильева // Молочнохозяйственный вестник. – 2018. – №1(29).– С. 17-24.

16. Вафина, Э.Ф. Энергетическая оценка эффективности приемов технологий возделывания полевых культур /Э.Ф. Вафина, П.Ф. Сутыгин – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2016.–63 с.

17. Величко, В.В. Горчица белая в Нечерноземной полосе / В.В. Величко. – М.: Сельхозгиз, 1951. – 72 с.

18. Велкова, Н.И. Роль сорта в повышении урожайности горчицы белой/Н.И. Велкова // Сборник региональной конференции «Вторые чтения, посвященные памяти Ефремова Степана Ивановича. – Орел, 2007. – Вып. 14. – С. 107-110.

19. Велкова, Н.И. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность горчицы белой /Н.И. Велкова, В.П. Наумкин // Зерновое хозяйство России. – 2013. – №4 (28). – С.55–58.

20. Велкова, Н.И. Использование горчицы белой и продуктов ее переработки в питании, медицине и косметике. Монография./ Н.И. Велкова, В.П. Наумкин – Орел: «ОрелГАУ», 2014. – 154 с.
21. Велкова, Н.И. Горчица белая – медоносная культура. Монография. / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин – Орел: Изд-во «Картуш», 2015. – 160 с.
22. Велкова, Н.И. Экономическая и биоэнергетическая эффективность возделывания горчицы белой в условиях ЦЧР / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – №3 (23). – С. 87-92.
23. Велкова, Н.И. Возделывание горчицы белой (*Sinapis Alba L.*) в условиях ЦЧР. Монография./ Н.И. Велкова, В.П. Наумкин - Орел, 2018. – 384 с.
24. Велкова, Н.И. Горчица – медоносная культура многоцелевого использования / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин // Пчеловодство. – 2022. – № 2. – С. 16-18.
25. Велкова, Н.И. Горчица - культура комплексного использования / Н.И. Велкова // Сборник научных трудов по пчеловодству. – Орел, 2022. – Т. 25. – С. 229-239.
26. Велкова, Н.И. Перспективная технология возделывания горчицы белой (*Sinapis Alba L.*). Методические рекомендации / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин – Орел, 2022. – 70 с.
27. Виноградов, Д.В. Урожайность горчицы белой при использовании современных жидких удобрений в нечерноземной зоне России / Д.В. Виноградов, К.В. Наумцева, Е.И. Лупова, А.А. Соколов, О.А. Антошина // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. - № 4 (44). – С. 126-131.
28. Виноградов, Д.В. Выращивание горчицы белой в условиях южной части нечерноземной зоны России / Д.В. Виноградов, К.В. Наумцева // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2023. - № 8 (217). – С, 49-62.

29. Воловик, В.Т. Биологические особенности горчицы белой / В.Т. Воловик // Итоги научной деятельности Центрального селекционного центра ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса». – М.: Наука, 2015. – С. 256–258.
30. Воловик, В.Т. Горчица белая – значение, использование / В.Т. Воловик // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. - № 2. – С. 41-67.
31. Воловик, В. Капустные культуры – источник белка / В. Воловик, А. Шпаков // Животноводство России. – 2022. - № 2. – С. 57-59.
32. Воловик, В.Т. Масличные капустные культуры в растениеводстве Центрального экономического района / В.Т. Воловик, А.С. Шпаков, Ю.К. Новоселов и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 2. – С. 33–35.
33. Волошин, Е.И. Руководство по удобрению капустных культур (ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной): методические рекомендации / Е.И. Волошин, А.Т. Аветисян. – Красноярск, 2017. – 27 с.
34. Вольф, Е.Ю. Исследование жирно-кислотного состава некоторых растительных масел и их купажей / Е.Ю. Вольф, В.М. Козырева, И.В. Симакова, А.А. Вольф // Ползуновский вестник. – 2021. – № 3. – С. 131-140.
35. 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.
36. Гончарова, Е.Н. Выращивание горчицы белой с использованием фитостимулятора из зоокомпоста / Е.Н. Гончарова, М.И. Василенко, О.И. Кузнецова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. - № 4 (28). – С. 137-144.
37. Гордеева, Н.Н. Предшественник горчица белая в качестве органического удобрения на яровой пшенице / Н.Н. Гордеева, П.А. Кондратьев // Сборник трудов межрегиональной конференции «Юность большой Волги». – Чебоксары, 2017. – С. 125–128.

38. Горлова, Л.А. Влияние агроэкологических факторов на хозяйственные характеристики горчицы сарептской (*Brassica juncea*) / Л.А. Горлова, В.С. Трубина, О.А. Сердюк, Е.Ю. Шипиевская // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 66. – С. 78–82.

39. ГОСТ 31663-2012 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». – 2013. – 8 с.

40. ГОСТ 10857-64. Семена масличные. Методы определения масличности. – М.: Стандартинформ, 2010. – 74 с.

41. Григулецкий, В.Г. Цифровая методика оценки эффективности применения "зеленых" удобрений / В.Г. Григулецкий, Е.К. Яблонская, Е.В. Белокур, А.В. Казакевич, Е.Н. Долженко // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. - № 2 (386). – С. 169-172.

42. Гущина, В.А. Продуктивность горчицы белой в лесостепной зоне Среднего Поволжья / В.А. Гущина, А.С. Лыкова // Молочнохозяйственный вестник. – 2022. - № 3 (47). – С. 55-67.

43. Гущина, В.А. Засоренность агроценоза горчицы белой в зависимости от агротехнических приемов в условиях лесостепи Среднего Поволжья / В.А. Гущина, А.С. Лыкова, А.С. Королев // Аграрный научный журнал. – 2023. - № 6. – С. 12-17.

44. Джумов, С.В. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании горчицы белой на семена / С.В. Джумов // Сборник статей конференции «Актуальные проблемы агрономии». – Горки: БГСХА, 2020. – С. 14–17.

45. Дмитриев, В.Л. Влияние горчицы белой на плодородие почв / В.Л. Дмитриев, В.А. Егоров, В.В. Иванов // Сборник трудов конференции «Молодежь и инновации». – Чебоксары, 2017. – С. 32–34.

46. Донская, М.В. Зернобобовые культуры (чина, вика, горох) в смешанных посевах с горчицей белой / М.В. Донская, Н.И. Велкова, В.П.

Наумкин // Земледелие. – 2019. – № 4. – С. 25–28. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10406.

47. Донская, М.В. Изучение морфологических признаков и урожайности совместных посевов чины с горчицей белой / М.В. Донская, Н.И. Велкова, В.П. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 63–67.

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

49. Дорожкина, Л.А. Циркон и силиплант – антистрессовые и рострегулирующие препараты/ Л.А. Дорожкина, В.А. Каравеева, Л.Э. Гунар, Л.М. Поддымкина // Плодородие. – 2016. - № 2 (89). – С. 13-15.

50. Дружинин, В.Г. Фотосинтетическая деятельность сафлора красильного в зависимости от применения микроудобрений / В.Г. Дружинин, Т.Я. Прахова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 4 (388). – С. 367-370.

51. Елфимова, Ю.С. Возделывание SINAPSIS ALBA – горчицы белой/ Ю.С. Елфимова// Аграрный вестник Урала, 2008. - №4 (46). – С. 67-68.

52. Емельянова, А.А. Регуляторы роста, наночастицы и микроудобрения как факторы повышения урожайности растений путём обработки по вегетации в условиях стресса (обзор)/ А.А. Емельянова, А.А. Новикова // Животноводство и кормопроизводство. – 2022. - № 1. – Т. 105. – С. 130-138.

53. Епифанова, И.В. Аллелопатическое взаимодействие люцерны изменчивой с масличными культурами / И.В. Епифанова, Т.Я. Прахова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. - № 1 (379). – С. 34-38.

54. Епифанова, И.В. Продуктивность и энергетическая эффективность люцерны изменчивой в подпокровных посевах в условиях лесостепи Среднего Поволжья / И.В. Епифанова, Т.Я. Прахова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. - № 5 (389). – С. 507-510.

55. Ермакова, Л.И. Влияние промежуточных сидератов на биологическую активность почвы и оптимизацию минерального питания культур звена полевого севооборота / Л.И. Ермакова // Владимирский земледелец. – 2020. – №3. – С. 52-55.

56. Ерохин, А.И. Эффективность внекорневой (листовой) обработки растений гороха препаратом Гумат +7 / А.И. Ерохин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1 (41). – С. 56-60.

57. Жирных, С.С. Влияние нормы высева и срока посева на урожайность надземной биомассы горчицы белой и желтой / С.С Жирных // Вестник Марийского государственного университета. – 2018. – Т. 4. – № 4. – С. 29-34.

58. Жирных, С.С. Влияние нормы высева и срока посева на семенную продуктивность горчицы белой и желтой / С.С Жирных // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. - № 5 (79). – С. 118-121.

59. Жирных, С.С. Продуктивность горчицы белой и сарептской в зависимости от срока посева и нормы высева / С.С Жирных // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. - № 4. – С. 145-154.

60. Жирных, С.С. Семенная продуктивность горчицы белой и сарептской в Удмуртской республике / С.С. Жирных // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 12 (177). – С. 17-24.

61. Жуковский, П.М. Культурные растения и их сородичи (Систематика, география, экология, использование, происхождение). – М.: Советская наука, 1950. – 595 с.

62. Замятина, Н. Горчица бывает разной / Н. Замятина // Наука и жизнь. – 2003. - № 10. – С. 100-103.

63. Зазуля, А.Н. Расширение сырьевых ресурсов для производства биодизельного топлива/А.Н. Зазуля, С.В. Романцова, Е.А. Улюкина//Наука в центральной России. – 2014. - № 4. – С. 64-84.

64. Зотова, Е.Ю. Минеральные удобрения - важный фактор повышения урожайности семян горчицы белой / Е.Ю. Зотова // Сборник материалов конференции «Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития». – Иваново, 2017. – С. 84–86.

65. Иванов, А.И. Природные условия Пензенской области. Современное состояние/ А.И. Иванов, Н.В. Чернышов, Е.Н. Кузин. – Пенза, 2017. – 236 с.

66. Ившина, Е.С. Предпосевная обработка семян микроудобрениями как фактор повышения урожайности полевых культур / Е.С. Ившина // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2021. – С. 74-77.

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

68. Картамышева, Е.В. Проблемы и перспективы возделывания горчицы / Е.В. Картамышева // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 25–26.

69. Картамышева, Е.В. Экологическая пластичность и стабильность сортов горчицы сарептской селекции ВНИИМК в условиях недостаточного увлажнения Ростовской области / Е.В. Картамышева, Т.Н. Лучкина, Л.П. Збраилова // Труды кубанского государственного аграрного университета. – 2019. - № 80. – С. 139-144.

70. Кирюшин, Б.Д. Основы научных исследований в агрономии / Б.Д. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев.- М.: «Колос», 2009. – 398 с.

71. Киселева, Л.В. Энергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур: методические указания / Л.В. Киселева, В.Г. Васин – Кинель: РИО СамГАУ, 2019. – 74 с.

72. Кленникова Л.В. Влияние биологически активных препаратов на всхожесть семян горчицы белой / Л.В. Кленникова // Сборник материалов «Школа молодых учёных по проблемам естественных наук». – Елец, 2018. – С. 153–156.

73. Климат Пензы / Под ред. Ц.А. Швер, В.С. Никулиной, Н.А. Поповой – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 181 с.

74. Кондратьев, П.А. Роль горчицы белой в качестве сидерата – предшественника яровой пшеницы / П.А. Кондратьев, И.П. Елисеев // Сборник материалов конференции «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России» – Пенза: Пензенский ГАУ, 2019. – С. 104–106.

75. Косенко, С.В. Влияние биоудобрения «АгроВерм» на процесс прорастания семян зерновых культур / С.В. Косенко, И.И. Плужникова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 10 (192). – С. 19-23.

76. Крючков, М.М. Горчица белая и рапс, как важные элементы в биологизации земледелия / М.М. Крючков, И.В. Смертенков // Сборник трудов «Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов». – Рязань, 2017. – С. 228–231.

77. Кузина, Е.В. Засоренность посевов горчицы в условиях Западной Сибири /Е.В. Кузина// Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. - № 2 (386). – С. 209-212.

78. Кузина, Е.В. Дифференцированная система обработки почвы в лесостепной зоне Среднего Поволжья / Е.В. Кузина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 1. – С. 5-13.

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

80. Кузнецова, Г.Н. Качество маслосемян капустных культур в условиях западной Сибири / Г.Н. Кузнецова, Р.С. Полякова // International Agricultural Journal. – 2021. – № 3. – С. 1-7.

81. Кузнецова, Г.Н. Продуктивность горчицы в условиях Западной Сибири / Г.Н. Кузнецова, Р.С. Полякова // International Agricultural Journal. – 2022. – № 2. – С. 595-608.

82. Кузнецова, Г.Н. Перспективные сорта капустных культур для условий западной Сибири / Г.Н. Кузнецова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. - № 2 (62). – С. 10-14.

83. Кузьмина, Е.Ю. Влияние макро- и микроудобрений на урожай семян редьки масличной в условиях лесостепи ЦФО России / Е.Ю. Кузьмина, В.П. Савенков // Масличные культуры. – 2021. – № 1 (185). – С. 52-62.

84. Кулина, Е.Н. Горчицу нужно сеять широкорядно /Е.Н. Кулина// Зерновые и масличные культуры. – 1971. - № 2. – 27 с.

85. Курицын, И.И. География Пензенской области / И.И. Курицын, Н.А. Марденский. – Саратов, 1991 – 96 с.

86. Кшникаткина, А.Н. Оценка качества маслосемян капустных культур в условиях Средневолжского региона / А.Н. Кшникаткина, Т.Я. Прахова, А.П. Крылов и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 4. – С. 41–43.

87. Кшникаткина, А.Н. Регуляторы роста и микроудобрения - факторы повышения продуктивности льна масличного / А.Н. Кшникаткина, Е.Ю. Журавлев // Нива Поволжья. – 2018. – № 4 (49). – С. 67-71.

88. Кшникаткина, А.Н. Сравнительная продуктивность яровых крестоцветных масличных культур в условиях Среднего Поволжья/ А.Н. Кшникаткина, А.А. Галиуллин // Сурский вестник. – 2019. – № 4 (8). – С. 23-28.

89. Лагошина, А.Г. Влияние регуляторов роста растений на функциональные процессы сельскохозяйственных культур (литературный обзор) / А.Г. Лагошина, Э.К. Пчихачев, О.Г. Белоус // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – № 74. – С. 120-131.

90. Лекарев, А.В. Приемы повышения продуктивности фотосинтеза и урожайности масличных культур в степном Поволжье / А.В. Лекарев, И.В. Милованов, И.В. Кутырев, Е.В. Кандалов // Научная жизнь. – 2020. – Т. 15. _ № 12 (112). – С. 1613-1624.

91. Ломов, С.П. Почвы и климат Пензенской области / С.П. Ломов. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 292 с.

92. Лошкомойников, И.А. Рекомендации по возделыванию масличных культур в Омской области / И.А. Лошкомойников, А.Н. Пузиков, Г.Н. Кузнецова и др. – Исилюль, 2019. – 122 с.

93. Лукьянова, О.В. Роль биологически активных препаратов в повышении продуктивности агрокультур / О.В. Лукьянова, Н.В. Вавилова, Д.В. Виноградов, А.С. Ступин, А.А. Соколов // Вестник Рязанского Государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – № 1 (49). – С. 30-39.

94. Лупова, Е.И. Влияние различных уровней минерального питания на урожайность масличных культур / Е.И. Лупова, К.В. Наумцева, Д.В. Виноградов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. - № 4. – С. 23-29.

95. Лыкова, А.С. Возделывание горчицы белой на семена в условиях лесостепи Среднего Поволжья/ А.С. Лыкова // Сурский вестник. – 2022. - № 3 (19). – С. 16-20.

96. Маринин, Н.И. Особенности развития горчицы белой при различных сроках и нормах посева / Н.И. Маринин // Адаптивное кормопроизводство. – 2022. – № 4. – С. 38-49.

97. Маринич, П.Е. Сорта масличных культур / П.Е. Маринич. – Москва, 1954. – 74 с.

98. Мастеров, А.С. Влияние регуляторов роста на эффективность возделывания горчицы белой на семена / А.С. Мастеров, Д.И. Романцевич, А.С. Журавский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2. – С. 98-101.

99. Машанов, В.И. Пряно-ароматические растения / В.И. Машанов, А.А. Покровский – М.: Агропромиздат, 1991. – 286 с.

100. Медведев, А.П. Урожайные качества гвизоции абиссинской в зависимости от применения микроудобрений / А.П. Медведев, В.А. Прахов // Сборник материалов конференции «Инновационные технологии в АПК: теория и практика». – Пенза, 2021. – С. 111-114.

101. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть. – Москва, 2019 – 329 с.
102. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / под ред. В.М. Лукомца – Краснодар, 2010. – 327 с.
103. Методические указания по определению биохимических показателей качества масла и семян масличных культур. – Краснодар: ВАСХНИЛ, ВНИИМК, 1986. – 88 с.
104. Методы исследований в растениеводстве. – Саратов, 2014. – 83 с.
105. Минкевич, И.А. Масличные культуры / И.А. Минкевич, В.Е. Борковский. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 416 с.
106. Михайличенко, Б.П. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства / Б.П. Михайличенко, А.А. Кутузова, Ю.К. Новоселов и др. – М.: Россельхозакадемия, 1995. – 173 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. Мосина, Л.В. Фитоэкстракция свинца и кадмия из почвогрунтов полигонов отходов некоторыми сельскохозяйственными культурами / Л.В. Мосина, Ю.А. Холопов, Ю.А. Жандарова // Теоретическая и прикладная экология. – 2023. - № 1. – С. 154-161.
109. Наумкин, В.П. Возделывание горчицы белой (*Sinapis alba* L.) в условиях ЦЧР. Монография/ В.П. Наумкин, Н.И. Велкова. - Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2009. – 308 с.
110. Наумова, М. Особенности возделывания масличных культур в Пензенской области /М. Наумова// Главный агроном. – 2013. – № 7. – С. 22–24.
111. Наумцева, К.В. Использование биоудобрений в посевах горчицы / К.В. Наумцева, Д.В. Виноградов // Сборник конференции «Приоритетные

направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России». – Рязань, 2019. – С. 506-509.

112. Наумцева, К.В. Перспективы производства горчицы белой в условиях Рязанской области / К.В. Наумцева // Сборник конференции «Экологическое состояние природной среды и научно-технические аспекты современных агротехнологий». – Рязань, 2020. – С. 293-297.

113. Наумцева, К.В. Эффективность некорневой обработки при выращивании горчицы белой / К.В. Наумцева, Д.В. Виноградов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – Т. 5. – № 2. – С. 20-27.

114. Наумцева, К.В. Значение и качество семян горчицы белой / К.В. Наумцева, Д.В. Виноградов // Сборник конференции «Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур». – Горки, 2021. – С. 103-105.

115. Наумцева, К.В. Некорневые подкормки в агроценозах горчицы белой в условиях Нечерноземной зоны России / К.В. Наумцева // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2021. – №3. – С. 62-67.

116. Наумцева, К.В. Использование гербицидов в технологии производства семян горчицы белой / К.В. Наумцева, Д.В. Виноградов // АгроЭкоинфо. – 2022. – № 3 (51). – С. 1-10.

117. Неумывакин, И.П. Горчица. На страже здоровья / И.П. Неумывакин – СПб.: ДИЛЯ, 2006. – 96 с.

118. Николаев, С.И. Использование горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» в рационах дойных коров / С.И. Николаев, В.Н. Струк, Н.В. Струк, А.К. Карапетян, С.В. Чехранова, А.В. Никищенко // Научный журнал КубГАУ. – 2017. - № 131 (07). – С. 1-15.

119. Николаева, Е.В. Оценка взаимовлияния однолетних кормовых культур на ранних стадиях развития растений / Е.В. Николаева, О.А. Голубева, Л.А. Кузнецова // Вестник ИрГСХА. – 2022. - № 110. – С. 24-32.

120. Ничипорович, А.А. Основы фотосинтетической продуктивности растений / А.А. Ничипорович // Сб. трудов «Современные проблемы фотосинтеза – Москва, 1973. – С. 17-43.

121. 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.

122. Овсянникова, Н.С. История изучения геологии, рельефа и климата Пензенской области / Н.С. Овсянникова // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2009. – № 18. – С. 123-129.

123. Панасюга, А.П. Влияние морфорегуляторов на продуктивность горчицы белой / А.П. Панасюга, П.А. Саскевич, В.Р. Кажарский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 33-37.

124. Парахневич, Д.В. Комплексная переработка семян горчицы. Монофафия / Д.В. Парахневич, Г.Г. Русакова, В.А. Хомутов, М.М. Русакова // Волгоград: ФГУ ВПО ВГСХА. ИПК «Нива», 2009. – 190 с.

125. Пенькова, И.Н. Нетрадиционные жмыхи как средство коррекции качества и экологической безопасности продукции скотоводства в условиях техногенеза / И.Н. Пенькова, О.Ю. Мишина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2012. - № 4 (28). – С. 1-5.

126. Переведенцев, Ю.П. Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский, Э.П. Наумов, Ю.Г. Хабутдинов. – Казань: Центр инновационных технологий, 2011. – 295 с.

127. Першаков, А.Ю. Урожайность и сбор масла горчицей и редькой масличной, возделываемой в лесостепной зоне Зауралья / А.Ю. Першаков, Е.А. Демин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3. (70). – С. 29-33.

128. Плевко, Е.А. Влияние микроэлементов и регулятора роста на урожайность и качество семян горчицы белой и редьки масличной/Е.А. Плевко, А.С. Мастеров, Н.А. Дуктова//Сб. трудов «Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных и эфиромасличных культур». – Рязань, 2016. – С. 182-139.

129. Плевко, Е.А. Эффективность некорневой обработки микроудобрениями крестоцветных культур / Е.А. Плевко, А.С. Мастеров, Н.В. Бышов, А.С. Журавский // Вестник РГАТУ. – 2017. - № 2 (34). – С. 40-48.

130. Посыпанов, Г.С. Растениеводство / Г.С. Посыпанов. – М.: КолосС. 2007. – 612 с.

131. Прахов, В.А. Нетрадиционные масличные культуры в условиях Пензенского региона / В.А. Прахов, М.В. Данилов // Сб. материалов конференции «Инновационные технологии в АПК: теория и практика». – Пенза, 2020. – С. 129-132.

132. Прахова, Т.Я. Разнообразие масличных капустных культур в Пензенском НИИСХ/ Т.Я. Прахова // Фермер. Поволжье – 2017. – № 3 (56). – С. 47-48.

133. Прахова, Т.Я. Масличные культуры семейства Brassicaceae в условиях Среднего Поволжья. Монография./ Т.Я. Прахова, В.А. Прахов – Пенза, РИО ПГАУ, 2018. – 220 с.

134. 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.

135. Прахова, Т.Я. Фотосинтетическая деятельность сортов ярового рыжика в Пензенской области/ Т.Я. Прахова, В.А. Прахов// В сборнике: Научное обеспечение развития сельского хозяйства Дальневосточного региона. – Южно-Сахалинск, – 2019. – С. 99-105.

136. Прахова, Т.Я. Динамика накопления масла и жирных кислот в семенах крестоцветных культур / Т.Я. Прахова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 6. – С. 15-18.

137. Прахова, Т.Я. Параметры фотосинтеза масличных культур семейства BRASSICACEAE / Т.Я. Прахова, А.Н. Кшникаткина, Г.В. Ильина, Б.З. Шагиев // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 5. – С. 34-37.

138. Прахова, Т.Я. Оценка сортов горчицы сарептской в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Т.Я. Прахова, В.А. Прахов // Труды кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 85. – С. 203-208.

139. 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.

140. Прахова, Т.Я. Эффективность возделывания нетрадиционных масличных культур в зависимости от норм высева / Т.Я. Прахова, И.В. Кабунина // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 10. – С. 62-66.

141. 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.

142. Прахова, Т.Я. Эффективность применения микроудобрений на посевах крамбе абиссинской / Т.Я. Прахова, И.В. Одрин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023. - № 2 (392). – С. 171-174.

143. Рожков, А. White mustard yield and sowing qualities depending on treatment of seeds with physiologically active agents / А. Рожков, О. Чигрин, Ю. Воропай, Д. Ольховский // Plant Breeding and Seed Production. – 2018. – P. 208-217.

144. 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.

145. Ростова, Е.Н. Засоренность и продуктивность посевов горчицы белой (*Sinapis Alba L.*) в зависимости от нормы высева и дозы азота / Е.Н.

Ростова, А.М. Изотов // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 1 (25). – С. 195-204.

146. Ростова, Е.Н. Семенная продуктивность и эффективность выращивания разных видов горчицы в степной зоне Крыма / Е.Н. Ростова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2021. – № 26 (189). – С. 59-67.

147. Ростова, Е.Н. Влияние элементов технологии на засоренность и продуктивность посевов горчицы сарептской (*BRASSICA JUNCEA*) / Е.Н. Ростова // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 3 (75). – С. 75-81.

148. Ростова, Е.Н. Содержание растительного и эфирных масел в семенах горчицы в зависимости от вида культуры, дозы азота и нормы высева в условиях степного Крыма / Е.Н. Ростова, А.М. Изотов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. - № 29 (192). – С. 22-34.

149. Русакова, Г.Г. Кормовая ценность побочных продуктов переработки семян горчицы / Г.Г. Русакова, Л.В. Хорошевская, А.М. Лагутин, А.Е. Мерлин, В.А. Хомутов // Комбикорма. – 2006. – № 6. – С 71-72.

150. Сагирова, Р.А. Сравнительная оценка возделывания масличных культур семейства капустные (*Brassicaceae*) в условиях Предбайкалья / Р.А. Сагирова, С.В. Шапенкова // Вестник ИрГСХА. – 2022. - № 112. – С. 53-64.

151. Салтыковский, А.И. Горчица белая в Ленинградской области / А.И. Салтыковский – Ленинград, 1941. – 258 с.

152. Сачивко, Т.В. Особенности хозяйственно полезных признаков различных видов горчицы / Т.В. Сачивко, В.Н. Босак, Я.Э. Пилук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С 47-51.

153. Серков, В.А. Применение защитно-стимулирующих комплексов на технической конопле / В.А. Серков, С.Л. Белопухов, И.И. Дмитревская // Агрохимия. – 2020. – № 2. – С. 51-60.

154. Сидоренко, Т.А. Использование горчичного порошка из семян белой и сизой горчицы в производстве майонеза / Т.А. Сидоренко // Пищевая и

перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2005. - № 2. – С. 747.

155. Смирнов, А.А. Новые сорта масличных культур семейства Brassicaceae селекции Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства/ А.А. Смирнов, Т.Я. Прахова, Л.Е. Вельмисева, В.А. Прахов //Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – № 3 (7). – С.95-102.

156. Стрельников, Е.А. Масличные капустные культуры – перспективный высокоэффективный сидерат / Е.А. Стрельников, Л.А. Горлова, Э.Б. Бочкарева, В.С. Трубина // Международный журнал гуманитарных наук. – 2018. – № 12-1. – С. 125-131.

157. Таранухо, В.Г. Посевные качества и урожайные свойства семян/ В.Г. Таранухо, А.А. Пугач, Н.Г. Таранухо, А.Ф. Таранова. – Горки: БГСХА, 2009. – 64 с.

158. Тимошкин, О.А. Влияние регуляторов роста на качество семян сафлора красильного в условиях Среднего Поволжья / О.А. Тимошкин, Т.Я. Прахова, В.Г. Дружинин // Нива Поволжья. – 2021. – № 2 (59). – С. 69-74.

159. Титова, Е. Экономические аспекты культивирования некоторых растений, используемых в качестве сырья при производстве биотоплива / Е. Титова, Н. Бондарчук, Е. Романова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 1. – С.54-61.

160. Тойгильдин, А.Л. Перспективы использования масличных культур в севооборотах лесостепной зоны Поволжья / А.Л. Тойгильдин, М.И. Подсевалов, В.Н. Остин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2 (54). – С. 54-61.

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

162. Трубина, В.С. Горчица белая (*Sinapis Alba L.*) - перспективы и возможности использования сортов селекции ВНИИМК / В.С. Трубина, Е.Ю.

Шипиевская, Л.А. Горлова, О.А. Сердюк // Труды конференции «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». – Краснодар, 2017. – С. 906-907.

163. Трубина, В.С. Актуальные направления, методы и результаты селекции горчицы сарептской (*Brassica juncea*) и горчицы чёрной (*Brassica nigra*) / В.С. Трубина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019 – № 180(4). – С. 132-138.

164. Трубина, В.С. Влияние склеротиниоза на структуру урожая горчицы белой / В.С. Трубина, Л.А. Горлова, О.А. Сердюк // Защита и карантин растений. – 2020. – № 4. – С. 44-46.

165. Уваров, А.В. Особенности производства масличных культур в Волгоградской области / А.В. Уваров // Студенческий электронный журнал Стриж. – 2023. – № 1 (48). – С. 9-12.

166. Уханов, А.П. Перспективы использования биотоплива из горчицы / А.П. Уханов, В.А. Голубев // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2011. – № 1. – С. 88-92.

167. Филимоненко, А.И. Возможность использования горчицы в производстве колбасных изделий / А.И. Филимоненко // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 2-3. – С. 395 а.

168. Храмов, А.В. Урожай семян горчицы белой при различных сроках сева в условиях центрального Нечерноземья / А.В. Храмов, В.Т. Воловик // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных культур. – Краснодар, 2013. – С. 244–246.

169. Хургин, С.Я. Горчица / С.Я. Хургин – Москва, 1931. – 107 с.

170. Цугкиев, Б.Г. Химический состав нетрадиционных кормовых растений семейства крестоцветные / Б.Г. Цугкиев, С.А. Гревцева // Земледелие. – 2008. – № 8. – С. 35.

171. Чаус, Е.П. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность горчицы белой / Е.П. Чаус, К.В. Наумцева // Сборник конференции «Экологическое состояние природной среды и научно-технические аспекты современных агротехнологий». – Рязань, 2020. – С. 522-525.

172. Шеуджен, А.Х. Эффективность применения препаратов циркон и цитовит на посевах риса / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, А.П. Науменко // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 11 (65). – С. 87-89.
173. Шиков, А.Н. Растительные масла и масляные экстракты: технология, стандартизация, свойства / А.Н. Шиков, В.Г. Макаров, В.Е. Рыженков. - М.: Издательский дом «Русский врач», 2004. - 264 с.
174. Шипиевская, Е.Ю. Горчица белая. История, применение. Сорты селекции ВНИИМК / Е.Ю. Шипиевская, О.А. Сердюк, В.С. Трубина, Л.А. Горлова // Агронабформ. – 2018. – № 8 (164). – С. 66-68.
175. Шпаар, Д. Яровые масличные культуры / Д. Шпаар, Л. Адам, Х. Гинапп, Г. Крацш, М. Лесовой и др. – Минск, 1999. – 288 с.
176. Шпилева, А.И. Горчица белая как однолетняя кормовая культура / А.И. Шпилева, Т.В. Васильева // Сборник трудов конференции «Инновационные технологии в сельском и лесном хозяйстве». – Вологда, 2019. – С. 23–27.
177. Шрейнер, Я.Ө. Насѣкомыя, вредящія горчицѣ въ Астраханской губернии / Я.Ө. Шрейнер. – Петроградъ: Типографія М. Меркушева, 1915. – 56 с.
178. Alam, Md. Effect of seed rate and sowing method on the yield of mustard / Md. Alam, K.S. Ahmed, M. Mollah, Z. Tareq, Md. Mottalib // Bangladesh Journal of Environmental Science. – 2015. – № 29. – P. 37-40.
179. Angadi, S.V. Early seeding improves the sustainability of canola and mustard production on the Canadian semiarid prairie / S.V. Angadi, H.W. Cutforth, B.G. McConkey, Y. Gan, // Can. J. Plant Sci. – 2004. – V. 84. – P. 705-711.
180. Antova, G.A. Lipid composition of mustard seed oils (*Sinapis alba* L.) / G.A. Antova, M.I. Angelova-Romova, Z.Y. Petkova, O.T. Teneva, M.P. Marcheva // Bulgarian chemical communications. – 2017. – V. 49. – P. 55–60.
181. Artés-Hernández, F. Enrichment of glucosinolate and carotenoid contents of mustard sprouts by using green elicitors during germination / F. Artés-Hernández, F. Miranda-Molina, T. Klug, G. Martínez-Hernández // Journal of Food Composition and Analysis. – 2022. – № 110. – P. 104546.

182. Baikhamurova, M.O. The influence of lead on the growth and development of various mustard tupes / M.O. Baikhamurova, G.A. Sainova, A. Abseyit, G. Tashmetova, K. Kelesbayev // *EurAsian Journal of BioSciences*. – 2020. – T. 14. - № 1. – P. 57-64.

183. Berensen, F.A. Molecular-genetic marking of brassica l. species for resistance against various pathogens: achievements and prospects / F.A. Berensen, O.YU. Antonova, A.M. Artemyeva // *Vavilov journal of genetics and breeding*. – 2019. – T. 23. – № 6. – C. 26-36.

184. Berlanas, C. Effect of white mustard cover crop residue, soil chemical fumigation and *Trichoderma* spp. Root treatment on black-foot disease control in grapevine / C. Berlanas, M. Andrés-Sodupe, B. López-Manzanares, M.M. Maldonado-González, D. Gramaje // *Pest. Manag. Sci.* – 2018. – V. 74. – P. 2864-2873.

185. Boscaro, V. Antiproliferative, Proapoptotic, Antioxidant and Antimicrobial Effects of *Sinapis nigra* L. and *Sinapis alba* L. Extracts / V. Boscaro, L. Boffa, A. Binello, G. Amisano, S. Fornasero, G. Cravotto, M. Gallicchio // *Molecules*. – 2018. – V. 23, №. 11. – P. 3004.

186. Brun, H. Resistance of some crucifers to *Alternaria brassicae* (Berk.) / H. Brun, J. Plessis, M. Renard // *Proc. 7th Intern. Rapeseed Congr.* – Poland, Poznan, 1987. – Vol. 5. – P. 1222–1227.

187. Bukhari, S.A. Mustard as Medicinal Plant: Sources, Botanical Features, Genetics and Applications / S.A. Bukhari, G. Jahangeer, M.U. Dildar, A. Sabir, S. Hussain, M.E. Haider, M. Zafar // *Sch Bull.* – 2021. – № 7(5). – P. 123-129.

188. Chowhan, S. Optimum and late sowing of mustard varieties show similar seed yield/ S. Chowhan, M. Islam, M.S. Rana, M.R. Sultana, S.R. Ghosh, F. Ahmmed, H.M. Ferdous, M.I. Ali, N.A. Khan, M.M. Rahman // *Plant Science Today*. – 2023. – № 10(2). – P. 382-392.

189. Ciubota-Rosie, M. *Sinapis alba* seed as a prospective biodiesel source / C. Ciubota-Rosie, M. Macoveanu // *Biomass Bioenergy*. – 2013. – № 51. – P. 83–90.

190. Damian, F. The treatment of soil polluted with heavy metals using the *Sinapis alba* L. and organo zeolitic amendment / F. Damian, S.G. Jelea, R. Lacatusu, C. Mihali // *Carpathian journal of earth and environmental sciences*. – 2019. – V. 14 – №. 2. P. 409–422.

191. 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, X.Y. The complete chloroplast genome sequence of yellow mustard (*Sinapis alba* L.) and its phylogenetic relationship to other Brassicaceae species / X.Y. Du, T. Zeng, Q. Feng, L.J. Hu, X. Luo, Q.B. Weng, J.F. He, B. Zhu // *Gene*. – 2020. – V. 731. – P. 144–340.

192. Du, Z. Screening of Chinese mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars for Cd/Zn phytoremediation and research on physiological mechanisms / Z. Du, R. Guo, A. Li, D. Ali, A.H. Guo, P. Lahori, X. Wang, X. Liu, Z. Wang, Z. Zhang // *Environmental Pollution*. – 2020. – Vol. 261. – P. 114213.

193. Hemayati, S.S. Efficiency of white mustard and oilseed radish trap plants against sugar beet cyst nematode /S.S. Hemayati, P. Fasahat, M.R. Jahad-e Akbar, A.R. Ghaemi // *Applied Soil Ecology*. – 2017. – Vol. 119. – P. 192–196.

194. Hossain, Z. Plant establishment, yield and yield components of Brassicaceae oilseeds as potential biofuel feedstock / Z. Hossain, E.N. Johnson, L. Wang, R.E. Blackshaw, H. Cutforth, Y. Gan // *Industrial Crops and Products*. – 2019. – Vol. 141. – P. 111800.

195. Hossain, M.S. Role of honey bee on mustard (*Brassica* spp.) yield / M.S. Hossain, J.K. Paul, M.M. Rahman, M.U. Fazlullah, S. Sarkar // *Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management*. – 2021. – № 6. – P. 25-30.

196. Hosseinvand, A. Evaluation of Mustard powder as natural ingredient to reduce antimicrobial levels and physicochemical properties in beef/ A. Hosseinvand, A. Sorkhinejad // *Madridge J Food Technol*. – 2019. – № 4(1). P. 171-176.

197. Hubenko, L. The impact of fertilizers on the productivity of white mustard / L. Hubenko, O. Lyubchich // *The Scientific Journal Grain Crops*. – 2020. – № 4. – P. 289-295.

198. Jaiswal, A.D. Effect of sulphur and boron on yield and quality of mustard (*Brassica juncea* L.) grown on Vindhyan red soil / A.D. Jaiswal, S.K. Singh, Y.K. Singh // *J. Indian Soc. Soil Sci.* – 2015 – № 63 (3) – P. 362–364.

199. Jankowski, K.J. Concentrations of copper, zinc and manganese in the roots, straw and oil cake of white mustard (*Sinapis alba* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss.) depending on sulfur fertilization / K.J. Jankowski, W.S. Budzyński, Ł. Kijewski, A. Klasa // *Plant Soil Environ.* – 2014 – № 60 (8) – P. 364– 371.

200. Jankowski, K. Canola-quality white mustard: Agronomic management and seed yield / K. Jankowski, D. Załuski, M. Sokólski // *Industrial Crops and Products.* – 2020. – V. 145. – P. 112138.

201. Kaur, R. Medicinal Qualities of Mustard Oil and Its Role in Human Health against Chronic Diseases: A Review / R. Kaur, A. Sharma, R. Rani, I. Mawlong, P.K. Rai // *Asian Journal of Dairy and Food Research.* – 2019. – № 38(2). – P. 98-104.

202. Kayacetin, F. Growing degree day and seed yield relationships in mustard (*Brassica juncea* L.) under different sowing seasons and locations of Turkey / Kayacetin F., Onemli F., Yilmaz G., Khawar K.M., Kinay A., Hatipoglu H., Kivilcim M.N., Kara N., Kose A., Sefaoglu F. // *Journal of agricultural sciebces-tarim bilimleri dergisi.* – 2019. – № 3 (25). – P. 298-308.

203. Kayacetin, F. Influence of sowing dates and genotypes on phenology, morphology, yield and fatty acid compounds of *Sinapis Alba* L. for the energy industry / F. Kayacetin // *Gesunde Pflanzen.* – 2022. – № 6/H. – P. 1-11.

204. Kinska, K. A chemical speciation insight into the palladium(ii) uptake and metabolism by *Sinapis alba*. Exposure to Pd induces the synthesis of a Pd-histidine complex / K. Kinska, K. Bierla, S. Godin, H. Preud'homme, J. Kowalska, B. Krasnodebska-Ostrega, R. Lobinski, J. Szpunar // *Metallomics.* – 2019. – V. 11. – №. 9. – P. 1498–1505.

205. Kostic, M.D. Kinetic modeling and optimization of biodiesel production from white mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil by quicklime-catalyzed

transesterification / M.D. Kostic, I.G. Djalovic, O.S. Stamenkovic, P.M. Mitrovic, D.S. Adamovic, M.K. Kulina, V.B. Veljkovic // FUEL. – 2018. – V. 223. – P. 125–139.

206. Krasnodêbska-Ostrêga, B. *Sinapis alba* as a useful plant in bioremediation – studies of defense mechanisms and accumulation of As, Tl and PGEs / B. Krasnodêbska-Ostrêga, M. Sadowska, E. Biaduń, R. Mazur, J. Kowalska // International Journal of Phytoremediation. – 2022. – № 24. – P. 1-16.

207. Kumari, P. Stable, fertile somatic hybrids between *Sinapis alba* and *Brassica juncea* show resistance to *Alternaria brassicae* and heat stress / P. Kumari, D.S. Bisht, S.R. Bhat // Plant cell tissue and organ culture. – 2018. – V. 133 – № 1. – P. 77–86.

208. L'Hocine, L. Detection and Identification of Allergens from Canadian Mustard Varieties of *Sinapis alba* and *Brassica juncea* / L. L'Hocine, M. Pitre, A. Achouri // Biomolecules. – 2019. – V. 9. – №. 9. – P. 489.

209. Majchrzak, L. Influence of white mustard cover crop and method of tillage on soil properties, growth and yielding of spring wheat/ L. Majchrzak – Poznań, 2015. – 113 p.

210. Marinov-Serafimov, P. Allelopathic effect between seeds of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Korn.] and *Sinapis alba* L. / P. Marinov-Serafimov, I. Golubinova, S. Kalinova // Bulgarian journal of agricultural science. – 2018. – V. 24. – № 5. – P. 830–835.

211. McGuire, A. Mustard Green Manure Use in Eastern Washington State / A. McGuire // Sustainable Potato Production: Global Case Studies. – 2012. – № 7. – P. 117-130.

212. Mhatre, S. Mustard oil consumption, cooking method, diet and gallbladder cancer risk in high- and low-risk regions of India / S. Mhatre, P. Rajaraman, N. Chatterjee, F. Bray, M. Goel, S. Patkar, V. Ostwal, P. Patil, A. Manjrekar, S.V. Shrikhande // International journal of cancer. – 2020. – № 4 (266). P. 96-104.

213. Mitrović, P. White Mustard (*Sinapis alba* L.) Oil in Biodiesel Production: A Review / P. Mitrović, O. Stamenković, I. Bankovic-Ilic, I. Djalovic, Z. Nježić, M. Farooq, K. Siddique, V. Veljković // *Frontiers in Plant Science*. 2020. – № 11. – P. 1-23.
214. Mishra, J. Effect of tillage and irrigation frequency on growth of Indian mustard [*Brassica juncea* (L.) Czernj and Cosson] / J. Mishra, R. Singh, D. Yadaw, A. Das, S. Sahoo // *International Journal of Chemical Studies*. – 2019. – № 7. – P. 2127-2130.
215. Morra, M.J. Bioherbicidal activity of *Sinapis alba* seed meal extracts / M.J. Morra, I.E. Popova, R.A. Boydston // *Industrial crops and products*. – 2018. – V. 115. – P. 174–181.
216. Mostofa, U.H. Performance of Rapeseed and Mustard (*Brassica* sp.) Varieties/Lines in North-East Region (Sylhet) of Bangladesh / U.H. Mostofa, I. Nazrul, K. Monjurul, H.M. Noor // *Agricultural Research & Technology*. – 2016. – № 1(5). – P. 001-006.
217. Paciorek-Sadowska, J. New bio-polyol based on white mustard seed (*Sinapis alba*) as an alternative raw material for the polyurethane industry / J. Paciorek-Sadowska, M. Borowicz, B. Czuprynski, J. Liszkowska // *Polimery*. – 2018. – V. 63. – №. 10. – P. 694–699.
218. Popova, I.E. Optimization of hydrolysis conditions for release of biopesticides from glucosinolates in *Brassica juncea* and *Sinapis alba* seed meal extracts / I.E. Popova, J.S. Dubie, M.J. Morra // *Industrial crops and products*. – 2017. – V. 97. – P. 354–359.
219. Popova, I.E. *Sinapis alba* seed meal as a feedstock for extracting the natural tyrosinase inhibitor 4-hydroxybenzyl alcohol / I.E. Popova, M.J. Morra // *Industrial crops and products*. – 2018. – V. 124. – P. 505–509.
220. Pragya, T. A Pharmaceutical Approach & Antifungal Activities of copper Soaps with their N & S Donor Complexes Derived from Mustard and Soyabean Oils / T. Pragya, S. Rashmi, K.S. Arun // *Global Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*. – 2017. – № 3 (4). – P. 555-619.

221. Rana, K. Effect of sulfur fertilization, varieties and irrigation scheduling on growth, yield, and heat utilization efficiency of indian mustard (*Brassica Juncea L.*) / Rana K., Parihar M., Singh J.P., Singh R.K. // *Communications in soil science and plant analysis.* – 2020. – № 2(51). – P. 265-275.

222. Ropelewska, E. Thermophysical and chemical properties of seeds of traditional and double low cultivars of white mustard / E. Ropelewska, K.J. Jankowski, P. Zapotoczny, B. Bogucka // *Zemdirbyste-Agriculture.* – 2018. – № 105 (3) – P. 257–264.

223. Ropelewska, E. Classification of the seeds of traditional and double-low cultivars of white mustard based on texture features / E. Ropelewska, K.J. Jankowski // *J. Food Processs Eng.* – 2019. – № 42. – P. 13077.

224. Ruan, S.F. Mechanisms of white mustard seed (*Sinapis alba L.*) volatile oils as transdermal penetration enhancers / S.F. Ruan, Z.X. Wang, S.J. Xiang, H.J. Chen, Q. Shen, L. Liu, W.F. Wu, S.W. Cao, Z.W. Wang, Z.J. Yang, L.D. Weng, H.X. Zhu, Q. Liu // *Fitoterapia.* – 2019. – V. 138. – P. 104–195.

225. Saez-Bastante, J. Evaluation of *Sinapis alba* as feedstock for biodiesel production in Mediterranean climate / J. Saez-Bastante, P. Fernandez-Garcia, M. Saavedra, L. Lopez-Bellido, M.P. Dorado, S. Pinzi // *FUEL.* – 2016. – V. 184. – P. 656–664.

226. Sharma, R. Synthesis, spectroscopic and fungicidal studies of copper soaps derived from mustard and soyabean oils and their urea complexes / R. Sharma, M. Saxena, N. Sharma // *Int. J. Chem. Sci.* – 2012. – № 10(1). – P. 143-149.

227. Sharma, L. Benefits of *Brassica Alba* (Mustard Seeds) in managing metabolic disorders / L. Sharma, V. Gupta, P. Ajmera, S. Kumari // *Asian Journal of Science and Technology.* – 2018. – Vol. 09. – № 04. – P. 7925-7929.

228. Shikha, F. Quality assessment of mustard hilsa (*Tenualosa ilisha*) in various packing conditions during storage at low temperatures /F. Shikha, Md. Hossain, S. Mahmuda // *Bangladesh Journal of Agricultural Research.* – 2020. – № 32. – P. 323-331.

229. Shwetha, N. Sinapis alba as an Anti-Rusting Agent for Corrosion of Stainless Steel in Hydrochloric Acid Medium / N. Shwetha, P. Rao // Surface engineering and applied electrochemistry. – 2017. – V. 53, no. 3. – P. 265–273.

230. Torrijos, R. Application of white mustard bran and flour on bread as natural preservative agents / R. Torrijos, T.M. Nazareth, J.M. Quiles, J. Mañes, G. Meca // Foods. – 2021. – T. 10. - № 2. – C. 2-10.

231. Turin, E.N. Mustard (Sinapis) in five-field tilled grain-fallow crop rotations in Southern Russia / E.N. Turin, K.G. Zhenchenko, A.A. Gongalo, V.Iu. Ivanov, R.A. Kulinich, E.V. Remeslo, E.N. Rostova, M.V. Shestopalov // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 224. – P. 1-9.

232. Vasilieva, T.V. Protection of Sinapis Alba seed crops from phytophages / T.V. Vasilieva, O.V. Chukhina, A.I. Demidova, V.Y. Ivanovskaya N.A. Shchekutieva // EurAsian Journal of BioSciences. – 2019. – T.13. - № 2. – P. 1961-1966.

233. Vasilieva, T.V. The efficiency of insecticide on Sinapis Alba / T.V. Vasilieva, O.V. Chukhina // International Journal of Entomology Research. – 2021. – T. 6. – № 3. – P. 135-139.

234. Vinogradov, D.V. Developing the regional system of oil crops production management / D.V. Vinogradov, V.S. Konkina, Y.V. Kostin // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2018. – № 10 (7S). – P. 289-302.

235. Vinogradov, D.V. Use of biological fertilizers in white mustard crops in the non-Chernozem zone of Russia // Vinogradov D.V, Naumtseva K.V., Lupova E.I. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science – 2019. – V. 341. – P. 012204.

236. Vinogradov, D.V. Features of using modern multicomponent liquid fertilizers in white mustard agrocoenosis / D.V. Vinogradov, E.A. Vysotskaya, K.V. Naumtseva, E.I. Lupova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science – 2020. – V. 422 – P. 012014.

237. Wang, X. Herbicidal activity of mustard seed meal (Sinapis alba 'IdaGold' and Brassica juncea 'Pacific Gold') on weed emergence/X. Wang, M. Gu, G. Niu, P. Baumann//Industrial Crops and Products. –2015.– Vol. 77.– P. 1004-1013.

238. Wang, X. Response of Vegetable Seedling Emergence to Mustard (*Sinapis alba* 'IdaGold' and *Brassica juncea* 'Pacific Gold') Seed Meal / X. Wang, G.H. Niu, M.M. Gu, P.A. Baumann, J. Masabni // *Hortscience*. – 2017. – V. 52. – №. 3. – P. 371-376.

239. Xian, Y.F. Comparison of the antiinflammatory effects of *Sinapis alba* and *Brassica juncea* in mouse models of inflammation / Y.F. Xian, Z. Hu, S.P. Ip, J. Chen, Z.R. Su, X.P. Lai, Z.X. Lin // *Phytomedicine*. – 2018. – V. 50. – P. 196–204.

240. Yadav, R.P. Ultrasonic Studies on Mustard Oil: A Critical Review / R.P. Yadav, B. Kumari // *International Journal of Science and Research*. - 2015. - Vol. 4. -№ 8. – P. 517-531.

241. Yadav, A. Morphological characterization of Indian mustard (*Brassica juncea*) genotypes and their application for DUS testing / A. Yadav, D. Singh, R. Arya // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. – 2013. – № 83. – P. 1305-1316.

242. Yan, T. Fangming. Phytochemistry and biological activity of mustard (*Brassica juncea*): a review / T. Yan, D. Fangming // *CyTA - Journal of Food*. – 2020. – № 18. – P. 704-718.

243. Yesilyurt, M.K. Application of response surface methodology for the optimization of biodiesel production from yellow mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil / M.K. Yesilyurt, M. Arslan, T. Eryilmaz // *International journal of green energy*. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 60–71.

244. Zhang, Y. Optimizing phosphate fertilizer application to reduce nutrient loss in a mustard (*Brassica juncea* var. *tumida*)-maize (*Zea mays* L.) rotation system in Three Gorges Reservoir area / Zhang Y., Xie D.T., Ni J.P., Zeng X.B. // *Soil & Tillage research*. – 2019. – № 7(190). – P. 78-85.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Метеорологические условия в период вегетации горчицы белой

Месяцы / Декады		Средняя температура воздуха, °С				Сумма осадков, мм			
		2020	2021	2022	средне многолетняя	2020	2021	2022	средне многолетняя
Май	I	13,9	14,3	9,6	12,2	14,6	33,3	7,3	13,4
	II	9,8	19,4	10,0	14,0	26,2	3,4	11,5	13,5
	III	13,5	17,7	12,3	15,3	14,1	2,4	27,0	16,7
за месяц		12,4	17,1	10,6	13,8	55,3	39,1	45,8	43,6
Июнь	I	17,1	16,8	16,8	16,1	15,3	8,8	9,2	14,6
	II	20,1	20,9	17,2	18,1	30,3	17,0	16,0	18,1
	III	17,8	25,4	17,0	18,9	1,0	48,0	31,2	20,0
за месяц		18,3	21,0	17,0	17,7	46,7	73,8	56,4	52,2
Июль	I	23,7	21,4	18,4	19,0	19,6	19,0	3,4	20,1
	II	20,8	24,5	20,0	20,1	11,5	6,4	42,8	19,6
	III	18,3	21,1	19,7	18,1	2,1	29,1	46,8	20,8
за месяц		20,9	22,3	19,4	19,1	33,2	54,5	93,0	61,3

Климатические условия прохождения фенологических фаз развития горчицы
белой

Межфазный период			Гидротермические условия			
фазы развития	границы	число дней	Σ температур $\geq 10^{\circ}\text{C}$	среднесуточные температуры, $^{\circ}\text{C}$	Σ осадков, мм	ГТК
2020 год						
Посев-всходы	5.05-14.05	9	124,0	14,5	21,4	1,73
Всходы-цветение	14.05-14.06	32	399,0	14,4	49,4	1,24
Цветение-спелость	14.06-2.08	49	975,0	19,9	49,9	0,51
Всходы-созревание	14.05-2.08	81	1374,0	17,0	99,3	0,72
2021 год						
Посев-всходы	9.05-15.05	7	126,0	18,0	1,4	0,11
Всходы-цветение	15.05-15.06	31	571,0	18,4	19,9	0,35
Цветение-спелость	15.06-25.07	40	923,4	23,1	105,4	1,14
Всходы-созревание	15.05-25.07	71	1494,4	21,0	125,3	0,84
2022 год						
Посев-всходы	1.05-10.05	9	62,5	10,6	7,0	1,12
Всходы-цветение	10.05-12.06	33	395,0	13,2	47,7	1,21
Цветение-спелость	12.06-2.08	51	947,0	18,6	140,2	1,48
Всходы-созревание	10.05-2.08	84	1342,0	16,5	187,9	1,40

Полевая всхожесть горчицы белой, в зависимости от норм высева

Норма высева, млн. всхожих семян/га	2020		2021		2022	
	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%
2,0 - st	169	84,5	185	92,5	189	94,5
1,0	74	74,0	82	82,0	89	89,0
1,5	121	80,7	136	90,7	137	91,3
2,5	227	90,8	229	91,6	233	93,2
3,0	265	88,3	266	88,7	271	90,3
3,5	282	80,6	275	78,6	300	85,7
4,0	306	76,5	289	72,3	356	89,0

(среднее за 2020-2022 гг.)

Норма высева, млн. всхожих семян/га	Полевая всхожесть, %			
	2020	2021	2022	Среднее за 2020-2022 гг.
2,0 - st	84,5	92,6	94,5	90,5
1,0	74,0	82,0	89,0	81,7
1,5	80,7	90,7	91,3	87,6
2,5	90,8	91,6	93,2	91,9
3,0	88,3	88,7	90,3	89,1
3,5	80,6	78,6	85,7	81,6
4,0	76,5	72,3	89,1	79,3

Дисперсионный анализ

Источник вариации	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i> -Значение	<i>F</i> критическое	<i>HCP</i>
Между группами	610,8781	6	101,813	6,398735	0,002059	2,847726	6,94
Внутри групп	222,76	14	15,91143				
Итого	833,6381	20					

Приложение 4

Сохранность растений горчицы к уборке, в зависимости от изучаемых норм высева 2020-2022 гг.

Норма высева, млн. всхожих семян/га	2020		2021		2022		
	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%	
2,0 - st	148	87,6	165	89,2	181	95,8	
1,0	69	93,2	73	89,0	80	89,9	
1,5	103	85,1	123	90,4	126	91,9	
2,5	209	92,1	199	86,9	220	94,4	
3,0	227	85,7	226	85,0	260	95,9	
3,5	248	87,9	237	86,2	271	90,3	
4,0	251	82,0	253	87,5	307	86,2	
Норма высева, млн. всхожих семян/га	Сохранность растений, %						
	2020	2021	2022	Среднее за 2020-2022 гг.			
2,0 - st	87,6	89,2	95,8	90,9			
1,0	93,2	89,0	89,9	90,7			
1,5	85,1	90,4	92,0	89,2			
2,5	92,1	86,9	94,4	91,1			
3,0	85,7	85,0	95,9	88,9			
3,5	87,9	86,2	90,3	88,1			
4,0	82,0	87,5	86,2	85,3			
Дисперсионный анализ							
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое	HCP
Между группами	77,21238	6	12,86873	3,459336	0,026095	2,847726	3,37
Внутри групп	52,08	14	3,72				
Итого	129,2924	20					

Приложение 5

Видовой состав сорняков в посевах горчицы белой, в зависимости от норм высева (2020-2022 гг.)

Нормы высева	Щирица запрокинутая	Подмаренник цепкий	Вьюнок полевой	Марь белая	Осот полевой	Молочай лозный	Злаковые
2,0-st	4	3	2	7	3	-	9
1,0	6	4	5	6	4	2	10
1,5	5	4	3	9	3	2	10
2,5	5	1	1	6	1	-	9
3,0	4	1	1	6	2	1	7
3,5	6	1	1	6	-	1	7
4,0	6	1	2	5	1	1	5

Дисперсионный анализ данных по массе сорняков в посевах горчицы
белой, в зависимости от норм высева (2020-2022 гг.)

Норма высева, млн. всхожих семян/га	Масса сорняков, г/м ²						
	2020	2021	2022	Среднее за 2020-2022 гг.			
2,0 - st	38,4	36,7	37,9	37,6			
1,0	44,9	43,9	42,9	43,9			
1,5	39,8	41,0	41,5	40,8			
2,5	33,9	32,6	33,0	33,2			
3,0	32,6	31,8	33,4	32,6			
3,5	30,9	31,8	31,7	31,5			
4,0	30,5	29,6	29,7	29,9			
Однофакторный дисперсионный анализ							
Итоги							
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия			
1	3	131,7	43,9	1			
1,5	3	122,3	40,76667	0,763333			
2	3	113	37,66667	0,763333			
2,5	3	99,5	33,16667	0,443333			
3	3	97,8	32,6	0,64			
3,5	3	94,4	31,46667	0,243333			
4	3	89,8	29,93333	0,243333			
Дисперсионный анализ							
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P- Значение</i>	<i>F критическо е</i>	<i>HCP</i>
Между группами	491,8781	6	81,97968	140,079 2	1,11E-11	2,847726	1,33
Внутри групп	8,193333	14	0,585238				
Итого	500,0714	20					

Площадь листовой поверхности горчицы белой, тыс. м²/га (2020-2022 гг.)

Норма высева, млн. всх. семян / га	Фаза развития					
	Розетка.	Бутонизация.	цветение	созревание		
2020 год						
2,0-st	18,2	29,8	40,1	12,4		
1,0	8,3	23,9	32,1	9,2		
1,5	10,6	25,8	35,2	10,2		
2,5	18,9	34,3	41,9	17,6		
3,0	11,9	29,7	40,1	11,4		
3,5	10,7	24,8	33,2	9,8		
4,0	8,1	21,2	28,9	9,1		
2021 год						
2,0-st	16,9	30,4	39,2	14,7		
1,0	8,1	25,0	31,7	10,1		
1,5	14,0	26,8	34,8	11,7		
2,5	19,6	35,1	44,1	16,1		
3,0	12,5	29,1	39,2	13,0		
3,5	9,1	25,1	34,1	10,8		
4,0	7,6	25,1	29,1	10,3		
2022 год						
2,0-st	17,1	27,4	40,4	14,3		
1,0	10,9	25,2	31,0	11,9		
1,5	11,1	27,8	32,9	12,6		
2,5	19,1	33,2	42,4	15,2		
3,0	12,5	25,5	40,4	13,1		
3,5	9,6	24,2	34,1	10,6		
4,0	6,5	24,2	27,8	10,0		
Однофакторный дисперсионный анализ						
Фаза «розетка»						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	342,4114	6	57,06857	50,6311	1,07E-08	2,847726
Внутри групп	15,78	14	1,127143			
Итого	358,1914	20				
Фаза «бутонизация»						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	240,2057	6	40,03429	19,3803	4,89E-06	2,847726
Внутри групп	28,92	14	2,065714			
Итого	269,1257	20				
Фаза «цветение»						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	475,0114	6	79,16857	118,162	3,55E-11	2,847726
Внутри групп	9,38	14	0,67			
Итого	484,3914	20				
Фаза «созревание»						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	96,36	6	16,06	14,1944	3,09E-05	2,847726
Внутри групп	15,84	14	1,131429			
Итого	112,2	20				

Наращение сухой масса горчицы белой, г/м² (2020-2022 гг.)

Норма высева, млн. всхожих семян/га	Количество сухой массы в начале и в конце периода, г/м ²			Наращение сухой массы, г/м ²		
	розетка	плодообразование				
2020 год						
2,0 - st	25,1	1099,8		1074,7		
1,0	23,9	861,6		837,7		
1,5	24,8	935,2		910,4		
2,5	25,7	1172,7		1147		
3,0	24,5	1139,6		1115,1		
3,5	24,4	1064,6		1040,2		
4,0	23,7	928,8		905,1		
2021 год						
2,0 - st	9,3	1144,7		1135,4		
1,0	7,1	899,0		891,9		
1,5	5,1	890,5		885,5		
2,5	11,4	1237,2		1225,8		
3,0	13,8	1097,4		1083,6		
3,5	10,2	1010,9		1000,7		
4,0	9,0	922,2		913,2		
2022 год						
2,0 - st	12,0	1172,8		1160,8		
1,0	10,2	873,8		863,6		
1,5	13,8	913,2		899,4		
2,5	10,4	1177,0		1166,6		
3,0	16,5	1108,8		1092,3		
3,5	15,3	1052,7		1037,4		
4,0	11,9	909,7		897,8		
Среднее за 2020-2022 гг.						
2,0 - st	15,5	1139,1		1123,6		
1,0	13,7	878,1		864,4		
1,5	14,6	913,0		898,4		
2,5	15,8	1195,6		1179,8		
3,0	18,3	1115,3		1097,0		
3,5	16,6	1042,7		1026,1		
4,0	14,9	920,2		905,4		
НСР ₀₅				48,36		
Однофакторный дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	282240	6	47040	61,6562	2,89E-09	2,847726
Внутри групп	10681,16	14	762,94			
Итого	292921,2	20				

Фотосинтетическая деятельность горчицы белой (2020-2022 гг.)

Норма высева, млн. всхожих семян/га	Фотосинтетический потенциал (ФП), тыс. м ² × сутки /га		Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), г/м ² ×сутки			
2020 год						
2,0 - st	377,1		2,85			
1,0	337,8		2,48			
1,5	348,8		2,61			
2,5	384,9		2,98			
3,0	389,9		2,86			
3,5	371,5		2,80			
4,0	350,8		2,58			
2021 год						
2,0 - st	386,2		2,94			
1,0	348,4		2,56			
1,5	351,4		2,52			
2,5	398,0		3,08			
3,0	388,4		2,79			
3,5	363,9		2,75			
4,0	345,9		2,64			
2022 год						
2,0 - st	398,9		2,91			
1,0	355,4		2,43			
1,5	348,6		2,58			
2,5	392,8		2,97			
3,0	380,6		2,87			
3,5	380,0		2,73			
4,0	344,0		2,61			
Однофакторный дисперсионный анализ						
Фотосинтетический потенциал						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	7528,783	6	1254,797	25,3516	9,33E-07	2,847726
Внутри групп	692,94	14	49,49571			
Итого	8221,723	20				
НСР ₀₅	12,31					
Чистая продуктивность фотосинтеза						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	0,6516	6	0,1086	46,6380	1,84E-08	2,847726
Внутри групп	0,0326	14	0,002329			
Итого	0,6842	20				
НСР ₀₅	0,08					

Дисперсионный анализ данных по урожайности горчицы белой (2020-2022 гг.)

Нормы высева, млн. всх. сем./га	Годы			Среднее		
	2020	2021	2022			
2,0 - st	1,60	1,62	1,73	1,65		
1,0	1,41	1,50	1,53	1,48		
1,5	1,51	1,59	1,55	1,55		
2,5	1,67	1,72	1,68	1,69		
3,0	1,55	1,64	1,61	1,60		
3,5	1,43	1,51	1,59	1,51		
4,0	1,27	1,46	1,50	1,41		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,17391	6	0,02898	5,8472	0,003119	2,847726
Внутри групп	0,0694	14	0,00495			
Итого	0,24331	20				
НСР ₀₅	0,12					
Дисперсионный анализ – 2020 год						
Нормы высева, млн. всх. сем./га	Повторности			Среднее		
	I	II	III			
2,0 - st	1,68	1,62	1,51	1,60		
1,0	1,39	1,43	1,42	1,41		
1,5	1,56	1,52	1,47	1,51		
2,5	1,61	1,65	1,75	1,67		
3,0	1,56	1,61	1,48	1,55		
3,5	1,39	1,49	1,43	1,43		
4,0	1,31	1,31	1,21	1,27		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,31079	6	0,051798	14,3504	2,9E-05	2,847726
Внутри групп	0,05053	14	0,00361			
Итого	0,36132	20				
НСР ₀₅	0,10					
Дисперсионный анализ – 2021 год						
Нормы высева, млн. всх. сем./га	Повторности			Среднее		
	I	II	III			
2,0 - st	1,63	1,65	1,59	1,62		
1,0	1,55	1,54	1,42	1,50		
1,5	1,51	1,58	1,67	1,59		
2,5	1,78	1,70	1,69	1,72		
3,0	1,62	1,68	1,63	1,64		
3,5	1,54	1,50	1,51	1,51		
4,0	1,41	1,52	1,47	1,46		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,14762	6	0,024605	8,81740	0,000422	2,847726
Внутри групп	0,03906	14	0,00279			
Итого	0,18669	5	20			
НСР ₀₅	0,09					

Дисперсионный анализ – 2022 год						
Нормы высева, млн. всх. сем./га	Повторности			Среднее		
	I	II	III			
2,0 - st	1,77	1,71	1,72	1,73		
1,0	1,56	1,56	1,48	1,53		
1,5	1,59	1,49	1,57	1,55		
2,5	1,65	1,69	1,72	1,68		
3,0	1,71	1,52	1,62	1,61		
3,5	1,54	1,58	1,65	1,59		
4,0	1,48	1,53	1,51	1,50		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,12384	6	0,020641	7,23650	0,001143	2,847726
Внутри групп	0,03993	14	0,002852			
Итого	0,16378	20				
НСР05	0,09					

**Высота растений и элементы структуры урожая горчицы белой, и
дисперсионный анализ (2020-2022 гг.)**

Нормы высева, млн. всх. сем / га	Высота растений, см	Число на одном растении, шт.			Масса, г	
		ветвей	стручков	семян в 1 стручке	семян с 1 растения	1000 семян
2020 год						
2,0 - st	90,2	3,5	43,2	5,1	2,36	6,47
1,0	92,1	5,2	80,4	5,1	1,81	6,35
1,5	89,7	4,7	51,2	5,3	2,52	6,50
2,5	91,4	4,5	43,6	5,4	2,98	6,38
3,0	89,7	3,9	40,3	4,9	2,03	6,21
3,5	88,6	2,9	38,4	4,8	1,59	6,09
4,0	82,5	3,4	37,9	4,5	1,46	6,05
V, %	3,5	20,4	31,4	6,1	25,8	2,8
2021 год						
2,0 - st	92,3	5,3	51,3	6,1	3,45	5,91
1,0	90,5	7,4	66,6	6,3	2,22	5,84
1,5	91,9	6,5	48,1	5,9	3,04	5,95
2,5	97,9	5,5	53,1	5,9	3,69	6,10
3,0	95,2	4,1	38,3	5,5	2,13	5,92
3,5	91,7	3,8	35,4	5,6	1,69	5,84
4,0	91,4	3,7	34,9	5,5	1,44	5,83
V, %	2,8	27,3	24,6	5,3	34,9	1,6
2022 год						
2,0 - st	94,9	2,9	45,2	5,1	2,71	5,89
1,0	92,5	4,2	60,4	6,4	3,12	5,82
1,5	96,7	3,7	42,3	6,0	2,48	6,01
2,5	90,6	4,9	49,8	5,9	3,73	6,08
3,0	83,5	3,7	36,9	4,8	2,56	5,58
3,5	92,1	2,9	37,3	4,6	2,09	6,05
4,0	92,6	2,5	34,9	4,6	2,02	5,89
V, %	4,6	23,7	20,5	13,9	21,9	2,9
Дисперсионный анализ – Масса 1000 семян						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,217695	6	0,0362	0,566	0,750278	2,847726
Внутри групп	0,8964	14	0,0640			
Итого	1,114095	20				
Дисперсионный анализ – Масса семян с одного растения						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	7,131381	6	1,188563	6,439253	0,001999	2,847726
Внутри групп	2,584133	14	0,184581			
Итого	9,715514	20				
Дисперсионный анализ – Число стручков на одном растении						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	2350,22	6	391,7033	15,71183	1,71E-05	2,847726
Внутри групп	349,0267	14	24,93048			
Итого	2699,247	20				

Дисперсионный анализ – Количество семян в одном стручке						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	3,189524	6	0,531587	2,055862	0,125049	2,847726
Внутри групп	3,62	14	0,258571			
Итого	6,809524	20				
Дисперсионный анализ – Количество ветвей на растении						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	15,89905	6	2,649841	2,573851	0,068005	2,847726
Внутри групп	14,41333	14	1,029524			
Итого	30,31238	20				
Дисперсионный анализ – Высота растений						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	52,08	6	8,68	0,58488	0,737072	2,847726
Внутри групп	207,7667	14	14,84048			
Итого	259,8467	20				

Дисперсионный анализ данных по содержанию масла в семенах горчицы белой
(2020-2022 гг.)

Нормы высева, млн. всх. сем./га	Годы			Среднее		
	2020	2021	2022			
2,0 - st	29,23	28,27	31,28	29,59		
1,0	26,63	27,57	27,19	27,13		
1,5	27,01	27,88	28,98	27,96		
2,5	30,78	29,09	30,32	30,06		
3,0	27,24	25,91	27,49	27,21		
3,5	26,48	26,49	28,56	27,18		
4,0	26,78	23,53	28,35	26,22		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	37,55493	6	6,259156	3,497982	0,025086	2,847726
Внутри групп	25,05107	14	1,789362			
Итого	62,606	20				
НСР ₀₅	2,34					

Посевные качества семян горчицы, в зависимости от агрохимикатов

№	Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Энергия прорастания, %					
1	Контроль	77,3	67,2	76,6	73,7
2	Циркон	77,4	75,2	78,3	76,9
3	АгроВерм	78,5	77,6	78,9	78,3
4	Цитовит	76,5	74,7	77,6	76,3
5	Мегамикс	60,0	68,9	70,9	66,6
6	Гумат К/Na	78,5	78,6	77,1	78,1
7	Гумат +7	78,5	77,9	78,8	78,4
8	Блэкджек	77,5	78,7	77,3	77,8
9	Изагри Форс	79,0	82,1	77,9	79,7
10	Изагри Вита	72,5	68,3	76,6	72,5
11	Изагри Бор	73,2	68,6	70,6	70,8
12	Изагри Азот	74,2	63,2	72,3	69,9
13	Изагри Фосфор	69,0	73,9	65,3	69,4

Дисперсионный анализ

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое	HCP
Между группами	653,0	12	54,42	3,794	0,0021	2,147926	6,35
Внутри групп	372,9	26	14,34				
Итого	1025,96	38					

Лабораторная всхожесть, %

1	Контроль	87,1	92,5	78,5	86,03
2	Циркон	96	95,8	89,2	93,67
3	АгроВерм	97,2	95,6	90,5	94,43
4	Цитовит	94,6	97	81,7	91,10
5	Мегамикс	77,3	96,7	82,3	85,43
6	Гумат К/Na	85,6	97	79,9	87,50
7	Гумат +7	89,3	96,5	80,3	88,70
8	Блэкджек	97,1	98,5	92,5	96,03
9	Изагри Форс	83,6	95,5	90,4	89,83
10	Изагри Вита	93,5	98,5	89,7	93,90
11	Изагри Бор	75,6	87,8	76,9	80,10
12	Изагри Азот	83,1	87,5	80,9	83,83
13	Изагри Фосфор	74,5	89,7	82,1	82,10

Дисперсионный анализ

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое	HCP
Между группами	917,44	12	76,4533	1,75338	0,112033	2,147926	11,0793
Внутри групп	1133,68	26	43,6033				
Итого	2051,12	38					

Масса 100 ростков, г

1	Контроль	3,66	3,11	2,69	3,15
2	Циркон	3,73	4,23	3,22	3,73
3	АгроВерм	4,81	4,07	3,95	4,28
4	Цитовит	3,94	3,28	4,03	3,75
5	Мегамикс	4,03	3,48	3,98	3,83
6	Гумат К/Na	3,81	3,08	3,95	3,61

7	Гумат +7	3,99	3,62	2,98	3,53
8	Блэкджек	4,54	4,85	4,19	4,53
9	Изагри Форс	4,69	3,98	4,12	4,26
10	Изагри Вита	4,43	4,25	3,98	4,22
11	Изагри Бор	3,48	3,28	3,82	3,53
12	Изагри Азот	3,7	3,25	4,39	3,78
13	Изагри Фосфор	3,43	3,01	4,16	3,53

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>	<i>HCP</i>
Между группами	5,4566	12	0,45472	2,37140	0,031777	2,147926	0,719
Внутри групп	4,9855	26	0,19175				
Итого	10,442	38					

Длина ростка, см

1	Контроль	2,75	2,08	4,12	2,98
2	Циркон	3,26	3,72	4,27	3,75
3	АгроВерм	3,58	6,04	6,46	5,36
4	Цитовит	3,45	6,46	5,06	4,99
5	Мегамикс	2,91	2,94	4,53	3,46
6	Гумат К/Na	2,32	5,18	4,52	4,01
7	Гумат +7	3,19	5,18	5,39	4,59
8	Блэкджек	3,94	6,58	5,72	5,41
9	Изагри Форс	2,89	2,47	6,25	3,87
10	Изагри Вита	3,26	3,43	5,09	3,93
11	Изагри Бор	2,69	1,45	4,56	2,90
12	Изагри Азот	2,89	6,04	3,49	4,14
13	Изагри Фосфор	3,38	1,37	6,88	3,88

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>	<i>HCP</i>
Между группами	23,1103	12	1,92586	0,81411	0,634725	2,147926	0,582
Внутри групп	61,5054	26	2,36559				
Итого	84,6158	38					

**Полевая всхожесть горчицы белой, в зависимости от применения
микроудобрений**

Вариант	2020		2021		2022	
	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%
Контроль	176	88,0	151	75,6	163	81,5
Циркон	179	89,5	160	79,8	189	94,4
АгроВерм	176	88,0	171	85,6	186	93,2
Цитовит	172	86,0	181	90,4	165	82,4
Мегамикс	179	89,5	177	88,5	181	90,4
Гумат К/Na	171	85,5	171	85,6	178	88,8
Гумат +7	178	89,0	156	78,2	166	82,8
Блэкджек	192	95,9	183	91,3	189	94,5
Изагри Форс	161	80,5	175	87,4	171	85,6
Изагри Вита	179	89,5	187	93,3	189	94,4
Изагри Бор	170	85,0	153	76,3	172	86,2
Изагри Азот	171	85,5	155	77,5	171	85,6
Изагри Фосфор	160	79,8	161	80,6	170	85,2
Среднее за 2020-2022 гг.						
№ п/п	Вариант	Полевая всхожесть, %				
		2020	2021	2022	Среднее	
1	Контроль	88,0	75,6	81,5	81,7	
2	Циркон	89,5	79,8	94,4	87,9	
3	АгроВерм	88,0	85,6	93,2	88,9	
4	Цитовит	86,0	90,4	82,4	86,3	
5	Мегамикс	89,5	88,5	90,4	89,5	
6	Гумат К/Na	85,5	85,6	88,8	86,6	
7	Гумат +7	89,0	78,2	82,8	83,3	
8	Блэкджек	95,9	91,3	94,5	93,9	
9	Изагри Форс	80,5	87,4	85,6	84,5	
10	Изагри Вита	89,5	93,3	94,4	92,4	
11	Изагри Бор	85,0	76,3	86,2	82,5	
12	Изагри Азот	85,5	77,5	85,6	82,9	
13	Изагри Фосфор	79,8	80,6	85,2	81,9	

Однофакторный дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P- Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	581,0323	12	48,41936	2,591474	0,020459	2,147926
Внутри групп	485,7867	26	18,6841			
Итого	1066,819	38				
НСР ₀₅	7,25					

**Сохранность растений горчицы к уборке, в зависимости от применения
микроудобрений**

Вариант	2020		2021		2022	
	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%
Контроль	145	82,3	134	88,6	146	89,6
Циркон	165	92,5	146	91,6	176	93,2
АгроВерм	161	91,5	162	94,6	175	94,1
Цитовит	152	88,3	167	92,1	155	94,2
Мегамикс	162	90,6	161	91,2	167	92,3
Гумат К/Na	146	85,5	162	94,5	164	92,3
Гумат +7	159	89,3	142	91,3	152	91,3
Блэжджек	182	94,6	165	90,1	178	94,3
Изагри Форс	138	85,6	161	91,8	158	92,4
Изагри Вита	163	90,8	176	94,2	174	92,1
Изагри Бор	146	85,9	138	89,9	155	90,1
Изагри Азот	153	89,5	140	90,1	158	92,5
Изагри Фосфор	131	81,6	146	90,8	156	91,8

Среднее за 2020-2022 гг.

№ п/п	Вариант	Сохранность растений, %			
		2020 г	2021 г	2022 г	Среднее
1	Контроль	82,3	88,6	89,6	86,8
2	Циркон	92,5	91,6	93,2	92,4
3	АгроВерм	91,5	94,6	94,1	93,4
4	Цитовит	88,3	92,1	94,2	91,5
5	Мегамикс	90,6	91,2	92,3	91,4
6	Гумат К/Na	85,5	94,5	92,3	90,8
7	Гумат +7	89,3	91,3	91,3	90,6
8	Блэжджек	94,6	90,1	94,3	93,0
9	Изагри Форс	85,6	91,8	92,4	89,9
10	Изагри Вита	90,8	94,2	92,1	92,4
11	Изагри Бор	85,9	89,9	90,1	88,6
12	Изагри Азот	89,5	90,1	92,5	90,7
13	Изагри Фосфор	81,6	90,8	91,8	88,1

Однофакторный дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P- Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	138,6892	12	11,55744	3,7652660	0,002256	2,147926
Внутри групп	79,80667	26	3,069487			
Итого	218,4959	38				
НСР ₀₅	2,94					

Площадь листовой поверхности горчицы белой в фазу цветения, в зависимости
от применения микроудобрений

№ п/п	Вариант	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га				
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	
1	Контроль	41,8	40,8	42,1	41,6	
2	Циркон	42,9	42,9	44,9	43,6	
3	АгроВерм	47,8	45,2	44,6	45,9	
4	Цитовит	42,4	40,9	42,8	42,0	
5	Мегамикс	40,3	40,8	43,3	41,4	
6	Гумат К/Na	40,9	39,4	41,8	40,7	
7	Гумат +7	44,1	39,3	41,1	41,5	
8	Блэкджек	49,9	43,3	45,7	46,3	
9	Изагри Форс	42,1	43,6	44,9	43,5	
10	Изагри Вита	43,3	42,5	44,8	43,5	
11	Изагри Бор	41,7	41,6	41,4	41,6	
12	Изагри Азот	42,5	42,2	43,3	42,7	
13	Изагри Фосфор	39,9	41,9	40,9	40,9	
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	115,8	12	9,65	3,95866	0,001609	2,147926
Внутри групп	63,38	26	2,437692			
Итого	179,18	38				

Масса сухой биомассы горчицы белой за вегетационный период, в зависимости от применения микроудобрений

№ п/п	Вариант	Масса сухой биомассы, г/ м ²				
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	
1	Контроль	925,9	912,8	927,9	922,2	
2	Циркон	1100,4	1109,6	1102,6	1104,2	
3	АгроВерм	1336,3	1332,5	1337,2	1335,3	
4	Цитовит	1069,8	1062,5	1067,6	1066,6	
5	Мегамикс	1175,8	1179,8	1166,4	1174,0	
6	Гумат К/Na	975,2	981,2	977,9	978,1	
7	Гумат +7	1170,8	1173,6	1160,2	1168,2	
8	Блэкджек	1300,1	1289,9	1305,2	1298,4	
9	Изагри Форс	1180,9	1189,1	1187,7	1185,9	
10	Изагри Вита	1320,5	1316,8	1318,5	1318,6	
11	Изагри Бор	1005,9	999,8	997,9	1001,2	
12	Изагри Азот	1150,8	1160,8	1151,3	1154,3	
13	Изагри Фосфор	970,5	985,8	964,8	973,7	
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	675446,5	12	56287,21	1565,5	5,72E-34	2,147926
Внутри групп	934,833	26	35,95513			
Итого	676381,3	38				

**Фотосинтетический потенциал растений горчицы белой, от применения
микроудобрений**

№ п/п	Вариант	ФП, тыс. м ² / га × сутки				
		2020	2021	2022	среднее	
1	Контроль	286,3	325,9	372,3	328,2	
2	Циркон	345,2	354,2	416,1	371,8	
3	АгроВерм	342,6	410,3	385,2	396,0	
4	Цитовит	284,9	358,3	392,7	352,0	
5	Мегамикс	284,7	401,3	432,2	372,7	
6	Гумат К/Na	388,7	258,1	361,4	336,1	
7	Гумат +7	398,6	410,3	397,6	402,2	
8	Блэкджек	365,6	396,6	436,9	408,3	
9	Изагри Форс	376,5	385,8	374,4	378,9	
10	Изагри Вита	400,9	410,2	391,3	400,8	
11	Изагри Бор	358,6	299,8	359,7	339,4	
12	Изагри Азот	298,8	381,2	370,6	383,5	
13	Изагри Фосфор	271,5	363,3	358,9	331,2	
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P- Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	30191,5	12	2515,959	2,54894	0,169523	2,147926
Внутри групп	42232,05	26	1624,309			
Итого	72423,55	38				

Чистая продуктивность фотосинтеза горчицы белой, в зависимости от применения микроудобрений

№ п/п	Вариант	ЧПФ, г/ м ² *сут.			
		2020	2021	2022	среднее
1	Контроль	3,25	2,61	2,36	2,81
2	Циркон	3,54	2,48	2,88	2,97
3	АгроВерм	3,38	2,99	3,59	3,32
4	Цитовит	3,37	2,86	2,86	3,03
5	Мегамикс	3,64	2,58	3,22	3,15
6	Гумат К/Na	3,51	2,63	2,58	2,91
7	Гумат +7	3,43	2,57	2,86	2,95
8	Блэкджек	3,46	2,85	3,24	3,18
9	Изагри Форс	3,48	2,81	3,10	3,13
10	Изагри Вита	3,68	2,58	3,61	3,29
11	Изагри Бор	3,44	2,92	2,50	2,95
12	Изагри Азот	3,61	2,82	2,58	3,01
13	Изагри Фосфор	3,38	2,78	2,66	2,94

Однофакторный дисперсионный анализ

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	0,85217	12	0,071015	2,33082	0,975806	2,147926
Внутри групп	5,58113	26	0,214659			
Итого	6,43330	38				

Дисперсионный анализ количества ветвей и стручков на одном растении, в зависимости от предпосевной обработки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	Число стручков на одном растении, шт.					
	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	42,5	44,5	45,9	44,3		
Циркон	47,5	47,5	40,5	45,2		
АгроВерм	48,3	53,9	52,3	51,5		
Цитовит	40,5	48,5	49,3	46,1		
Мегамикс	39,9	43,5	49,6	44,3		
Гумат К/Na	39,6	39,5	42,6	40,6		
Гумат +7	43,6	40,9	47,3	43,9		
Блэкджек	51,6	54,3	51,3	52,4		
Изагри Форс	47,9	48,6	40,8	45,8		
Изагри Вита	41,7	51,0	49,9	47,5		
Изагри Бор	43,5	44,6	48,3	45,5		
Изагри Азот	45,6	43,6	48,6	45,9		
Изагри Фосфор	40,5	42,9	41,8	41,7		
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	394,3574	12	32,86312	2,84813	0,01236	2,147926
Внутри групп	300	26	11,53846			
Итого	694,3574	38				
НСР ₀₅	5,70					
Вариант	Количество ветвей на одном растении, шт.					
	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	4,8	3,2	3,6	3,9		
Циркон	5,1	4,3	3,1	4,2		
АгроВерм	5,6	4,9	4,5	5,0		
Цитовит	4,4	3,4	3,9	3,9		
Мегамикс	5,4	4,7	4,5	4,9		
Гумат К/Na	5,4	4,3	4,6	4,8		
Гумат +7	6,4	3,5	4,9	4,9		
Блэкджек	9,5	3,4	4,8	5,9		
Изагри Форс	7,3	3,5	2,9	4,6		
Изагри Вита	5,1	3,2	3,9	4,1		
Изагри Бор	4,9	2,3	9,5	5,6		
Изагри Азот	4,3	3,3	3,6	3,7		
Изагри Фосфор	5,3	2,4	3,9	3,9		
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	17,27026	12	1,439188	0,50020	0,895622	2,147926
Внутри групп	74,80667	26	2,877179			
Итого	92,07692	38				

Дисперсионный анализ количества семян в одном стручке, в зависимости от предпосевной обработки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее	V, %	
Контроль	5,2	5,5	5,2	5,3	3,27	
Циркон	5,6	5,4	5,3	5,4	2,81	
АгроВерм	5,4	5,1	5,1	5,2	3,33	
Цитовит	5,4	6,1	4,7	5,4	12,96	
Мегамикс	5,4	5,3	5,5	5,4	1,85	
Гумат К/Na	5,5	5,4	6,1	5,7	6,68	
Гумат +7	5,4	5,4	5,0	5,3	4,38	
Блэжджек	5,2	5,2	5,0	5,1	2,25	
Изагри Форс	5,1	5,4	4,9	5,1	4,90	
Изагри Вита	5,5	5,8	5,2	5,5	5,45	
Изагри Бор	5,3	5,8	5,3	5,5	5,28	
Изагри Азот	5,6	5,3	4,9	5,3	6,67	
Изагри Фосфор	6,1	5,9	5,3	5,8	7,22	
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	1,330256	12	0,110855	1,08626	0,410122	2,147926
Внутри групп	2,653333	26	0,102051			
Итого	3,98359	38				

Дисперсионный анализ массы семян с растения, в зависимости от предпосевной обработки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее	V, %	
Контроль	2,33	2,90	2,10	2,44	16,9	
Циркон	2,62	3,37	2,89	2,96	12,8	
АгроВерм	3,71	4,02	3,97	3,90	4,3	
Цитовит	2,92	3,13	2,46	2,84	12,1	
Мегамикс	2,78	2,72	2,69	2,73	1,7	
Гумат К/Na	2,61	3,16	2,55	2,77	12,1	
Гумат +7	2,12	2,76	2,64	2,51	13,5	
Блэджек	3,28	2,98	3,52	3,26	8,3	
Изагри Форс	2,22	2,57	1,56	2,12	24,2	
Изагри Вита	3,14	3,29	3,68	3,37	8,3	
Изагри Бор	2,38	2,11	2,88	2,46	15,9	
Изагри Азот	2,36	2,18	2,78	2,44	12,6	
Изагри Фосфор	2,56	1,97	2,69	2,41	15,9	
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	8,575103	12	0,714592	6,19919	5,13E-05	2,147926
Внутри групп	2,997067	26	0,115272			
Итого	11,57217	38				

Дисперсионный анализ массы 1000 семян, в зависимости от предпосевной обработки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	5,64	5,78	5,86	5,76		
Циркон	6,12	6,27	6,28	6,22		
АгроВерм	6,36	6,28	6,40	6,35		
Цитовит	6,18	5,82	5,83	5,94		
Мегамикс	5,92	5,86	6,0	5,93		
Гумат К/Na	5,84	5,80	5,96	5,87		
Гумат +7	5,64	6,32	5,98	5,98		
Блэкджек	6,28	6,29	6,18	6,25		
Изагри Форс	5,98	5,70	5,46	5,71		
Изагри Вита	6,18	6,11	6,16	6,15		
Изагри Бор	5,88	5,80	5,62	5,77		
Изагри Азот	6,02	6,02	5,75	5,93		
Изагри Фосфор	5,98	5,98	5,58	5,85		
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	1,493056	12	0,124421	4,47105	0,00068	2,147926
Внутри групп	0,723533	26	0,027828			
Итого	2,21659	38				

Дисперсионный анализ урожайности семян горчицы, в зависимости от предпосевной обработки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	1,49	1,57	1,68	1,58		
Циркон	1,69	1,61	1,79	1,70		
АгроВерм	1,72	1,81	1,90	1,81		
Цитовит	1,51	1,60	1,78	1,63		
Мегамикс	1,62	1,59	1,72	1,64		
Гумат К/Na	1,56	1,69	1,63	1,63		
Гумат +7	1,64	1,68	1,63	1,65		
Блэджек	1,75	1,81	1,90	1,82		
Изагри Форс	1,64	1,65	1,71	1,67		
Изагри Вита	1,69	1,81	1,93	1,81		
Изагри Бор	1,72	1,69	1,73	1,71		
Изагри Азот	1,66	1,52	1,71	1,63		
Изагри Фосфор	1,54	1,57	1,68	1,59		
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,245	12	0,020479	2,9287	0,010576	2,147926
Внутри групп	0,181	26	0,006992			
Итого	0,427	38				
Дисперсионный анализ урожайности – 2020 г.						
Вариант	1 повторность	2 повторность	3 повторность	Среднее		
Контроль	1,45	1,50	1,54	1,49		
Циркон	1,71	1,70	1,68	1,69		
АгроВерм	1,69	1,78	1,71	1,72		
Цитовит	1,56	1,50	1,46	1,51		
Мегамикс	1,54	1,61	1,71	1,62		
Гумат К/Na	1,58	1,61	1,50	1,56		
Гумат +7	1,64	1,74	1,53	1,64		
Блэджек	1,81	1,74	1,71	1,75		
Изагри Форс	1,69	1,59	1,65	1,64		
Изагри Вита	1,71	1,65	1,72	1,69		
Изагри Бор	1,67	1,75	1,73	1,72		
Изагри Азот	1,68	1,63	1,67	1,66		
Изагри Фосфор	1,49	1,58	1,54	1,54		
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,26283	12	0,02190	7,17829	1,43E-05	2,147926
Внутри групп	0,07933	26	0,00305			
Итого	0,34216	38				
Дисперсионный анализ урожайности – 2021 г.						
Вариант	1 повторность	2 повторность	3 повторность	Среднее		
Контроль	1,54	1,61	1,57	1,57		
Циркон	1,65	1,62	1,56	1,61		
АгроВерм	1,82	1,87	1,75	1,81		
Цитовит	1,58	1,62	1,64	1,60		

Мегамикс	1,53	1,58	1,67	1,59		
Гумат К/Na	1,73	1,66	1,67	1,69		
Гумат +7	1,72	1,67	1,64	1,68		
Блэкджек	1,85	1,81	1,76	1,81		
Изагри Форс	1,70	1,62	1,64	1,65		
Изагри Вита	1,83	1,79	1,82	1,81		
Изагри Бор	1,65	1,73	1,70	1,69		
Изагри Азот	1,55	1,49	1,54	1,52		
Изагри Фосфор	1,55	1,59	1,58	1,57		
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,33714	12	0,02809	15,675	5,89E-09	2,147926
Внутри групп	0,0466	26	0,00179			
Итого	0,38374	38				
Дисперсионный анализ урожайности – 2022 г.						
Вариант	1 повторность	2 повторность	3 повторность	Среднее		
Контроль	1,65	1,74	1,65	1,68		
Циркон	1,72	1,89	1,77	1,79		
АгроВерм	1,96	1,87	1,88	1,90		
Цитовит	1,73	1,81	1,81	1,78		
Мегамикс	1,7	1,75	1,73	1,72		
Гумат К/Na	1,59	1,68	1,61	1,63		
Гумат +7	1,58	1,69	1,61	1,63		
Блэкджек	1,94	1,87	1,90	1,90		
Изагри Форс	1,65	1,7	1,77	1,71		
Изагри Вита	2,01	1,9	1,89	1,93		
Изагри Бор	1,78	1,71	1,69	1,73		
Изагри Азот	1,69	1,74	1,69	1,71		
Изагри Фосфор	1,62	1,71	1,70	1,68		
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,38706	12	0,03225	11,712	1,28E-07	2,147926
Внутри групп	0,0716	26	0,00275			
Итого	0,45866	38				

Дисперсионный анализ масличности семян горчицы, в зависимости от предпосевной обработки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	29,58	27,85	30,48	29,30		
Циркон	28,86	28,44	30,36	29,22		
АгроВерм	29,83	28,91	31,85	30,20		
Цитовит	29,99	27,91	31,54	29,81		
Мегамикс	29,78	28,86	30,66	29,77		
Гумат К/Na	29,83	27,13	31,79	29,58		
Гумат +7	30,11	27,66	31,37	29,71		
Блэкджек	30,16	28,45	32,09	30,23		
Изагри Форс	27,30	27,88	31,35	28,84		
Изагри Вита	30,17	30,19	31,62	30,66		
Изагри Бор	29,59	27,89	32,21	29,90		
Изагри Азот	29,68	27,84	31,18	29,57		
Изагри Фосфор	29,84	28,03	31,32	29,73		
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>		
Контроль	3	87,91	29,30333	1,786633		
Циркон	3	87,66	29,22	1,0188		
АгроВерм	3	88,34	29,44667	2,654233		
Цитовит	3	89,44	29,81333	3,317633		
Мегамикс	3	89,3	29,76667	0,810133		
Гумат К/Na	3	88,75	29,58333	5,474533		
Гумат +7	3	90,38	30,12667	1,525433		
Блэкджек	3	90,7	30,23333	3,316433		
Изагри Форс	3	86,53	28,84333	4,796633		
Изагри Вита	3	89,98	29,99333	2,964633		
Изагри Бор	3	89,69	29,89667	4,736133		
Изагри Азот	3	88,7	29,56667	2,798533		
Изагри Фосфор	3	89,19	29,73	2,7151		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	5,403026	12	0,450252	0,15437	0,999201	2,147926
Внутри групп	75,82973	26	2,916528			
Итого	81,23276	38				

Дисперсионный анализ сохранности растений горчицы к уборке в зависимости от некорневой подкормки микроудобрениями (2020-2022 гг.)

Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	92,5	93,3	93,2	93,0		
Циркон	93,5	96,7	95,9	95,4		
АгроВерм	96,6	96,9	97,8	97,1		
Цитовит	95,6	97,5	94,3	95,8		
Мегамикс	94,7	95,9	95,4	95,3		
Гумат +7	93,2	95,7	95,0	94,6		
Блэджек	96,1	97,1	96,2	96,5		
Изагри Форс	94,9	95,1	94,1	94,7		
Изагри Вита	94,1	96,7	96,7	95,8		
Однофакторный дисперсионный анализ						
<i>Итоги</i>						
<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>		
Контроль	3	279	93	1,99		
Циркон	3	286,1	95,36667	2,773333		
АгроВерм	3	291,3	97,1	0,39		
Цитовит	3	287,4	95,8	2,59		
Мегамикс	3	286	95,33333	0,363333		
Гумат К/Na	3	283,9	94,63333	1,663333		
Гумат +7	3	289,4	96,46667	0,303333		
Блэджек	3	284,1	94,7	0,28		
Изагри Форс	3	287,5	95,83333	2,253333		
Изагри Вита	3	279	93	1,99		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	33,61185	8	4,201481	2,99947	0,025198	2,510158
Внутри групп	25,21333	18	1,400741			
Итого	58,82519	26				

Показатели фотосинтетической деятельности горчицы в зависимости от некорневой обработки агрохимикатами (2020-2022 гг.)

№	Вариант	Максимальная площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	Масса сухой биомассы за вегетационный период, г/ м ²	ФП, тыс. м ² / га × сутки	ЧПФ, г/ м ² *сут.
2020 год					
1	Контроль	39,6	874,9	337,8	2,59
2	Циркон	43,1	1108,2	349,6	3,17
3	АгроВерм	44,9	1317,2	387,4	3,40
4	Цитовит	44,5	1119,4	371,9	3,01
5	Мегамикс	44,3	983,5	346,3	2,84
6	Гумат +7	43,1	998,6	361,8	2,76
7	Блэкджек	46,2	1222,6	386,9	3,16
8	Изагри Форс	41,9	1066,5	370,3	2,88
9	Изагри Вита	44,2	1262,8	360,8	3,50
2021 год					
1	Контроль	41,8	845,9	327,9	2,58
2	Циркон	40,9	1129,9	353,1	3,20
3	АгроВерм	45,3	1373,5	390,2	3,52
4	Цитовит	41,8	1191,9	363,4	3,28
5	Мегамикс	43,1	938,8	350,3	2,68
6	Гумат +7	40,9	1145,8	360,3	3,18
7	Блэкджек	42,7	1287,7	391,4	3,29
8	Изагри Форс	42,5	1089,6	370,6	2,94
9	Изагри Вита	42,1	1260,6	365,4	3,45
2022 год					
1	Контроль	40,1	887,7	330,0	2,69
2	Циркон	44,1	1075,1	356,0	3,02
3	АгроВерм	46,3	1347,3	389,4	3,46
4	Цитовит	40,6	1228,4	367,8	3,34
5	Мегамикс	42,8	891,2	349,5	2,55
6	Гумат +7	41,1	1074,9	351,3	3,06
7	Блэкджек	44,9	1299,5	393,8	3,30
8	Изагри Форс	45,5	1038,2	364,3	2,85
9	Изагри Вита	45,4	1260,5	364,3	3,46

Дисперсионный анализ показателей фотосинтетической деятельности горчицы

Площадь листовой поверхности, тыс. м² / га						
<i>Группы</i>	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	39,6	41,8	40,1	40,5		
Циркон	43,1	40,9	44,1	42,7		
АгроВерм	44,9	45,3	46,3	45,5		
Цитовит	44,5	41,8	40,6	42,3		
Мегамикс	44,3	43,1	42,8	43,4		
Гумат +7	43,1	40,9	41,1	41,7		
Блэкджек	46,2	42,7	44,9	44,6		
Изагри Форс	41,9	42,5	45,5	43,3		
Изагри Вита	44,2	42,1	45,4	43,9		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	54,9	8	6,8625	3,046991	0,023622	2,510158
Внутри групп	40,54	18	2,252222			
Итого	95,44	26				
Фотосинтетический потенциал, тыс. м² / га × сутки						
<i>Группы</i>	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	337,8	327,9	330,0	331,9		
Циркон	349,6	353,1	356,0	352,9		
АгроВерм	387,4	390,2	389,4	389,0		
Цитовит	371,9	363,4	367,8	367,7		
Мегамикс	346,3	350,3	349,5	348,7		
Гумат +7	361,8	360,3	351,3	357,8		
Блэкджек	386,9	391,4	393,8	390,7		
Изагри Форс	370,3	370,6	364,3	368,4		
Изагри Вита	360,8	365,4	364,3	363,5		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	8382,3	8	1047,788	75,4226	2,92E-12	2,510158
Внутри групп	250,06	18	13,89222			
Итого	8632,36	26				
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/ м²*сут.						
<i>Группы</i>	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	2,59	2,58	2,69	2,62		
Циркон	3,17	3,20	3,02	3,13		
АгроВерм	3,40	3,52	3,46	3,46		
Цитовит	3,01	3,28	3,34	3,21		
Мегамикс	2,84	2,68	2,55	2,69		
Гумат +7	2,76	3,18	3,06	3,00		
Блэкджек	3,16	3,29	3,30	3,25		
Изагри Форс	2,88	2,94	2,85	2,89		
Изагри Вита	3,50	3,45	3,46	3,47		
Дисперсионный анализ						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	2,253	8	0,281625	20,391	1,57E-07	2,510158
Внутри групп	0,248	18	0,013811			
Итого	2,502	26				

Дисперсионный анализ урожайности горчицы, в зависимости от некорневой подкормки микроудобрениями, т/га (2020-2022 гг.)

Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	1,52	1,57	1,62	1,57		
Циркон	1,58	1,68	1,62	1,63		
Блэкджек	1,77	1,67	1,82	1,75		
АгроВерм	1,76	1,78	1,79	1,78		
Изагри Вита	1,78	1,71	1,89	1,79		
Гумат +7	1,63	1,78	1,63	1,68		
Мегамикс	1,64	1,65	1,73	1,67		
Изагри Форс	1,67	1,66	1,79	1,71		
Цитовит	1,71	1,79	1,73	1,74		
НСР ₀₅	0,07	0,08	0,09	0,11		
<i>Однофакторный дисперсионный анализ</i>						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,12805	8	0,016006	3,97585	0,007158	2,510158
Внутри групп	0,07247	18	0,004026			
Итого	0,20051	26				

Дисперсионный анализ урожайности семян горчицы, в зависимости от некорневой обработки агрохимикатами

Дисперсионный анализ урожайности семян горчицы – 2020 г						
Вариант	1 повторность	2 повторность	3 повторность	Среднее		
Контроль	1,56	1,49	1,53	1,52		
Циркон	1,55	1,61	1,57	1,58		
Блэджек	1,8	1,72	1,78	1,77		
АгроВерм	1,71	1,81	1,75	1,76		
Изагри Вита	1,77	1,78	1,8	1,78		
Гумат +7	1,61	1,64	1,66	1,63		
Мегамикс	1,62	1,65	1,66	1,64		
Изагри Форс	1,71	1,68	1,61	1,67		
Цитовит	1,79	1,67	1,68	1,71		
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,18746	8	0,023433	14,25	2,42E-06	2,510158
Внутри групп	0,0296	18	0,001644			
Итого	0,21706	26				
Дисперсионный анализ урожайности семян горчицы – 2021 г						
Вариант	1 повторность	2 повторность	3 повторность	Среднее		
Контроль	1,56	1,49	1,65	1,57		
Циркон	1,69	1,61	1,75	1,68		
Блэджек	1,68	1,7	1,64	1,67		
АгроВерм	1,75	1,81	1,79	1,78		
Изагри Вита	1,74	1,75	1,65	1,71		
Гумат +7	1,78	1,74	1,82	1,78		
Мегамикс	1,62	1,65	1,69	1,65		
Изагри Форс	1,71	1,68	1,61	1,66		
Цитовит	1,79	1,75	1,82	1,79		
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,129252	8	0,016156	6,331	0,000576	2,510158
Внутри групп	0,045933	18	0,002552			
Итого	0,175185	26				
Дисперсионный анализ урожайности семян горчицы – 2022 г						
Вариант	1 повторность	2 повторность	3 повторность	Среднее		
Контроль	1,65	1,58	1,63	1,62		
Циркон	1,68	1,55	1,64	1,62		
Блэджек	1,86	1,81	1,78	1,82		
АгроВерм	1,74	1,83	1,79	1,79		
Изагри Вита	1,85	1,87	1,96	1,89		
Гумат +7	1,63	1,60	1,65	1,63		
Мегамикс	1,78	1,71	1,69	1,73		
Изагри Форс	1,74	1,75	1,89	1,79		
Цитовит	1,75	1,67	1,73	1,73		
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,2268	8	0,028362	10,4329	2,27E-05	2,510158
Внутри групп	0,0489	18	0,002719			
Итого	0,2758	26				

Дисперсионный анализ элементов структуры урожая и высоты растений, в зависимости от некорневой подкормки

Число стручков на растении, шт.						
Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	43,6	45,6	44,3	44,5		
Циркон	46,9	48,3	47,3	47,5		
Блэкджек	51,7	52,3	53,6	52,5		
АгроВерм	51,9	53,1	52,7	52,7		
Изагри Вита	50,5	52,3	51,9	51,6		
Гумат +7	48,9	45,9	47,1	47,3		
Мегамикс	45,6	43,6	44,3	44,5		
Изагри Форс	49,6	48,7	48,5	48,9		
Цитовит	44,9	46,8	45,2	45,6		
<i>Дисперсионный анализ</i>						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	254,449	8	31,8062	33,849	2,63E-09	2,510158
Внутри групп	16,9133	18	0,93963			
Итого	271,36	26				
Число семян в стручке, шт.						
Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	5,5	5,2	5,5	5,4		
Циркон	5,4	5,6	5,4	5,5		
АгроВерм	5,1	5,4	5,1	5,2		
Цитовит	6,1	5,4	6,1	5,9		
Мегамикс	5,3	5,4	5,3	5,3		
Гумат +7	5,4	5,5	5,4	5,4		
Блэкджек	5,4	5,4	5,4	5,4		
Изагри Форс	5,2	5,2	5,2	5,2		
Изагри Вита	5,4	5,1	5,4	5,3		
<i>Дисперсионный анализ</i>						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	0,95333	8	0,119167	3,9237	0,007628	2,510158
Внутри групп	0,54666	18	0,03037			
Итого	1,5	26				
Масса семян с 1 растения, г						
Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	2,98	2,53	2,41	2,64		
Циркон	3,62	3,86	3,75	3,74		
АгроВерм	3,41	3,24	3,10	3,25		
Цитовит	3,41	3,56	3,54	3,50		
Мегамикс	3,19	3,31	3,13	3,21		
Гумат +7	2,48	3,02	2,72	2,74		
Блэкджек	2,85	3,10	2,75	2,90		
Изагри Форс	2,79	2,85	2,80	2,81		
Изагри Вита	2,85	2,76	2,97	2,86		
<i>Дисперсионный анализ</i>						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	3,3772	8	0,42215	14,51796	2,11E-06	2,510158
Внутри групп	0,5234	18	0,02907			
Итого	3,9006	26				

Высота растений, см						
Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	95,6	91,8	91,0	92,8		
Циркон	95,3	94,5	94,0	94,6		
АгроВерм	91,6	99,8	100,2	97,2		
Цитовит	85,9	87,3	78,2	83,8		
Мегамикс	80,9	82,5	86,8	83,4		
Гумат +7	91,7	89,7	90,1	90,5		
Блэжджек	87,9	89,2	83,3	86,8		
Изагри Форс	99,9	108,6	106,5	105,0		
Изагри Вита	79,9	84,6	74,6	79,7		
<i>Дисперсионный анализ</i>						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	1508,447	8	188,5558	14,17476	2,52E-06	2,510158
Внутри групп	239,44	18	13,30222			
Итого	1747,887	26				
Масса 1000 семян, г						
Вариант	2020 г	2021 г	2022 г	Среднее		
Контроль	6,16	6,26	6,35	6,26		
Циркон	6,34	6,86	6,45	6,55		
Блэжджек	6,99	7,05	6,95	7,00		
АгроВерм	7,10	7,12	7,05	7,09		
Изагри Вита	7,05	7,05	7,08	7,06		
Гумат +7	6,46	6,76	6,82	6,68		
Мегамикс	6,82	6,88	6,29	6,66		
Изагри Форс	6,78	6,74	6,70	6,74		
Цитовит	6,56	6,44	6,98	6,66		
<i>Дисперсионный анализ</i>						
<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	1,85483	8	0,231854	6,67667	0,000419	2,510158
Внутри групп	0,62506	18	0,034726			
Итого	2,47989	26				
НСР ₀₅	0,32					

**АКТ от 13.10.2023 г.
внедрения результатов исследований диссертационной работы Таишева
Нурмарата Равилевича**

Результаты научно-исследовательской работы Таишева Н.Р. на тему «Совершенствование технологии возделывания горчицы белой (*SinapisAlba*) в условиях лесостепи Среднего Поволжья» внедрены в КФХ ИП «Бареев Шамиль Анварович» Пачелмского района Пензенской области на площади 58 гектар.

Внедрение элементов технологии (некорневая подкормка микроудобрениями Агроверм и Изагри Вита, при посеве с нормой высева 2,5 млн. всх. семян на гектар) при выращивании горчицы белой сорта Люция позволило обеспечить оптимальные рост и развитие растений и сформировать урожай семян 1,79-1,85 т/га.

Производственные испытания доказывают высокую агрономическую и экономическую эффективность предложенных элементов технологии возделывания.

Глава КФХ ИП «Бареев Шамиль Анварович»»

Ш.А. Бареев



13.10.2023 г.

Крамбис

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС

АКТ внедрения материалов диссертационной работы Таишева Нурмарата Рауиловича.

Результаты научно-исследовательской работы Таишева Н.Р. на тему «Совершенствование технологии возделывания горчицы белой (*Sinapis Alba*) в условиях лесостепи Среднего Поволжья» были внедрены в ООО Научно-производственный комплекс «Крамбис» в 2023 году на площади 25 гектар.

Использование микроэлементных удобрений (Изагри Вита, Агроверм и Блекджек) в качестве фолиарной обработки посевов горчицы белой позволило сформировать урожай семян 1,7-1,9 т/га, что на 0,15-0,20 т/га выше контрольного варианта.

Предпосевная обработка семян биостимулятором БлекДжек способствовала формированию наибольшей урожайности 1,82 т/га. Посев горчицы проводился с нормой высева 2,5 миллион всхожих семян на гектар.

Проведенные исследования вносят определенный вклад в дальнейшее совершенствование технологии возделывания горчицы белой и доказывают высокую агрономическую и экономическую эффективность предложенных элементов технологии возделывания.



Директор

ООО НПк «КРАМБИС»

М.П.

14.10.2023 г.

И. А. Галияхметова

ИНН 0274146001	Р/сч 40702810425300000839
КПП 027401001	Приволжский филиал ПАО РОСБАНК
ОГРН 1100280007112	БИК 042202747
Адрес: 450076, г. Уфа	К/сч 30101810400000000747
ул. Аксакова, д. 59, оф. 705	Тел. 8 (800) 550-14-67

