

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ им. А.Н. Костякова
ВОЛГОГРАДСКИЙ ФИЛИАЛ

На правах рукописи

ЦЫБУЛИН ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ

**ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ
В СИСТЕМЕ РИСОВЫХ СЕВООБОРОТОВ**

06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель –
член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, Заслуженный
деятель науки Российской
Федерации В.В. Бородычёв

Волгоград – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Возделывание горчицы в условиях засухи	9
1.1 Ботаническая характеристика и биологические особенности горчицы Сарептской	9
1.2 Роль горчицы в системе рисовых севооборотов	13
1.2.1 Пищевая ценность и возможности использования горчицы сизой (Сарептской)	14
1.2.2 Агротехническая ценность горчицы в составе рисового севооборота	18
1.3 Опыт возделывания горчицы в условиях засухи. Обоснование направления исследований	23
2. Методика и условия проведения исследований	31
2.1 Вопросы исследований и схема полевого эксперимента	31
2.2 Методики исследований	38
2.3 Место проведения и почвенные условия опытного участка	42
2.4 Характеристика агрометеорологических условий	45
2.5 Агротехника, применяемая в опытах	48
3. Закономерности роста и развития горчицы сарептской в рисовых чеках	50
3.1 Всхожесть и сохранность растений горчицы Сарептской при разных способах посева	50
3.2 Динамика развития и роста вегетативной и корневой систем горчицы Сарептской при разных способах посева	57
3.3 Фотосинтетическая активность горчицы Сарептской при возделывании в системе рисового севооборота	68
3.4 Динамика накопления органического вещества в зависимости от способа посева при разных уровнях минерального питания ..	91

4.	Накопление и использование ресурсов почвенной влаги при возделывании горчицы сарептской в рисовых чеках	100
4.1	Результаты послойного исследования водного режима почвы в посевах горчицы Сарептской	100
4.2	Водопотребление горчицы в зависимости от способа посева при разных уровнях минерального питания	110
4.3	Условия эффективного использования ресурсов почвенной влаги на формирование урожая горчицы Сарептской	124
5.	Потенциал продуктивности и технология возделывания горчицы сарептской в качестве страховой сопутствующей культуры рисового севооборота	131
5.1	Структура урожая и уровень продуктивности горчицы в зависимости от способа посева при разных уровнях минерального питания	131
5.2	Технология возделывания горчицы Сарептской в качестве страховой сопутствующей культуры рисового севооборота	140
5.3	Экономическое обоснование сочетания приемов возделывание горчицы в рисовых чеках	146
	Заключение.....	152
	Список литературы	155
	Приложение	168

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы исследований. В современной Калмыкии рис производится на оросительных системах общей площадью более 5 тыс. га, почвенный покров которых на 65 % площади имеет неблагоприятный мелиоративный прогноз. Горчица является важной средообразующей культурой, возделываемой в системе рисовых севооборотов Калмыкии, и играющей исключительную роль в улучшении мелиоративного состояния и сохранения плодородия почвы в рисовых чеках. Вопросам технологии возделывания горчицы в рисовых севооборотах Калмыкии посвящены ряд научных работ, в которых доказана возможность использования горчицы в качестве сопутствующей культуры рисового севооборота, научно-обоснованы основные элементы агротехники в рисовых чеках Калмыкии, включая выбор сорта, норм высева, доз минерального питания, изучена фитомелиоративная роль горчицы, возможность ее выращивания на засоленных почвах, с близким уровнем залегания грунтовых вод. Исследованы уникальные агробиологические свойства горчицы, в частности, возможность посева по мерзлоталой почве.

В направлении наших исследований возможность посева горчицы по мерзлоталой почве использована для обоснования целесообразности ее применения в качестве страховой культуры, вводимой в севооборот в случае невозможности проведения основной обработки почвы после уборки риса. Одним из основных нерешенных вопросов при возделывании горчицы Сарептской в качестве страховой культуры рисовых севооборотов является проблема обеспечения равномерных и дружных всходов при посеве по мерзлоталой, переуплотненной после возделывания риса почве. Для решения этого вопроса необходимо разработать и апробировать приемы посева, обеспечивающие гарантированное укоренение проростков при размещении семян по мерзлоталой почве. Неизученными остаются схемы размещения растений горчицы в посевах при возделывании в сопутствующей культуре рисовых севооборотов. Режим минерального питания должен быть ориентирован на реализацию потенциала продуктивности горчицы в рисовых чеках

Калмыкии с возможностью сохранения или расширенного воспроизводства почвенного плодородия. В этом плане необходимо оценить водные ресурсы рисовых чеков в условиях естественного влагообеспечения и изучить другие факторы, оказывающие влияние на продуктивность страховых посевов горчицы с последующей оптимизацией уровня минерального питания. Необходимость решения этих вопросов определяет актуальность наших исследований.

Цель исследований - повышение эффективности возделывания горчицы в системе рисовых севооборотов Калмыкии при использовании в качестве страховой культуры за счет разработки инновационного способа посева по мерзлоталой почве и обоснования уровня минерального питания, обеспечивающих формирование 1,5-2,0 т/га высококачественных маслосемян.

Основные задачи, решение которых необходимо для достижения поставленной цели, сводятся к следующему:

1. Оценить возможность и эффективность использования горчицы Сарептской в качестве страховой сопутствующей культуры рисовых севооборотов Калмыкии при посеве по мерзлоталой почве.

2. Разработать мероприятия, обеспечивающие стабильные и высокие показатели полевой всхожести горчицы при посеве по мерзлоталой почве.

3. Обосновать и сделать предложения производству по оптимальным способам посева горчицы в рисовых чеках Калмыкии

4. Обосновать уровень минерального питания и оценить эффективность применения минеральных удобрений при возделывании горчицы с целью получения товарных маслосемян

Научная новизна: предложен новый способ посева горчицы Сарептской по мерзлоталой почве; установлены закономерности роста, развития и формирования урожая маслосемян при использовании горчицы в качестве страховой культуры рисового севооборота при невозможности проведения основной обработки почвы и исключении предпосевных обработок; исследованы закономерности роста и распространения корневой системы с оценкой возможностей использования почвенной влаги за вегетационный период; обоснованы оптимальный уровень мине-

рального питания и схема размещения растений в посевах при возделывании горчицы в сопутствующей рису культуре.

Теоретическая и практическая значимость работы. Диссертационная работа содержит теоретическое обоснование нового способа посева горчицы по мерзлоталой почве, результаты анализа взаимосвязей в динамике формирования агроэкологических условий и реализации потенциала продуктивности горчицы, закономерности формирования водного режима почвы в посевах горчицы при возделывании в рисовых чеках с оценкой возможностей использования остаточной после риса влаги.

Практическая значимость работы состоит в обосновании и экспериментальном подтверждении эффективности использования горчицы Сарептской к качеству страховой культуры рисовых севооборотов при невозможности проведения после уборки риса основной обработки почвы и исключении предпосевных обработок. Предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве позволяет повысить полевую всхожесть и обеспечить условия для формирования урожая высококачественных маслосемян на уровне 1,5-2,0 т/га.

Методы исследований. В качестве главного методологического подхода исследований принят метод факторного полевого эксперимента. Теоретическое обобщение и анализ результатов ранее проведенных исследований позволили обосновать гипотезу и методы решения задач исследований. При разработке программы экспериментальных исследований учитывали фундаментальные методологические положения, изложенные в работах Б.А. Доспехова, Е.А. Дмитриева, А.А. Роде, А.Н. Костякова и др. Многокритериальная оценка результатов полевого эксперимента проводилась с использованием методов вариационного анализа и статистического моделирования.

Основные положения, выносимые на защиту:

- способ посева горчицы по мерзлоталой почве;
- закономерности роста и развития горчицы Сарептской в рисовых чеках при разных уровнях минерального питания в зависимости от способа посева и ширины междурядий;

– водообеспеченность и условия эффективного использования почвенной влаги при возделывании горчицы в системе рисового севооборота;

– элементы технологии возделывания горчицы после риса, обеспечивающие в сочетании получение 1,5-2,0 т/га высококачественных маслосемян.

Личный вклад автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в обосновании направления и постановке задач исследований, обосновании нового способа посева горчицы по мерзлоталой почве, разработке программы и постановки экспериментальных исследований, обосновании используемых методик, проведении полевых опытов, анализе и обобщении результатов эксперимента, обосновании выводов и рекомендаций производству.

Достоверность результатов исследований подтверждается использованием актуальных методик, достаточным объемом опытных данных, полученных с соблюдением необходимого числа повторений, использованием методов статистического анализа и обработки опытных данных.

Рекомендации производству, сделанные по результатам проведенных исследований, прошли проверку в ОАО «50 лет Октября» Октябрьского района Республики Калмыкия в посевах горчицы по рису на площади 16 га. Результаты испытаний подтвердили эффективность предложенного способа посева по мерзлоталой почве и возможность получения 1,8 т/га высококачественных маслосемян горчицы при рентабельности производства 120 %.

Апробация работы. Результаты исследований и основные положения диссертационной работы докладывались на международных научно-практических конференциях «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства» (Рязань, 9 декабря 2011 г.), «Инновационные технологии в мелиорации» (Костяковские чтения, ГНУ ВНИИГиМ, Москва, 12-13 апреля 2011г.), «Мелиорация и водное хозяйство XXI века. Наука и образование (Посвященная 170-летию Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, 3-4 июня 2010 г., Горки), «Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур» (Рязань, 2013)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 4- в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, предложения производству, списка использованной литературы и приложений. Содержание работы изложено на 208 страницах, в том числе основного текста 119 страниц. Работа содержит 28 таблиц, 21 рисунок, 41 приложение. Список использованной литературы включает 135 источников, в том числе 7 иностранных авторов.

1. ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ГОРЧИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ

(состояние изученности вопроса)

1.1 Ботаническая характеристика и биологические особенности горчицы Сарептской

В настоящее время известно несколько видов горчицы. Некоторые исследователи [86] разделяют три вида горчицы, к которым относят белую, сизую, черную, тогда как по мнению Русаковой Г.Г [105] следует выделять четыре вида горчицы: белую, черную, сизую и абиссинская. Три из них, включая горчицу сизую (Сарептскую), принадлежат к роду *Brassica* L.

Происхождение горчицы сизой территориально связывают с Восточным Китаем, где это растение ввели в культуру путем селекционного отбора среди дикорастущих форм [125]. Кроме Восточного Китая дикое растение горчицы сизой были найдены на территории современной Киргизии, в ряде регионов Закавказья, в Гималаях. Большинство ученых сходятся во мнении, что именно из Китая горчица сизая была перенесена в Индию, где и находился очаг ее первичного возделывания в культуре [60, 76, 81, 105, 125].

В России горчицу сизую в культуру начали вводить лишь в конце 18 века, с формированием центра производства горчичного масла и горчичной муки в непосредственной близости от селения Сарепта [81].

Горчица сизая (*Brassica juncea* Czern) – относится к однолетним травянистым растениям семейства капустных (*Brassicaceae* L). В настоящее время разработано несколько классификаций горчицы Сарептской, опирающихся на морфологические (форма листьев нижних ярусов растений, взаимное расположение цветков в соцветиях, форма плодов) и хозяйственные признаки. Согласно классификации Синской Е.Н. [105] по морфологическим признакам горчицу сизую (Сарептскую) делят на 8 разновидностей, включая сарептану и субсарептану, интегрифолию, субинтегрифолию, криспифолию, субкриспифолию, японнику и монголику. Только первые две разновидности горчицы встречаются на территории России.

По хозяйственным признакам горчица сизая (Сарептская) разделена на десять типов: аравийский, индийский, афганский, малоазиатский, юго-восточный, алтайский, западно-китайский, монгольский, японский и корейский [86]. Сорты аравийского типа являются наиболее скороспелыми, но при этом – самые низкорослые, с сильной осыпаемостью. Сорты индийского типа очень скороспелые, с низкорослым растением, отличаются малой урожайностью и низкой масличностью. Горчица афганского типа скороспелая, растения имеют среднюю высоту, отличаются средней урожайностью и масличностью. Горчица сизая малоазиатского типа выше афганского, скороспелая, урожайность средняя, но масличность низкая. Юго-восточный тип горчицы сизой относительно скороспелый, среднерослый, урожайность средняя и высокая, масличность, как правило, высокая. Юго-восточный тип горчицы сизой получил наибольшее распространение в России. Алтайский тип горчицы сизой относится к среднеспелой группе, растения средне – и высокорослые, урожайность средняя, масличность чаще средняя, бывает и высокая. Кашгарский тип горчицы относится к позднеспелой группе, растения высокие, урожайность и масличность выше среднего. К монгольскому типу относятся горчицы средне- и позднеспелых сортов, растения высокорослые, урожайность и масличность средняя, реже – высокая. К японскому типу горчицы относятся средне и высокорослые растения средне и позднеспелой группы с низкой урожайностью, но высокой масличностью семян. Японский тип горчицы, как правило, используется в овощном направлении. Корейский тип горчицы очень раннеспелый с растениями среднего роста, урожайность и масличность низкая.

В России получил наибольшее распространение Юго-восточный тип горчицы сизой [125].

Стебель горчицы сизой (Сарептской) сильно ветвится, достигает высоты 0,30-1,5 м и опушен только у основания [80]. Корень и у горчицы Сарептской стержневой, получает мощное развитие и проникает на глубину до 2 м.

Листовые пластины существенно различаются по форме в зависимости от расположения [105]. Наиболее крупные и опушенные листья располагаются снизу, и имеют, как правило, лировидно-перистую форму. Реже, в зависимости от разно-

видности, листья нижних ярусов горчицы бывают цельными или, напротив, сильно рассеченными и курчавыми. Листья верхних ярусов ланцетные, не опушенные и цельные. Переход от нижних ярусов к верхним постепенный, листья средних ярусов имеют промежуточную форму.

Цветение горчицы имеет ярко-желтый окрас, цветки в диаметре изменяются от 15 до 20 мм и имеют по четыре чашелистика, соответственно, с лепестками [32, 76]. Цветок имеет четыре длинные и две короткие тычинки. Плод у горчицы Сарептской развивается в форме стручка. Средняя длина стручка составляет 2,0-2,5 см. Стручок тонкий и гладкий, с коротким носиком, при созревании легко растрескивается. В стручке формируется от 16 до 20 семян. Семена имеют шаровидную форму, темно-бурый или желтый окрас и крупносетчатую оболочку [86]. При замачивании семена горчицы Сарептской не ослизняются, приобретают жгучий вкус. Масса одной тысячи семян не превышает 3-4 г.

Горчица сизая (или Сарепская) относится к довольно холодостойким растениям с суммой активных среднесуточных температур воздуха, необходимых для созревания семян и завершения репродукционного процесса, не более 1700-1900 °С [60, 79, 80]. Прорастание семян у горчицы сизой возможно уже при температуре почвы 2-3° С, а температура выше 12 °С обеспечивает массовое прорастание семян и дружные, выравненные всходы. Снижение температуры воздуха до -3(-5)° С не наносит всходам горчицы существенного вреда.

Наилучшие условия для роста и развития горчицы сизой (Сарептской) создаются при температуре окружающей среды от 20 до 25° С. При этом повышение температуры воздуха до 30-35° С лишь незначительно ускоряет динамику развития растений и практически не ингибирует ростовые процессы [105]. Рост горчицы сохраняется в довольно широком (более 40°С) интервале температур окружающей среды, делая эту культуру поистине уникальной и наиболее приспособленной к условиям резко- континентального климата республики Калмыкия.

Горчица сизая (Сарептская) может произрастать и завершать репродукционный процесс даже в условиях острой засухи. Однако урожайность маслосемян у большинства сортов существенно увеличивается при увеличении ресурсов до-

ступной растениям влаги [122]. Наибольшая положительная реакция на улучшение условий влагообеспеченности у горчицы отмечается в фазы бутонизации и цветения. Дефицит влагообеспеченности в критические периоды сопровождается ингибированием процесса ветвления у растений, физиологическим завяданием бутонов, что обуславливает существенное снижение общей и семенной продуктивности. Оптимальная для горчицы сизой естественная влагообеспеченность характеризуется поступлением до 550-600 мм осадков за год [125].

Горчица сизая (Сарептская) является типичным представителем группы растений длинного дня [32, 60]. В северных широтах с увеличением длины летнего дня вегетационный период горчицы укорачивается. На широтах республики Калмыкия горчица зацветает на 36-47 день после появления всходов, а период цветения продолжается от 10-12 дней в засушливое лето до 12-20 дней – при улучшении условий естественной влагообеспеченности [42]. Всходы горчицы при благоприятных условиях появляются на 6-8-й день. Однако продолжительность периода от посева до всходов может существенно изменяться в зависимости от условий теплообеспеченности и влажности посевного слоя почвы. Созревание семян горчицы происходит через 20-25 дней после цветения, но в дождливую или прохладную погоду этот период может растягиваться до 30-40 суток.

Таким образом, продолжительность периода вегетации горчицы сизой (Сарептской) определяется не только длиной дня, но погодными условиями, а также условиями прохождения яровизации. Если яровизация семян проходит при невысоких температурах, то ускоряется прохождение последующих периодов развития [105].

Продолжительность периода вегетации горчицы сизой, от появления массовых всходов до завершения репродукционных процессов и созревания семян, в Поволжских районах, в среднем, составляет 75-90 суток [125]. В более прохладных, северных районах России те же сорта горчицы созревают через 80-115 суток после появления всходов [108].

Горчица сизая относится к факультативным самоопылителям. В тоже время большинством исследований подтверждается преобладание процессов самоопы-

ления. В условиях засухи и повышенной теплообеспеченности доля гибридных растений у различных сортов горчицы изменяется от 7,6 до 33,8 %. При температуре воздуха менее 5 °С в фазу цветения у горчицы нарушается процесс оплодотворения, усиливается опадение бутонов, снижается доля образовавшихся стручков и семян в них [32].

Наилучшие условия для произрастания горчицы создаются на хорошо оструктуренных почвах. Оптимальным является среднее и повышенное содержание гумуса при реакции среды, близкой к нейтральной [81]. Повышенная водоудерживающая способность почвы, особенно в условиях неустойчивого естественного увлажнения является залогом формирования высоких урожаев маслосемян. Вместе с тем, большинством исследователей отмечается нетребовательность горчицы сизой (Сарептской) к почвенному плодородию. Указывается, что за счет глубокой и хорошо развитой корневой системы растения могут потреблять воду и элементы минерального питания из глубоких слоев, что также компенсирует действие неблагоприятных погодных условий [16, 76, 86].

Таким образом, горчица сизая (или Сарептская) является одним из наиболее приспособленных к условиям резко-континентального климата Калмыкии растением. Холодостойкость горчицы удивительным образом сочетается с жаровыносливостью. Засухоустойчивость горчицы сизой определяется как ее способностью завершать репродукционные процессы в условиях острой засухи, так и максимальным потенциалом использования осадков зимнего периода при раннем и сверхраннем посеве. В комплексе это делает культуру горчицы весьма привлекательной для выращивания в самых сложных агроклиматических условиях.

1.2. Роль горчицы в системе рисовых севооборотов

Сопутствующие культуры рисового севооборота должны выполнять, как минимум, две обязательные функции:

– хозяйственно-экономическую. Это функция определяет достижения максимальных экономических результатов при возделывании культур рисового севооборота и определяется востребованностью производимой продукции в условиях рыночной экономики;

– агротехническую. Эта функция определяет возможности сохранения и расширенного воспроизводства плодородия земель рисовых чеков, улучшения фитосанитарного состояния посевов основной культуры севооборота – риса, оптимизации состава этмофауны, улучшение мелиоративного состояния почвенного покрова.

1.2.1 Пищевая ценность и возможности использования горчицы сизой (Сарептской)

Пищевая ценность и возможности использования горчицы в различных отраслях народного хозяйства определяется ее биохимическим составом. У горчицы наиболее ценной частью продукции являются семена, которые содержат свободные жирные кислоты, белки, фосфолипиды, триглицериды, углеводы, альдегиды, кетоны, тиогликозиды, ферменты, витамины, эфирное масло и другие органические и минеральные соединения [93]. Вид и сорт горчицы, спелость семян, географический район возделывания, метеорологические условия, почвенное плодородие и возможности его регулирования за счет применения минеральных и органических удобрений – все это неполный перечень важных экологических факторов, определяющих биохимический состав семян горчицы [105].

До 88-93 % семени у горчицы сизой занимает ядро и только 7-12 % - оболочка [125]. Отдельные сорта горчицы позволяют получать до 49 % масла от массы семени, в среднем, по видам горчицы уровень содержания масла составляет 16,5-49,2 % [56]. От 1,25 до 6,80 % массы семени горчицы занимают тиогликозиды, в том числе до 1,7 % приходится на аллилгорчичное масло [106]. Семена горчицы богаты сырым белком, которого в зависимости от условий выращивания и сорта, накапливается до 20,5-29,7 % [125]. Общее содержание фосфора в семенах достигает 1,7-2,1 % в разных соединениях, среди которых фосфолипиды (0,3-0,5 %), фитиновая кислота, а также ее соли (2,5-3,0%). Содержание клетчатки в семенах горчицы определяется, преимущественно, долей оболочки (10,3-11,2%). Среди прочих важных химических элементов горчицы необходимо выделить минеральный остаток (3,8-6,3 %), безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ: 16,9-

29,9 %) и углеводы (22,0-25,0 %). Моносахариды и дисахариды среди углеводов содержатся в равных частях, полисахариды занимают вдвое большую долю [81].

Минеральный остаток горчицы включает ряд важных макро и микроэлементов, незаменимых в питании человека [73, 93, 118, 125]. Фосфор является одним из важнейших элементов минерального питания горчицы сизой. Это элемент принимает участие в обмене энергии, входит в состав белков, фосфолипидов нуклеиновых кислот. Взрослому человеку в день, в среднем требуется до 1,2 г фосфора в различных соединениях. Кальция в минеральном остатке горчицы содержится до 16 %. Это важный элемент в питании человека, входящий в состав костной ткани, являющийся катализатором важнейших ферментов, имеет особое значение для поддержания ионного равновесия в организме. Взрослому человеку в день требуется до 0,8 г кальция. Доля магния в золе горчицы содержится до 9 %. В питании человека этот элемент важен потому, что участвует в формировании костной ткани и регуляции работы нервной системы. Этот элемент является незаменимым в обмене углеводов и энергии. Магния для взрослого человека требуется около 0,4 г в день. Натрий участвует в создании буферности крови, оказывает влияние на артериальное давление, принимает непосредственное участие в водном обмене. Это незаменимый элемент, участвующий в активации пищеварительных ферментов, регулирует функции мышечной ткани и нервной системы. В золе горчицы натрия содержится до 7 %. Сера в организме человека содержится в составе незаменимых аминокислот, что определяет ее участие в построении белковых компонентов. В зольном остатке горчицы содержится до 3 % серы. Кроме того в золе горчицы содержится до 1,4 % хлора, около 1 % железа, до 1,6 % кремния, 0,8 % калия и 0,01 % меди, которые участвуют в образовании желудочного сока, гемоглобина крови, регулируют кислотно-щелочной баланс крови а также выполняют другие важные функции [105].

Согласно требований, принятых международной организацией ФАО, используемое в пищу горчичное масло не должно содержать более 5,0 % эруковой кислоты [22]. Для решения этой проблемы была проведена большая селекционная работа. В результате селекции уменьшение содержания эруковой кислоты в гор-

чичном масле происходило в совокупности с повышением содержания олеиновой, линолевой и линоленовой кислот [21, 33, 57]. Параллельно происходило снижение содержания эйкозеновой кислоты. Доля эруковой кислоты в масле горчицы Сарептской современных сортов не превышает 0,1-2,0%. При этом содержание насыщенных кислот не превышает 3,5-5,0 %, а ненасыщенных достигает 95-97 %. Наибольшая доля, до половины всех ненасыщенных кислот, приходится на олеиновую кислоту, значительная часть - на линолевую (33-37%), не более 11-14 % - на линоленовую. Соотношение содержания олеиновой и линолевой кислот в результате проведения селекционных работ изменилось в лучшую сторону: при содержании около 46% первой и 37% - второй, масло может использоваться как салатное.

Наличие в семенах горчицы и продуктах их переработки тиогликозидов определяет возможность использования в медицинской промышленности [81]. Тиогликозиды, по сути, являются нейтральным веществом, которое при взаимодействии с особыми ферментами быстро гидролизуется, в результате чего образуется биологически активные соединения (изотиоцианаты и др.).

Исследованиями ряда ученых [81, 93, 106], разными методами было доказано, что в горчице Сарептской тиогликозиды на 99 % состоят из синигрина. Подтверждено, что покомпонентный состав эфирного масла в современных сортах горчицы Сарептской, а, следовательно, и его качество, не изменились в сравнении с высокоэруковыми сортами.

Высокое содержание сырого протеина, жира и клетчатки в семенах делают горчицу и продукты ее переработки ценным кормовым компонентом для животных и птицы [106]. При правильной переработке в одном килограмме жмыха семян горчицы содержится до 10,9 МДж обменной энергии, около полукилограмма сырого белка и до 0,4 кг перевариваемого протеина, до 150 г общего сахара и около 10 % жиров (таблица 1.1). Кормовая ценность жмыха горчицы определяется содержанием в нем до 1,1 кг кормовых единиц [81].

Высевки получают в течение технологического цикла после помола и просева горчичного жмыха [22, 54]. Масса высевок в зависимости от технологии получе-

ния жмыха достигает 16-20 % от веса семян. По компонентному составу и кормовой ценности высевки наиболее близки к пищевому жмыху. Их питательная ценность достигает 1,2 корм. ед., содержание перевариваемого протеина составляет 394 г, общего сахара – 150 г, сырого жира – 118 г, свыше 10 г фосфора, свыше 4 г кальция и магния.

В качестве кормовой добавки можно использовать также шелуху, в которой содержится до 5,1 МДж обменной энергии, свыше 130 г переваримого протеина и около 150 г сырого жира [106].

Таблица 1.1 – Состав горчичных жмыхов, высевок и шелухи, в 1 кг [81]

Показатель	Жмых			Вы- севки	Шелу- ха
	меди- цин- ский	пище- вой	кор- мовой		
Кормовых единиц	1,1	1,1	1,1	1,2	0,31
Обменной энергии, МДж	11,6	11,4	10,9	12	5,1
Сухого вещества, г	932	932	939	932	874
Сырого протеина, г	425	429	437	426	145
Перевариваемого протеина, г	384	397	404	395	135
Сырой клетчатки, г	57	46	49	50	172
Сахара, г	145	145	144	144	48
Сырого жира, г	134	121	92	118	148
Кальция, г	4,1	4,3	4,4	4,3	4,7
Фосфора, г	10,3	9,9	10,8	10,7	10,9
Магния, г	5,1	5,0	5,1	4,7	1,1
Калия, г	12,9	12,7	12,8	10,9	7,9
Железа, мг	235	239	237	230	373
Меди, мг	9,3	9,5	9,7	8,9	3,0
Цинка, мг	64,2	64,1	64,1	65,0	20,2
Марганца, мг	49,5	49,4	49,4	42,7	52,0
Каротина, мг	5,6	5,6	5,2	5,6	4,0

Белок жмыха и высевок, состоит, преимущественно, из растворимых фракций, сумма которых достигает 96,0-98,9 %. Нерастворимый остаток белков не превышает 1,1-4,0 %. Аминокислотный состав белков побочных продуктов переработки

семян горчицы включает Треонин, Серин, Глютаминовую и Аспаргиновую кислоты, Пролин, Глицин, Аланин, Цистин, Валин, Метионин, Изолейцин, Тирозин, Фенилаланин, Гистидин, Лизин, Аргинин [93].

Для скармливания продуктов переработки семян горчицы сельскохозяйственным животным необходимо проводить специальную обработку, направленную на деактивацию фермента мирозиназы, в присутствии которого тиогликозид синигрина гидролизуется с образованием аллилгорчичного масла [54, 81, 106]. Синигрин необходимо полностью удалять и продуктов переработки, поскольку фермент мирозиназы присутствует в пищеварительном тракте животных. Подготовка продуктов переработки семян горчицы к скармливанию в зависимости от технологии заключается в пропарке, отгонке аллилгорчичного масла, силосовании с зеленой массой кукурузы, экстракции тиогликозида синигрина.

Таким образом, горчица Сарептская является уникальной культурой, используемой в пищевой и медицинской промышленности, кормовой отрасли и в технических целях. Это обуславливает стабильную востребованность продуктов переработки семян горчицы и положительный экономический баланс производства даже в сложных почвенно-климатических условиях

1.2.2 Агротехническая ценность горчицы в составе рисового севооборота

Одной из важнейших задач введения сопутствующих культур в рисовые севообороты является улучшение агроэкологической обстановки и мелиоративного состояния почв рисовых чеков [3]. Возделывание риса по рису в течении длительного времени приводит к ухудшению фитосанитарной обстановки, распространению вредителей, а также болезней, снижению почвенного плодородия (снижению содержания основных элементов минерального питания, переуплотнению пахотного слоя, ухудшению водно-физических свойств). Вместе с тем следует исходить из того что рис является главной культурой рисового севооборота, и чередование культур здесь должно быть привязано к его биологическим особенностям и условиям возделывания. Оптимизация рисовых севооборотов проводится по критерию наибольшего сбора риса в течении длительного периода возделывания на специ-

ально оборудованных мелиорированных участках. В этом смысле необходимо ориентироваться на максимальное насыщение рисовых севооборотов основной культурой – рисом и внедрении в качестве сопутствующих культур таких, которые максимально быстро позволяют восстановить почвенное плодородие, мелиоративную и экологическую обстановку на участке [43].

Особые условия возделывания риса, путем затопления рисового чека существенно изменяет окислительно-восстановительный режим почве, особенно в верхних, гумусовых горизонтах. Под слоем воды начинают доминировать восстановительные процессы, в результате которых разрушается органическое вещество [115]. В результате этих процессов снижается содержание главного элемента плодородия почвы – гумуса. По данным [114] на Кубани при выращивании риса за первые 2 года содержание гумуса в верхнем, 0,2 –метровом слое почвы снижалось на 25 %. При выращивании риса на территории Казахстана доля гумуса в почве рисовых чеков снижалась за этот же период на 20-30%. По данным [27], на Дальнем Востоке через 6 лет бессменного возделывания риса доля гумуса в верхних горизонтах почвы уменьшилась на 17,6 %. Отмечается, что потери гумуса особенно велики в первые годы, а в последующем эти процессы замедляются.

Параллельно со снижением содержания гумуса в почве при затоплении рисовых чеков развиваются и другие негативные процессы: перенос иловых частиц по вертикальному градиенту, снижение буферности почвы в результате уменьшения емкости поглощения, вымывание легкодоступных форм и сокращение общего азота в пахотном горизонте, ухудшение мелиоративного состояния. В результате снижается плодородие почвы и урожайность основной культуры – риса [4, 27, 43].

Главными источниками восстановления почвенной органики, как основной составляющей почвенного плодородия, в рисовых чеках служат корневые и пожнивные остатки риса и сопутствующих культур рисового севооборота. Например, люцерна двухлетка дает до 7,4 т/га корневых остатков в полуметровом слое почвы, клевер – до 5,8 т/га, горох зимующий – до 1,7 т/га, соя – до 2,7 т/га, ячмень – до 3,2 т/га [14, 75].

В рисовых системах Калмыкии, из-за особых гидрогеологических условий затопление риса связано формированием близко залегающего пласта «верховодки» и развитием процессов вторичного засоления. В связи с этим особое внимание здесь уделяется научному обоснованию «суходольных» севооборотов, включающих набор засухоустойчивых культур, обеспечивающих формирование стабильных урожаев на остаточных после риса запасах влаги. Эти культуры также выполняют и мелиорирующую роль, которая заключается в существенном снижении уровня грунтовых вод [41, 98].

Горчица является одной из наиболее перспективных «суходольных» культур, выполняющих средообразующую и мелиоративную роль в рисовых чеках. Уборка горчицы в рисовых чеках проводится раньше других сопутствующих культур рисового севооборота, что дает дополнительное время для проведения агротехнических и мелиоративных мероприятий [14]. Как засухоустойчивая культура с хорошо развитой корневой системой горчица позволяет лучше просушивать рисовые чеки, что интенсифицирует окислительные процессы и восстанавливает окислительно-восстановительный баланс почвы [16, 51]. Горчица активно развивается на засоленных почвах, способствуя понижению уровня грунтовых вод и содержания в них солей. Например, в опытах [14] к началу сева горчицы грунтовые воды на участке находились на уровне 1,4-1,5 м. Содержание солей в грунтовой воде достигало 3,2-4,2 г/л. Замеры, проведенные после уборки горчицы показали понижение уровня грунтовых вод до 2,0 м и содержания солей в грунтовой воде до 2,9-3,7 г/л. При этом химизм засоления оставался прежним.

По данным [42] можно с уверенностью утверждать, что при выращивании горчицы Сарептской в системе рисового севооборота позволяет существенно улучшить важнейшие агрофизические свойства почвы. При введении этой культуры в севооборот обеспечивалось накопление до 3,2 т/га корневых остатков, с 1,03 до 1,72 повышался коэффициент структурности почвы, с 1,33 до 1,23 т/га снижалась плотность сложения почвы, с 46,5 до 50,0 % повышалась общая скважность. Кроме корневых остатков при возделывании горчицы в почву запахиваются поукосные остатки, масса которых достигает 0,7 т/га. В сумме с корневыми остатками

после горчицы в почву попадает до 3,7 т/га органики. Благодаря восстановлению окислительных процессов в почве повышается содержание легкодоступных форм азота. По данным [56] содержание нитратных форм азота после возделывания горчицы возрастет на 3,6-7,1 мг/кг почвы. Содержание легкодоступного фосфора при этом также возрастало, в среднем, с 37,8 до 40,4-44,8 мг/кг почвы. Происходит это за счет способности горчицы усваивать труднодоступные и слабоподвижные формы фосфора, в том числе, из глубоких слоев почвы.

Одной из главнейших проблем возделывания риса в монокультуре является активное развитие в чеках сорной растительности. По данным проведенных исследований [4, 43] при возделывании риса в монокультуре может накапливаться 1-2 тыс. зачатков болотных сорных растений. Без проведения специальных мероприятий развитие этих сорняков способно полностью заглушить рис и свести урожайность риса к критическому уровню. Например, развитие только 40-80 растений просянки на каждом квадратном метре снижает урожайность риса на 0,6 т/га. Исследованиями [114, 115] доказано, что сорная растительность может потреблять в 2,0-2,5 раза больше минеральных питательных элементов, чем основная культура – рис. Горчица является одной из наиболее эффективных культур, улучшающих фитосанитарное состояние посевов.

В результате проведения лабораторных опытов [105] было установлено, что горчица Сарептская обладает намного большей аллелопатической активностью, чем горох, озимая рожь, яровая пшеница или кукуруза. В результате вещества, содержащиеся в растении горчицы и при запашке соломы переходящие в почву, активно подавляет прорастание и развитие сорной растительности. Результаты исследований [14] подтвердили, что в результате выращивания горчицы, число семян сорной растительности в пахотном слое почвы снижается, в среднем, на 30%. Запашка растительных остатков также оказывало ингибирующее действие на патогенную микрофлору, вызывающую различные болезни у сельскохозяйственных растений.

Перспективно также использование горчицы Сарептской в качестве сидеральной культуры. Опытами [75] подтверждено, что применение горчицы в качестве

зеленого удобрения обеспечивает восстановление органического вещества в почве, повышает содержание фосфора и азота в пахотном слое, позволяет извлекать элементы минерального питания из подпочвенных горизонтов, повышает активность почвенной микрофлоры, способствует уничтожению вредителей и патогенной микрофлоры, обеспечивает защиту от водной и ветровой эрозии. По данным [109] наибольшая зеленая масса сидератов среди ряда испытываемых культур, таких как гречиха, люпин, рапс и горох, была образована горчицей Сарептской. В пересчете на гектар запахивалось до 50 т/га зеленого органического вещества.

Таким образом, в результате длительного затопления почвы при возделывании риса нарушается нормальное течение процессов почвообразования, изменяется окислительно-восстановительный баланс, снижается содержание гумуса, усиливается рост и развитие специфической сорной растительности, нарушается экологическое равновесие и ухудшается мелиоративное состояние участков. Введение сопутствующих культур в рисовый севооборот призвано предотвратить развитие этих негативных процессов. В этом плане горчица является уникальной культурой, способной комплексно решать экологические проблемы в рисовых чеках: она засухоустойчива, что позволяет возделывать ее без использования водных мелиораций и нормализовать окислительно-восстановительный баланс почвы; она относительно солеустойчива и развивает мощную корневую систему, что позволяет возделывать ее на слабозасоленных участках и предотвращать подъем минерализованных грунтовых вод; она обладает сильными аллелопатическими свойствами, что позволяет улучшить фитосанитарную обстановку; может быть использована как сидеральная культура для восстановления баланса органического вещества почвы.

1.3 Опыт возделывания горчицы в условиях засухи.

Обоснование направления исследований

Горчица Сарептская, как засухоустойчивая культура, широко используется в аридных районах Российской Федерации. Накоплен достаточно большой научный и практический опыт возделывания горчицы в условиях засушливого климата, обоснованы агротехнические приемы ее возделывания, разработаны типизированные технологические карты. В Нижневолжском регионе проблемой повышения эффективности возделывания горчицы Сарептской занимались Г.А. Медведев, Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, Д.Е. Михальков, Л.П. Шевцова, Н.Г. Екатериничева, В.И. Буянкин, Н.А. Шьюрова, Н.В. Малышев, А.И. Бондаренко, А.Ф. Иванов, Е.А. Иванцова и др. [3, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 41, 42, 43, 51, 80, 81, 82, 87, 98, 105, 106, 122, 125]. Большинство исследователей указывает на важность выбора участка под посеvy горчицы, причем особое внимание рекомендуется уделять не столько типу почвы, сколько истории поля, его агроэкологического и мелиоративного состояния, засоренности, запасам влаги. По мнению [81] лучшие условия для горчицы формируются при возделывании горчицы по черному пару, который обеспечивает очищение полей от сорной растительности и накопление влаги.

Гарантированно высокие запасы почвенной влаги в Калмыкии обеспечиваются при возделывании горчицы после риса [3, 4]. Однако общая мелиоративная ситуация на рисовых оросительных Калмыкии остается неблагоприятной. По данным [14] почва в рисовых чеках не засолена только на 3,7-4,0 % площади рисовых систем, имеют слабое засоление – на 47,2-53,4 % площади, среднее засоление – на 34,3-37,8 % площади, и до 4,3-5,0 % - засолены сильно и очень сильно. Хлоридное засоление оказывает существенное отрицательное влияние на корневое питание и условия водного питания растений, нарушает и замедляет накопление органического вещества, ингибирует рост и формирование урожая. Повышенное поступление солей в растения нарушает ионный баланс и увеличивает синтез АФК. Кроме того, усиленное поступление солей в растения может вызвать осмотический стресс, связанный с быстрым падением водного потенциала корнеобитаемой среды. Исследования [38] показали неодинаковое влияние засоления на различ-

ные сорта горчицы. В большинстве вариантов влияние засоления в концентрации 100 и 150 мМ увеличивало всхожесть семян горчицы на 7,4-34,2%. При увеличении концентрации солей до 200 мМ и выше всхожесть семян горчицы резко снижалась. В результате проведенного исследования было доказано, что нормальный рост и развитие растений горчицы Сарептской обеспечивается при умеренном засолении, с концентрацией солей не более 100-150 мМ.

Типизированная технология возделывания горчицы Сарептской в засушливых регионах России включает стандартные для большинства яровых культур операции, в том числе [11, 13, 22, 42, 51, 55, 77, 81, 87, 105]:

- основную обработку почвы. Она может быть представлена различными вариантами, зависящими от почвенного покрова, климатических условий и степени эродированности поля;

- допосевной обработки почвы. Система допосевной обработки зависит от срока сева и может включать покровное боронование по мере созревания почвы и предпосевную культивацию на 4-5 см;

- система минеральных удобрений. Система удобрения горчицы должна быть ориентирована на сохранение положительного баланса питательных элементов и расширенное воспроизводство почвенного плодородия. Технология внесения удобрений должна учитывать региональные климатические условия с целью максимально эффективного использования минеральных элементов и причинения наименьшего экологического ущерба природе региона;

- интегрированная система защиты растений горчицы. Горчица наиболее сильно в сравнении с другими культурами страдает от вредителей. Поэтому защита растений горчицы включает в себя и агротехнические мероприятия, предусматривает применение ядохимикатов, оптимизацию сроков посева, применение стимуляторов роста. Это один из наиболее затратных комплексов технологии возделывания горчицы и, вместе с тем, один из наиболее проработанных элементов технологии;

– блок посева. Мероприятия, входящие в этот блок включают предпосевную обработку семян горчицы, выбор сроков и способов посева, норм высева и, собственно, технологию посева;

– уход за посевами. Включает комплекс агротехнических мероприятий, выполняемых после посева и до уборки горчицы. Частично пересекается с системой применения минеральных удобрений и мероприятиями по обеспечению защиты растений, но включает и уникальные агротехнические операции;

– блок уборки и первичной подработки семян на току. Эти операции выделяются из всего комплекса возделывания горчицы и, собственно, не являются приемами возделывания. В определенном смысле их можно выделить в отдельную технологию, имеющей свои цели, задачи и методы их достижения.

Г.А. Медведев [81] считает, что в засушливых условиях Нижнего Поволжья основная обработка почвы может быть представлена разными вариантами, включая зяблевую, системами полупаровой и паровой обработок, а также их различными вариациями.

Первой операцией обычной зяблевой обработки является лущение, которое проводится по стерне убранного предшественника [22, 55]. Это позволяет уничтожать вегетирующую сорную растительность и создать своеобразный мульчирующий слой, который состоит из почвы и остатков растений предшествующей культуры и позволяет снизить потери почвенной влаги. При этом глубина лущения зависит от высоты стерни предшествующей культуры. В зонах, наиболее страдающих от ветровой эрозии, доказана целесообразность применения вместо лущения обработку игольчатыми боронами [77]. Зяблевую вспашку целесообразно проводить через 10-15 суток после лущения, что дает время на прорастание сорной растительности, но не дает корнеотпрысковым восстановить мощность корневой системы.

По мнению [78, 81] основная обработка почвы по горчицу может проводиться также в системе улучшенной зяблевой подготовки. При такой подготовке почву неоднократно лущат лемешными лущильниками, что позволяет эффективно бороться с корнеотпрысковыми видами сорной растительности.

Полупаровая обработка почвы проводится по раноубираемым предшественникам, таких как зерновые на зеленый корм, кукуруза на силос, ранние овощные и т.д. При возделывании горчицы после риса такую систему обработки почвы реализовать не возможно. Введение парового поля в систему рисовых севооборотов не оправдано экономически [3, 114, 115].

Перечисленные системы обработки почвы не предусматривают ситуацию, когда сроки уборки риса и погодные условия не позволяют проводить операции основной обработки почвы. В этом случае, зябь уходит в зиму без обработки.

Предпосевная обработка почвы под горчицу, если это позволяют сроки, проходит в несколько этапов [14, 87]. Проведение этих операций обусловлено необходимостью выравнивания поверхности почвы, разрушения глыб, сохранения почвенной влаги. Горчица, как мелкосемянная культура, требует тщательной подготовки посевного слоя почвы. Только в выравненной по плотности почве возможно получить равномерные, дружные всходы горчицы. Проведение предпосевной культивации почвы на глубину 4-5 см по данным [81] обеспечивает до 0,2 т/га прибавки урожая горчицы Сарептской, а при совмещении предпосевной культивации с посевом (при использовании комбинированных агрегатов), урожайность маслосемян возростала еще 0,15 т/га. Применение комбинированных агрегатов еще более эффективно в случае очень раннего срока сева горчицы, когда провести предпосевную культивацию обычным способом не представляется возможным.

Использование минеральных удобрений позволяет существенно повысить урожайность горчицы на малоплодородных светло-каштановых и бурых почвах Нижнего Поволжья [56, 81, 125]. Исследованиями [56], было доказано, что минеральный азот выносятся растениями горчицы из почвы практически равными долями на протяжении всей вегетации. Наиболее сильное потребление фосфора отмечено с начала фазы цветения, однако малая подвижность этого элемента в почве требует его заблаговременного внесения. Калий, как и фосфор в начальные периоды вегетации, потребляется горчицей слабо. Однако с фазы бутонизации и до созревания семян потребность в нем резко возрастает. В опытах [81] наибольший урожай семян горчицы, 2,66 т/га, был получен при внесении минеральных удоб-

рений дозой $N_{90}P_{60}$, тогда как на контроле (без внесения минеральных удобрений) урожайность горчицы не превышала 1,37 т/га.

Важнейшим условием эффективного использования удобрений в посевах горчицы является наличие свободной влаги в почве. При снижении влажности почвы эффект от использования минеральных удобрений существенно падает. Так, в том же опыте [81] при внесении удобрений дозой $N_{90}P_{60}$ во влажный год было получена урожайность 2,66 т/га, а в острозасушливый – 0,84 т/га.

Использование средств интегрированной защиты горчицы от болезней и вредителей часто позволяет сохранить до 50 % урожая маслосемян горчицы [22]. Среди наиболее эффективных агротехнических мер защиты растений горчицы следует выделить пространственную изоляцию старых и новых посевов горчицы, возвращение посевов на старое место не ранее, чем через 4-5 лет, проведение посевов в сверхранние сроки, обеспечение равномерных всходов и оптимизация размещения растений в посевах. Эффективна инкрустация семян горчицы препаратами Промет 400 дозой 25 кг/т или Фурадан 35 % т.п. дозой 15 кг/т [12, 22, 42, 87]. По вегетирующим растениям химические обработки целесообразно проводить при появлении вредителей и превышении их численности экономического порога вредоспособности инсектицидами карбофос (50 %) дозой 0,6-0,8 л/га, фастак (10 %) дозой 0,15-0,2 л/га, сумиальфа (55 %) дозой 0,2-0,3 л/га, каратэ (5 %) дозой 0,1 л/га, фуфанон (50 %) дозой 0,6-0,8 л/га и таран (10 %) дозой 0,1 л/га [81, 125].

Посев горчицы является одной из самых ответственных мероприятий в сетевом графике возделывания горчицы Сарептской. При проведении сева горчицы необходимо решить целый комплекс задач, направленных на обеспечение оптимальных условий для прорастания, появления дружных всходов и дальнейшего развития растений в посевах. Наиболее важные среди этого комплекса задач – это выбор срока посева, способов посева и нормы высева.

Способы посева и нормы высева неодинаковы для зон с разными почвенно-климатическими условиями. В экспериментальных делянках Донской опытной станции предпочтение отдается посеву горчицы с широкими, до 0,7 м, междуря-

дьями нормой 3,5-4,0 кг/га [33]. При этом семена смешивали с минеральными удобрениями общей дозой 50 кг/га. Урожай при таком способе посева формируется, преимущественно, за счет увеличения числа ветвей второго и последующего порядков.

Другие авторы [76, 77] предпочтение отдают обычному, рядовому способу посева, а норму высева предлагают принимать в зависимости от условий влагообеспеченности территории и распространения сорной растительности. При относительно хорошем уровне влагообеспеченности (при наличии в метровом слое до 145 мм влаги) рекомендуется посев горчицы проводить нормой 2,5-3,0 млн. сем./га, а при дефиците влаги (70-90 мм влаги в метровом слое почвы) – нормой 6-8 кг/га (1,5-2,0 млн. сем./га).

В опытах [15, 42], реализованных в рисовых чеках Калмыкии, наибольшие урожаи горчицы Сарептской (на уровне 2,0 т/га) были получены при норме высева 2,5 т/га. При этом увеличение нормы высева до 3,0 млн. сем./га приводило к снижению урожайности, в среднем, на 0,2 т/га, а при уменьшении нормы высева до 2,0 млн. сем./га, урожайность падала на 0,4 т/га. К сожалению, исследованию способов посева горчицы в агроэкологических условиях рисовых севооборотов Калмыкии не было уделено должного внимания.

Ранее проведенными исследованиями было установлено [16, 17, 81], что в зависимости от срока посева горчицы, создаются разные условия влажности, температурный режим, световой режим, что отражается на развитии и репродуктивной функции растений. Большинство авторов рекомендуют ранние сроки посева горчицы, апеллируя, прежде всего, к ее способности прорасти при температуре почвы $+1^{\circ}\text{C}$ [14, 81, 105, 125]. Причем одни из них объясняют эффективность ранних сроков посева возможностью ухода от сроков массового распространения наиболее опасных для нее вредителей, а другие отмечают возможность сбора больших урожаев за счет увеличения уровня естественной влагообеспеченности и лучшего сохранения запасов почвенной влаги. В опытах [125] было установлено, что в условиях засушливого климата Нижней Волги оптимально высевать горчицу через 10-12 дней после поспевания почвы и начала полевых работ. В течение

этого времени ведется предпосевная подготовка почвы. В опытах [81] на богарных землях Октябрьского района Волгоградской области было испытан способ посева горчицы по мерзлоталой почве. Результаты превзошли все ожидания, так как урожайность во все годы исследований была выше 2 т/га, тогда как при обычных сроках сева изменялась от 0,63 до 1,27 т/га. Был сделан вывод о целесообразности посева горчицы по мерзлоталой почве без предпосевной обработки почвы. Эффективность посева горчицы по мерзлоталой почве была подтверждена в опытах [16, 17, 98], проведенных в рисовых чеках в системе рисовых севооборотов. Однако урожайность горчицы варьировала по годам исследований, в зависимости от условий ранневесеннего периода, динамики прихода тепла, ветрового режима и атмосферных осадков.

Таким образом, горчица Сарептская в силу своих биологических особенностей является одной из перспективнейших сопутствующих культур рисового севооборота. Она сочетает в себе засухоустойчивость и отзывчивость на улучшение условий водообеспечения одновременно. Последнее проявляется в способности переносить и формировать урожай даже в условиях острого дефицита влаги, а также существенно повышать продуктивность при повышении доступности почвенной влаги. Аллелопатические свойства растительных остатков горчицы по отношению к ряду злостных сорняков являются уникальными среди культур рисового севооборота и чрезвычайно важными в плане улучшения фитосанитарной обстановки рисовых чеков. Относительная солеустойчивость растений горчицы в сочетании с мощным развитием корневой системы дает возможность использовать эту культуру для улучшения мелиоративной обстановки в рисовых чеках без ухудшения качества урожая. Это единственная культура среди культур рисового севооборота, которая позволяет полностью исключить предпосевную обработку почвы при проведении сверхраннего посева и отзывается на это прибавкой урожая. Единственное требование к почве при этом является отсутствие глыб и выравненность посевного слоя по плотности. Для соблюдения этого требования рекомендуется проводить основную обработку почвы по типу полупара или улучшенной зяби с

исключением последующего проведения вспашки или заменой этой операции операцией дискования. Важно, что эти требования выполняются также при исключении основной обработки почвы, что дает уникальную возможность использовать горчицу как страховую культуру в годы, когда погодные условия не позволяют провести уборку риса в сжатые сроки и не остается времени для поднятия зяби.

В настоящее время уже накоплен определенный опыт возделывания горчицы в Калмыкии в сопутствующей культуре рисового севооборота. Успешно решены вопросы интегрированной защиты растений от болезней и вредителей, оптимизирована норма высева, подобраны сорта, получены уникальные данные, позволяющие количественно оценить мелиоративную роль горчицы в рисовых чеках. Наряду с этим остаются и нерешенные вопросы. В частности апробация возможности посева горчицы по мерзлоталой почве да, в целом, положительные результаты, однако эффект оказался не стабилен по годам исследований. В ряде случаев наблюдалось резкое сокращение полевой всхожести, в результате чего посевы формировались с выпадами, а общая продуктивность горчицы снижалась. До настоящего времени не было однозначных рекомендаций относительно способов посева горчицы по мерзлоталой почве. Рекомендации для других регионов и условий возделывания разнятся от сплошного разбросного до обычного рядового и широкорядного способа посева. Неясно, какая система удобрений должна применяться при возделывании горчицы в качестве страховой культуры при посеве ее без основной предпосевной обработок почвы. Эти нерешенные вопросы определили направление наших исследований.

2. МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Вопросы исследований и схема полевого эксперимента

Особенности возделывания горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов заключаются, прежде всего, в нарушении зональных адаптированных технологий и вынужденном переходе на систему возделывания с нулевой обработкой почвы. Из-за сложного климата региона, уборка риса, выращиваемого длительное время под слоем воды, нередко растягивается, что не дает возможность провести основную обработку почвы и зябь уходит под зиму не обработанной. При этом почва после риса довольно сильно уплотнена, а капиллярная структура верхнего слоя остается в ненарушенном состоянии. Испытание ряда сопутствующих культур рисового севооборота показал, что использование горчицы Сарептской в этом случае дает наибольший экономический и агротехнический эффект. В тоже время отмечается, что даже использование этой культуры не дает стабильного эффекта, нередко продуктивность посевов снижается из-за ухудшения структуры посевов [16, 17, 98].

Технология посева горчицы Сарептской по мерзлоталой почве сегодня является классическим примером интенсификации производства маслосемян этой культуры в зоне сухих степей Нижнего Поволжья, к которым относится и территория Калмыкии. В соответствии с зональными рекомендациями для реализации этой технологии необходимо соблюдение ряда условий, в числе которых необходимость обработки почвы в системе пара, полупара или улучшенной зяби. Во всех случаях исключается отвальная обработка почвы культурным плугом под зябь. Допускается глубокое безотвальное рыхление в совокупности с обработкой поверхности почвы дисковыми боронами. Такое построение системы основной обработки почвы имеет целью максимальное выравнивание поверхности поля, которая должна быть хорошо разработана и без глыб уйти в зиму. Это необходимое условие при возделывании горчицы по мерзлоталой почве, так как в этом случае нет возможности проведения предпосевных обработок, а семена горчицы, в силу своих малых размеров, не прорастают при посеве глыбистую почву с пустотами.

Полное отсутствие основной обработки почвы позволяет оставить выравненную поверхность без глыб и пустот, что позволяет проводить посев по мерзлоталой почве. Негативным фактором, отрицательно влияющим на прорастание, укоренение семян горчицы и полноту полевой всхожести, в этом случае является переуплотнение посевного слоя после длительного периода возделывания риса под слоем воды. Из-за засушливости климата региона и повышенной ветровой активности в ранневесенний период переуплотненная после риса почва чрезвычайно быстро подсыхает по поверхности, в результате чего нарушается контакт семян с влажной почвой, процесс прорастания нарушается. Последнее приводит к изреженности всходов, неравномерному и разновременному прорастанию семян, формированию крайне не выравненного агроценоза и снижению общей продуктивности посева. Решение этой проблемы должно быть направлено на создание условий для равномерного и дружного прорастания семян горчицы, укоренения проростков и получение дружных всходов.

При проработке теории по данной проблеме было отмечено, что в случае заделки семян на определенную глубину создается наиболее надежный контакт семени и почвы. При посеве горчицы по мерзлоталой почве в настоящее время широко используются обычные посевные агрегаты, их эффективность доказана многолетней практикой. Однако при этом не происходит заделки семян в почву, они раскладываются по поверхности почвы с заданным расстоянием между рядами. При использовании рекомендованных технологий возделывания горчицы с посевом по мерзлоталой почве семена одновременно с процессом таяния затягиваются почвой, чем обеспечивается надежный контакт и подпитка влагой. Это происходит потому, что с осени почва была хорошо разработана и рыхлой ушла под зябь. При возделывании горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов данное условие не выполняется, почва остается уплотненной. Особого внимания в этом случае заслуживает то, часть семян все таки прорастает, а значит, обеспечивается достаточно надежный контакт семени и почвы. В ходе изучения этого вопроса было установлено, что прорастают, прежде всего, семена, которые попали на участки чуть ранее оттаявшей и (или) нарушенной почвы. Это дало нам осно-

вание предположить, что нарушение целостности почвенного покрова в месте укладки семени позволит при оттаивании получить надежный контакт с почвой, что обеспечит дружное прорастание семян и равномерные всходы. Поскольку технологически при посеве семена укладываются в одну линию (рядок), то локальное нарушение целостности почвенного покрова может проводиться поделкой микробороздок. Для этого стандартный посевной агрегат был дооборудован простыми приспособлениями, позволяющими непосредственно перед сошников «начерчивать» микробороздки.

Сущность предложенного способа посева заключается в следующем. При обычной технологии посева по мерзлоталой почве семена горчицы распределяются по поверхности поля в расчете на подтапливание семенного материала при оттаивании. Как было указано, такие условия при использовании горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов в Калмыкии обеспечиваются не всегда. Во внедряемой технологии посева предлагается под семенное ложе создавать микробороздки, в которые подается семенной материал (рисунок 2.1). Семена в этом случае попадают в микропонижения, в которых при оттаивании почвы скапливается влага, что создает благоприятные условия для прорастания.

Необходимость экспериментальной проверки эффективности предлагаемых мероприятий определила закладку вариантов опыта по фактору А (способ посева).

Предложенная технология посева горчицы по мерзлоталой почве предусматривает рядковое размещение растений в посевах. В этом случае от ширины междурядий будет зависеть прохождение продукционного процесса, степень ветвления, закладка бобиков на ветвях первого, второго и последующего порядков, структура и продуктивность растений. Это дает пространство для поиска условий оптимального прохождения продукционного процесса. Необходимость определения оптимальной ширины междурядий при посеве горчицы рядковым способом дало нам основание для закладки вариантов опыта по фактору В (ширина междурядий).

Предполагается, что внедрение предложенного способа посева горчицы в совокупности с оптимизацией схемы размещения растений позволит повысить про-

дуктивность этой культуры в рисовых чеках. Это определяет необходимость оптимизации уровня минерального питания, необходимого для реализации потенциала продуктивности горчицы в рисовых чеках. Кроме того, важно учитывать, что научного обоснования использования горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов до настоящего времени не получило. Необходимость поиска оптимального уровня минерального питания горчицы при возделывании в качестве страховой культуры рисовых севооборотов и посева новым способом по мерзлоталой почве определило закладку вариантов опыта по фактору С (уровень минерального питания).

Таким образом, для решения поставленных задач исследований был организован трехфакторный полевой эксперимент со следующим набором вариантов:

Фактор А (способ посева):

– вариант А1 – посев горчицы по мерзлоталой почве рядовым способом с раскладкой семенного материала по поверхности поля;

– вариант А2 – посев горчицы по мерзлоталой почве рядовым способом с одновременной поделкой («начерчиванием») микробороздок и укладкой семенного материала в бороздки;

Фактор В (ширина междурядий):

– вариант В1 – рядовый способ посева горчицы с шириной междурядий 0,15 м;

– вариант В2 – рядовый способ посева горчицы с шириной междурядий 0,30 м;

– вариант В3 – рядовый способ посева горчицы с шириной междурядий 0,45 м.

Фактор С (уровень минерального питания):

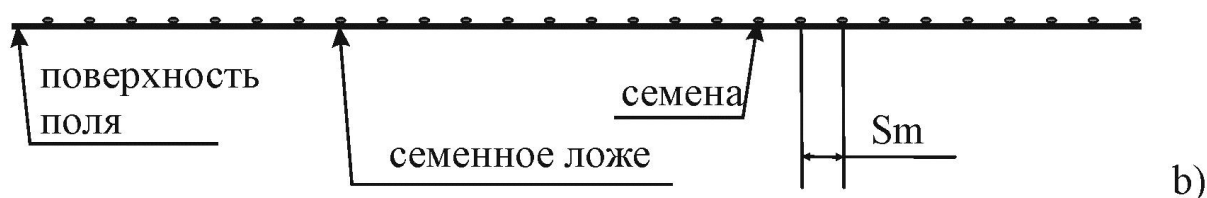
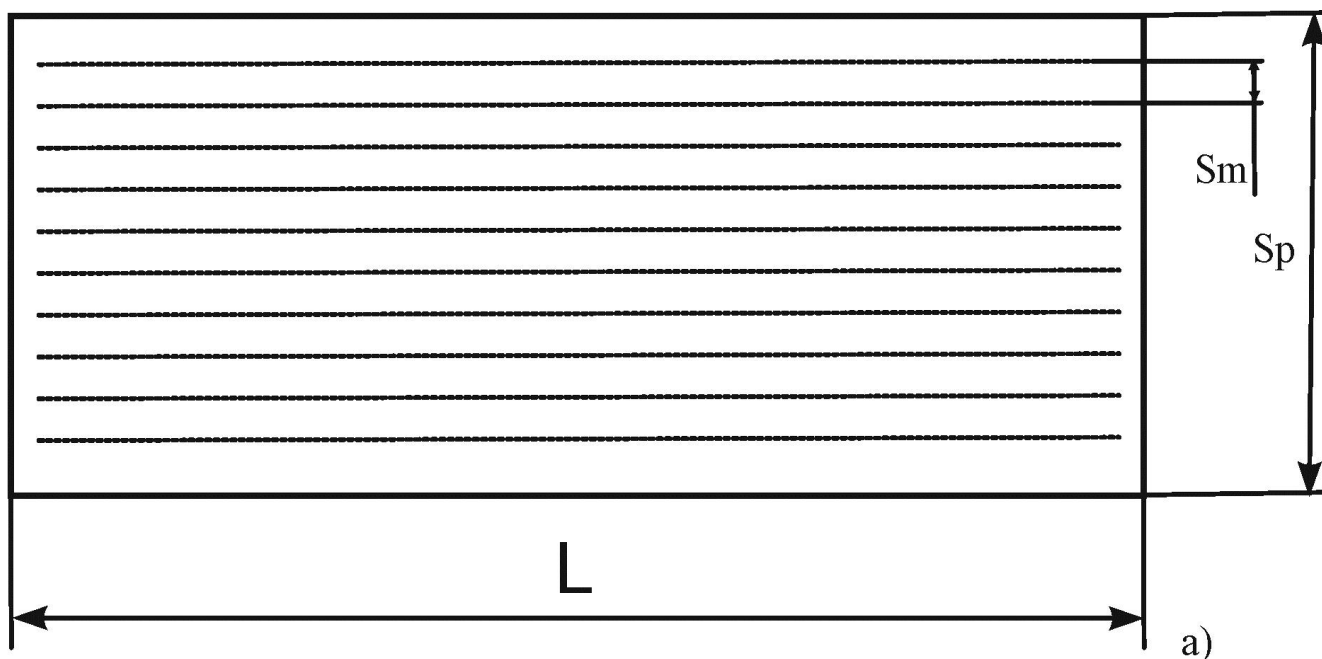
– вариант С1 (контроль) – без внесения удобрений;

– вариант С2 – внесение удобрений в минеральной форме дозой $N_{40}P_{10}$, рассчитанной на формирование до 1,5 т/га маслосемян горчицы;

– вариант С3 – внесение удобрений в минеральной форме дозой $N_{80}P_{40}$, рассчитанной на формирование до 2,0 т/га маслосемян горчицы;

– вариант С4 – внесение удобрений в минеральной форме дозой $N_{120}P_{70}$, рассчитанной на формирование до 2,5 т/га маслосемян горчицы.

Главные вопросы исследований сводились к следующему:



Условные обозначения:

L - длина участка, S_p - ширина участка, S_m - ширина междурядий

Рисунок 2.1 - Способ посева горчицы Сарептской по мерзлоталой почве (варианты)

а) - общий вид, б) - способ посева с распределением семян по поверхности мерзлоталой почвы, в) - способ посева с поделкой в мерзлоталой почве микробороздок и распределением семян по бороздкам

- экспериментально оценить влияние способов посева на полевую всхожесть и сохранность растений горчицы к уборке;
- экспериментально оценить влияние способов посева и уровня минерального питания горчицы на рост и развитие корневой системы;
- установить закономерности роста и развития горчицы Сарептской в рисовых чеках при различных сочетаниях исследуемых в опыте факторов;
- дать статистическую оценку условий естественной влагообеспеченности горчицы Сарептской при возделывании в системе рисовых севооборотов Калмыкии;
- установить закономерности и оценить эффективность использования запасов почвенной влаги посевами горчицы при возделывании по мерзлоталой почве;
- экспериментально оценить уровень продуктивности маслосемян горчицы в зависимости от способа посева и доз внесения минеральных удобрений с обоснованием оптимального уровня минерального питания;
- экономически обосновать элементы технологии возделывания горчицы при посеве по мерзлоталой почве в рисовых чеках.

Эксперимент проводили в системе рисового севооборота (предшественник – рис) в чеках ОАО «50 лет Октября» Октябрьского района республики Калмыкия с районированным сортом горчицы сарептской Ракета. По площади опытного участка опыт был заложен методом расщепленных делянок, причем вдоль опытного поля были организованы варианты с разным уровнем минерального питания, а поперек – варианты способов посева горчицы по мерзлоталой почве и варианты с разной шириной междурядий (рис. 2.2). Ширина полос с разным уровнем минерального питания в каждой повторности составляла 10 м. Всего было заложено четыре повторения опыта по площади опытного участка. Ширина делянок с равным междурядным расстоянием была принята равной 18 м, общая ширина делянки с одним вариантом способа посева – 54 м. По повторностям делянки, где посев горчицы проводили по предложенному способу, располагали во второй позиции от края поля. Варианты с разной шириной междурядий и уровнем минерального питания располагали рендомизированно [49, 50, 79]. Площадь учетной

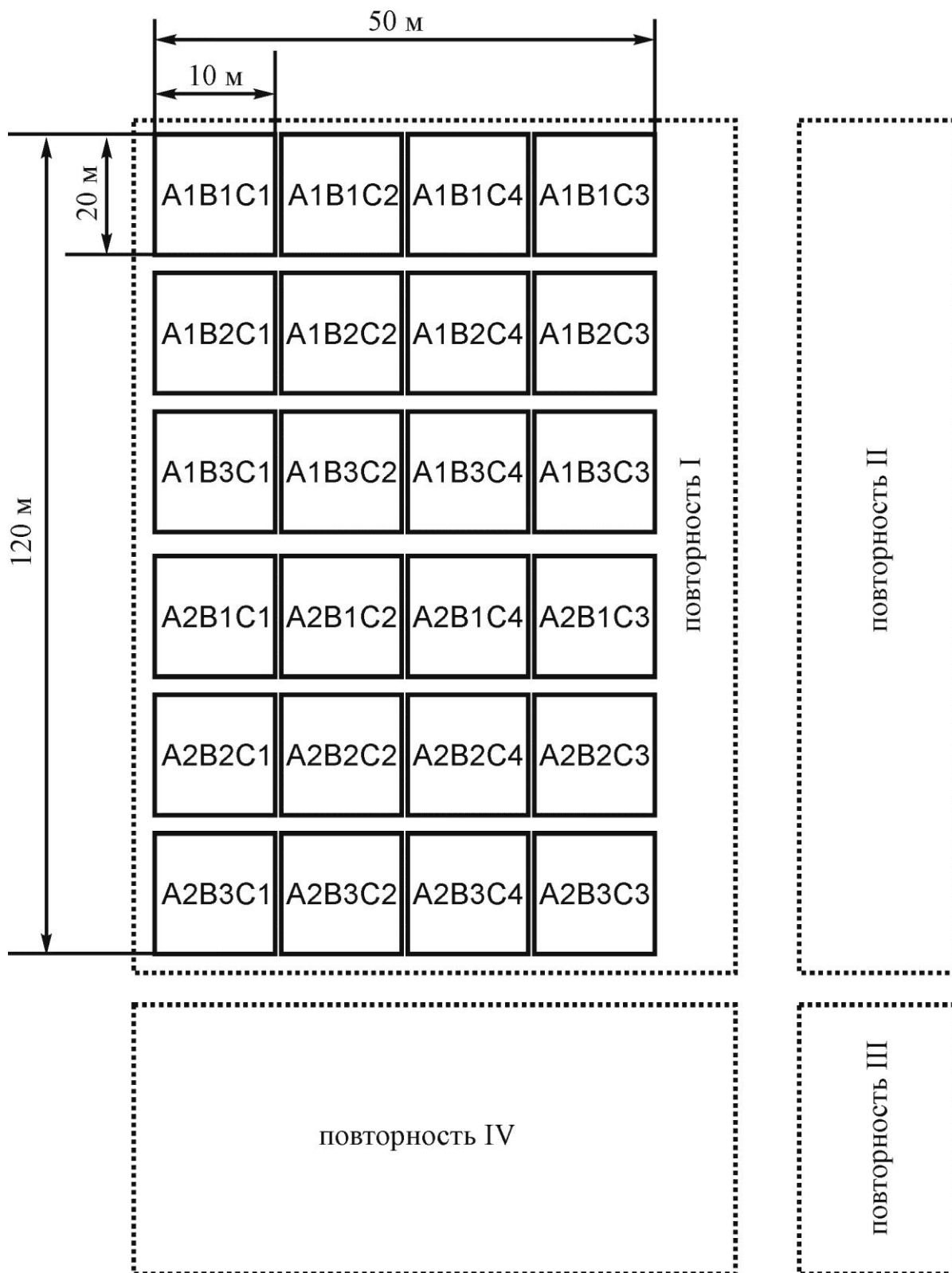


Рисунок 2.2 - Схема полевого опыта

делянки, образованной сочетанием вариантов всех трех факторов, составляла 180 м², площадь всех вариантов опыта в 1 повторности 0,54 га, площадь опытного участка 2,16 га.

2.2 Методики исследований

В целях получения репрезентативного экспериментального материала в объеме, достаточном для статистического анализа, проверки научных гипотез, обоснования выводов и рекомендаций в исследованиях использовали следующие общепринятые и признанные научным сообществом методики.

Выбор опытного участка проводили с учетом требований идентичности их агрохимических и агрофизических свойств в годы проведения исследований, их соответствия природным условиям региона и особенностям почвенного покрова рисовых чеков Калмыкии [49, 79].

Агрохимический анализ почвы опытного участка проводили как в позднеосенний период, так и весной при достижении состояний физической спелости почвы. Образцы для анализов отбирали до глубины 1,0 м в 16 –кратной повторности [45, 52, 69]. Определение агрохимических свойств образцов почвы проводили в лабораторных условиях. Для определения содержания гумуса в почвенном покрове опытного участка использовали методику Тюрина И.В. в модификации Симакова В.И [66].

Для оценки обеспеченности почвы азотным питанием определяли содержание легкогидролизуемых форм азота методом Тюрина и Кононовой в модификации Кудеярова [7]. Метод предполагает учет нитратного азота, поглощенных форм аммонийного азота и легкогидролизуемых органических остатков, то есть – всех форм азота, легко доступных растениям. Определение содержания фосфора и калия в почве проводили стандартизированными методами, предложенными Б.П. Мачигиным и модифицированными ЦИНАО (ГОСТ 26205), с использованием фотоэлектроколориметра и пламенного фотометра [69, 127]. Поглощенный натрий определяли методом Антипова-Каратаева И.Н. и Мамаевой А.Я. с учетом определенного ранее содержания обменного калия [66]. Последнее необходимо, так как

приведенный метод фактически предусматривает извлечение и определения суммы ионов натрия и калия. Кроме физического содержания натрия в почве опытного участка определяли его содержание относительно емкости поглощения, для исследования которой использовали метод Захарчука П.В. [127].

Для оценки водно-физических свойств почвы в опытах исследовали плотность сложения и плотность твердой фазы почвенного покрова, а также подпочвенного грунта до глубины 1,0 м. Для взятия образцов на плотность сложения почвы использовали специальный бур высотой 40 мм и диаметром режущей части 55 мм, который позволяет взять пробу в ненарушенном состоянии. Образцы почвы отбирали по горизонтам, через 0,1 м. Расчет плотности сложения проводился с учетом фактической влажности почвы [5, 23, 97, 101]. Для определения плотности твердой фазы использовали почву из образцов почвы, которые использовались для определения плотности сложения. Подготовка почвенных образцов для анализа заключалась в просеивании на миллиметровом сите. Плотность твердой фазы определяли с использованием пикнометров [58, 59, 97]. По значениям плотности сложения и плотности твердой фазы почвы вычисляли величину общей скважности [5]. Расчеты проводили для тех же горизонтов почвы, в которых были отобраны образцы для определения плотности сложения.

Определение наименьшей влагоемкости почвы в опытах проводилось методом заливаемых площадок, для чего обваловывались квадраты 1×1 м [28, 101]. В качестве мульчирующей поверхность площадки материала использовали речной песок и солому. Поверхность почвы вокруг площадки закрывали полиэтиленовой пленкой. Через 3-4 дня пробы почвы на влажность отбирали послойно, через 0,1 м. Максимальная глубина отбора проб почвы – 1,0 м.

Текущую влажность почвы определяли на постоянных водобалансовых площадках в 4-х кратной повторности для каждого варианта опыта. Отбор образцов почвы на влажность проводили через 0,1 м до 1,0 м. Влажность почвы определяли в полевой лаборатории термостатно-весовым методом [5, 103].

Максимальную гигроскопичность почвы определяли по общепризнанной методике [58, 102] и использовали для оценки влажности устойчивого завядания растений.

При определении расчетных доз внесения минеральных удобрений пользовались методом элементарного баланса [116]. Баланс составляли для основных элементов макроминерального питания, при положительном балансе внесение минеральных удобрений не предусматривалось.

Основные показатели-характеристики метеоусловий, - температуру и относительную влажность воздуха, направление и скорость ветра, - в годы проведения исследований определяли непосредственно на опытном участке [38]. Для этого использовали полевую метеостанцию с выходом на ЭВМ со специальным программным обеспечением. Для определения объема выпавших осадков дождемер М-99 устанавливали на высоте 2,0 м [112].

Запас влаги в почве определяли для слоя 1,0 м исходя из плотности сложения почвы и ее текущей влажности в соответствующих горизонтах [103]. Для определения суммарного водопотребления горчицы проводили водобалансовые расчеты, в которых учитывали влагу эффективных осадков и возможность подпитывания корнеобитаемой зоны из грунтовых вод [64]. Динамику расхода воды посевами определяли путем отнесения суммарного водопотребления горчицы по межфазным периодам к продолжительности этих периодов (среднесуточное водопотребление) и накопленным суммам среднесуточных температур воздуха (температурные коэффициенты [6]).

Фенологические наблюдения в опытах проводили дифференцированно, для каждого варианта в четырехкратной повторности [48, 50, 85]. В квадратах 2×2 м подсчитывалось число растений, вступивших в очередную фазу развития. Если в фазу вступало не менее 10 % растений – регистрировался день начала очередной фазы [84]. На этих же площадках посчитывали число взошедших и сохранившихся к уборке растений горчицы [84, 85].

Для исследования динамики роста горчицы в опытах пофазно определяли высоту растений, вес в сыром и сухом состоянии, массу корней.

Высота растений определялась для каждого варианта в отдельности по 50 модельным растениям, которые отбирались и впоследствии использовались для определения сырого и сухого веса растений [83, 84]. Сушка растений горчицы проводилась в закрытом, хорошо вентилируемом, темном помещении. Завершение процесса сушки определялось периодическим взвешиванием растений на электронных весах. При стабилизации веса растений сушку прекращали, а полученные данные записывали в электронный журнал [84].

Отбор проб для учета массы корней горчицы проводили методом монолитов [29, 50, 84]. Пробы отбирали с монолита размером 0,3×0,3 м на глубину до 1,5 м, причем до глубины 0,5 м – отбирали послойно, через 0,1 м, а далее – через 0,2 м. Отмывку корней проводили в полевой лаборатории, на двух ситах – с диаметром ячейки 3 мм и 0,25 мм.

Для оценки фотосинтетической активности растений в разные фазы роста и развития горчицы отбирали пробы площади листьев, расчетными способами определяли фотосинтетический потенциал посева и чистую продуктивность фотосинтеза [89]. Площадь листьев горчицы определяли методом высечек с использованием специального сверла-пробойника диаметром 0,8 мм. Площадь листьев определяли по 50 модельным растениям, которые впоследствии использовались для определения веса растений. Определение чистой продуктивности фотосинтеза проводилось по зависимости [86, 89, 100]:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0,5 \cdot (S_1 + S_2) \cdot T}, \quad (2.1)$$

где B_2 – масса сухого вещества посева в конце расчетного периода, а B_1 – масса сухого вещества посева в начале расчетного периода; выражение $0,5 \times (S_2 - S_1) \cdot T$ – численно характеризует величину фотосинтетического потенциала посева за расчетный период T .

Для учета структуры урожая на каждом варианте опыта отбирали по 50 модельных растения [50, 84]. Определение числа ветвей на растении, числа стручков и семян в стручке, массы 1000 семян проводилось стандартными методами [72,

84]. Фактическую урожайность горчицы для каждого варианта опыта определяли методом прямого комбайнирования.

Весь полученный в опытах экспериментальный материал подвергали статистической обработке методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов [30, 45, 48, 49].

Расчет экономических показателей и анализ экономической целесообразности внедрения технологии возделывания горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов проводили с учетом требований методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов [25].

2.3 Место проведения и почвенные условия опытного участка

Полевой эксперимент проводили в рисовых чеках ОАО «50 лет Октября» Октябрьского района Республики Калмыкия. Хозяйство располагается в зоне распространения бурых почв, которая занимает более 27 % территории Калмыкии. Гранулометрический состав, агрохимические и водно-физические свойства почвы опытного участка типичны для почв, распространенных в зоне эксплуатации рисовых систем Калмыкии [110].

По классификации Качинского [59] почвогрунты опытного участка характеризуются тяжелосуглинистым составом (таблица 2.1). Содержание частиц более 0,01 мм составляет 50,2-53,8 %, а менее 0,01 мм – изменяется от 46,2 до 49,9 %. Меньше всего в почве частиц, размер которых более 0,2 мм (не более 1,3 %). Содержание илистых фракций (с размером менее 0,001 мм) составляет 12,3-16,3 %, причем в верхних горизонтах илистых частиц несколько больше, чем на глубине 0,5 м и более. Последнее характерно для интенсивно орошаемых территорий. Содержание частиц менее 0,01 мм возрастало с увеличением глубины взятия образцов на 3,7 %.

Плотность твердой фазы в пахотном горизонте почвы ($2,47-2,50 \text{ т/м}^3$) ниже, чем в подпахотных горизонтах ($2,52-2,60 \text{ т/м}^3$), что объясняется увеличением доли содержания гумуса в верхних слоях (таблица 2.2). Общая пористость почвы в пахотном горизонте 48,8-49,2 %, а в подпахотных слоях – снижается до 46,2 %. Пропорционально снижению общей пористости с увеличением глубины горизон-

та почвы увеличивается плотность сложения. Однако и в пахотном горизонте плотность сложения почвы была не ниже 1,26-1,28 т/м³, что связано с исключением из системы обработки почвы основных обработок. В подпахотных горизонтах плотность сложения почвы возрастала до 1,36-1,38 т/м³.

Таблица 2.1 - Гранулометрический состав почвогрунта на опытном участке

Горизонт почвы, м	Содержание частиц (%) размером, мм							
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	Сумма фракций	
							>0,01	<0,01
0-0,1	1,2	23,4	28,2	14,2	16,7	16,3	52,8	47,2
0,1-0,2	1,3	27,2	24,6	14,7	17,2	15,0	53,1	46,9
0,2-0,3	0,9	26,7	26,2	13,5	18,4	14,3	53,8	46,2
0,3-0,4	0,3	25,3	27,1	13,5	18,5	15,3	52,7	47,3
0,4-0,5	0,3	29,6	23,9	14,6	19,3	12,3	53,8	46,2
0,5-0,6	0,3	24,0	26,1	14,2	18,3	17,1	50,4	49,6
0,6-0,7	0,1	25,2	26,4	15,2	19,7	13,4	51,7	48,3
0,7-0,8	0,2	24,5	26,2	15,7	18,9	14,5	50,9	49,1
0,8-0,9	0,1	26,3	25,2	14,9	18,5	15,0	51,6	48,4
0,9-1,0	0,1	24,2	25,9	16,1	18,2	15,6	50,2	49,9

Таблица 2.2 - Водно-физические свойства почвы на опытном участке

Горизонт почвы, м	Плотность сложения, т/м ³	Плотность твердой фазы, т/м ³	Общая пористость, %	Влажность почвы при наименьшей влагоемкости	Максимальная гигроскопичность, %
0-0,1	1,26	2,48	49,2	26,1	8,2
0,1-0,2	1,26	2,47	49,0	26,4	8,3
0,2-0,3	1,28	2,50	48,8	26,0	8,1
0,3-0,4	1,30	2,52	48,4	25,7	8,1
0,4-0,5	1,32	2,54	48,0	25,5	8,0
0,5-0,6	1,34	2,56	47,7	25,4	8,0
0,6-0,7	1,36	2,59	47,5	25,1	7,9
0,7-0,8	1,36	2,59	47,5	25,2	7,9
0,8-0,9	1,38	2,60	46,9	25,0	7,8
0,9-1,0	1,37	2,56	46,5	25,2	7,9

Содержание гумуса в бурых почвах низкое (таблица 2.3). На опытном участке в пахотном горизонте содержание гумуса не превышало 1,22 %. В подпахотных слоях содержание гумуса скачкообразно снижалось до 0,33 %. Содержание поглощенного натрия в слое 0-0,5 м изменялось в пределах 0,64-0,71 мг-экв. В пахотном горизонте содержание поглощенного натрия составляло 0,64-0,68 мг-экв., что не превышает 4,4-4,8 % от емкости поглощения. С увеличением глубины взятия образцов (0,4-0,5 м) количество поглощенного натрия возрастало до 0,65-0,71 мг/экв., а емкость поглощающего комплекса почвы снижалась с 11,4-12,3 мг-экв. В результате доля поглощенного натрия от емкости поглощения повышалась с 5,7-5,8 %. Мелиоративное состояние почвенного покрова опытного участка удовлетворительное.

Таблица 2.3 - Агрохимические свойства почвы опытного участка

Горизонт почвы, м	Гумус, %	Поглощенный натрий, мг-экв.	Емкость поглощения, мг-экв.	Доля натрия, % от емкости поглощения	Содержание легкогидролизуемого азота, мг/кг почвы	Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы	Содержание обменного калия, мг/кг почвы
0-0,1	1,21	0,67	14,4	4,7	24	38	425
0,1-0,2	1,22	0,64	14,5	4,4	26	36	445
0,2-0,3	0,93	0,68	14,1	4,8	21	37	385
0,3-0,4	0,69	0,71	12,3	5,8	16	27	397
0,4-0,5	0,33	0,65	11,4	5,7	8	21	371

Содержание доступных форм азота в почве низкое и не превышает для пахотного горизонта 21-26 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте составляет 36-38 мг/кг почвы. Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора характеризуется, как среднее. Содержание обменных форм калия высокое, достигает в пахотном слое 385-445 мг/кг почвы. В целом, содержание основных питательных элементов в почве опытного участка типично для бурых почв Республики Калмыкия.

2.4 Характеристика агрометеорологических условий

Главной характеристикой климата зоны рисосеяния Калмыкии является континентальность [2]. Лето характеризуется обильным поступлением тепловых ресурсов при острой естественной влагообеспеченности. Сумма активных среднесуточных температур воздуха (выше 10°C) достигает 3400-3600 $^{\circ}\text{C}$. Длительность периода с температурой воздуха выше 0°C изменяется от 240 до 275 суток, продолжительность безморозного периода достигает 170-185 суток. Зима, как правило, малоснежная, возможно сильные понижения температуры воздуха. Самые ранние осенние заморозки отмечаются уже к середине октября, среднемноголетняя мощность горизонта промерзания почвы составляет 0,36 м, а оттаивание почвы, в среднем, отмечается в первой-второй декаде марта.

Увлажненность воздуха существенно изменяется в течение года и в зависимости от режима поступления атмосферных осадков. Наибольшая сухость воздуха отмечается, как правило, в июле, когда значения относительно влажности часто могут быть ниже 30 %. За годы на территории региона выпадает не более 290 мм атмосферных осадков, большая часть которых приходится на теплый период года. Ветровой режим характеризуется высокой интенсивностью, часто скорость ветра достигает 15 м/с. В совокупности с низкой влажностью воздуха это обуславливает частую повторяемость суховеев, которые быстро иссушают верхний посевной слой почвы.

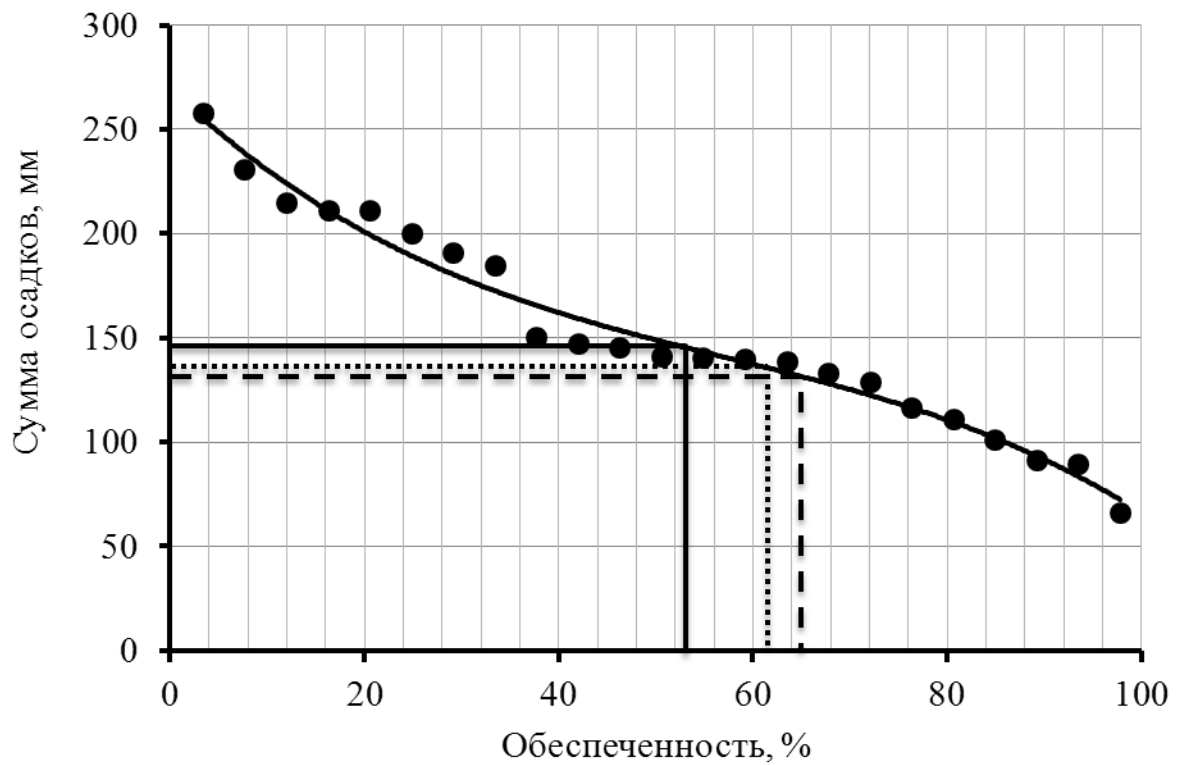
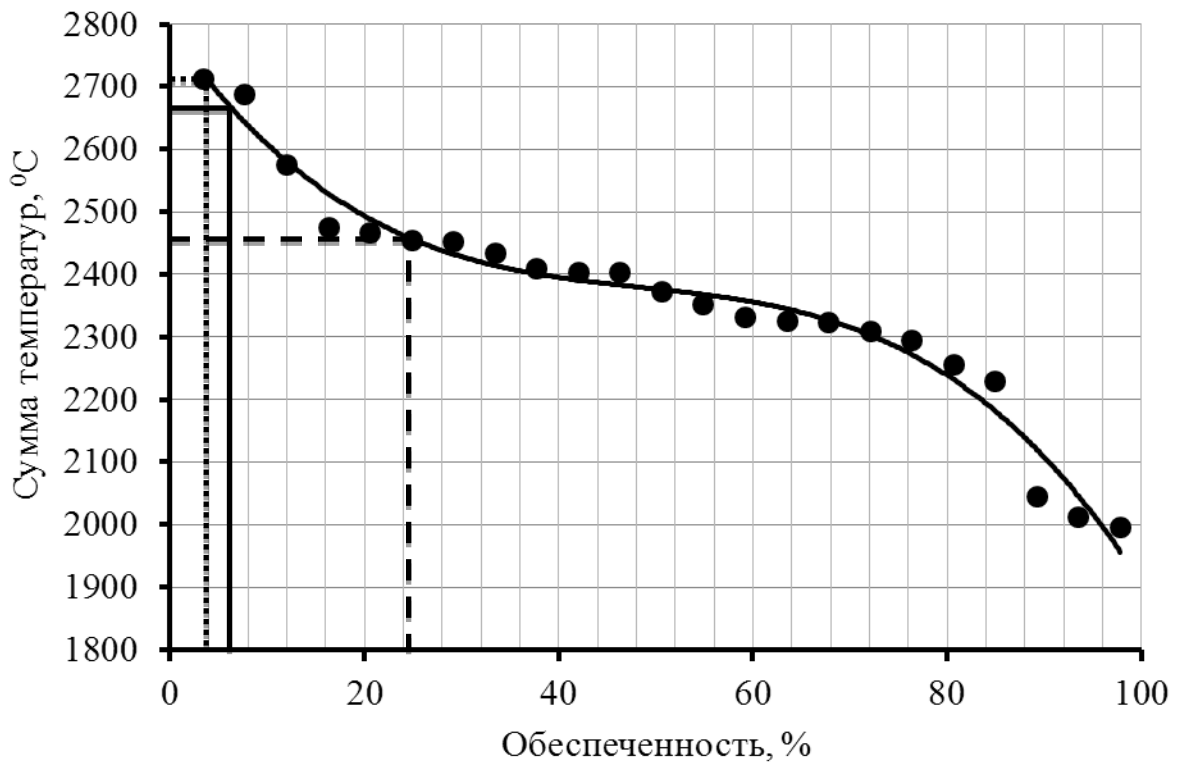
Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались повышенной теплообеспеченностью при среднемноголетнем уровне поступления атмосферных осадков. В 2010 году обеспеченность вегетационного периода горчицы атмосферными осадками была близка к среднемноголетнему уровню. За период с 1 марта по 31 июля выпало 145 мм осадков, что в регионе обеспечивается в 53 % случаев (рисунок 2.3). Однако 115 мм осадков из всех поступивших за вегетационный период горчицы выпало за весенний период (таблица 2.4). В летние месяцы поступление атмосферных осадков было наиболее скудным при существенном увеличении температурной напряженности. Сумма температур, накопленная за период с 1 марта по 31 июля, составила 2688 $^{\circ}\text{C}$, что обеспечива-

ется с вероятностью не более 8 %. Положительные среднедекадные температуры воздуха в 2010 году были отмечены уже с первой декады мая. Однако впоследствии повышение температурного режима происходило медленно, и существенное потепление началось только с 1 декады апреля. В июне и июле в течение пяти декад подряд средняя декадная температура воздуха находилась на уровне 27,7-30,5 °С.

Таблица 2.4 – Среднедекадные уровни температурной напряженности и поступления атмосферных осадков в годы проведения исследований

Период		Год исследований					
		2010		2011		2012	
Ме- сяц	Де- када	Темпе- ратура, °С	Осадки, мм	Темпе- ратура, °С	Осадки, мм	Темпе- ратура, °С	Осадки, мм
Март	1	0,7	15,3	-3,2	0,0	-3,3	6,0
	2	1,0	17,9	2,0	0,0	-0,4	0,3
	3	6,9	0,6	3,9	0,7	4,6	8,1
Ап- рель	1	9,2	12,0	7,8	8,8	10,6	0,5
	2	10,8	5,2	9,0	11,1	16,9	2,0
	3	11,6	0,5	11,5	20,8	19,0	10,3
Май	1	17,9	0,0	16,3	75,4	20,1	0,8
	2	20,5	26,0	17,0	7,4	23,6	0,0
	3	19,4	37,5	20,6	9,3	22,7	0,0
Июнь	1	25,2	2,8	23,2	0,5	24,5	17,3
	2	28,1	3,2	24,8	1,6	27,0	28,8
	3	27,7	8,0	25,6	1,3	25,8	24,1
Июль	1	29,1	12,6	28,5	2,8	24,8	31,3
	2	30,5	3,4	28,5	0,0	27,3	11,3
	3	30,3	0,4	31,9	0,0	28,3	0,0
Сумма		2688	145	2474	139	2712	140

В 2011 году за вегетационный период горчицы поступило 139 мм осадков с крайне неравномерным распределением по декадам. Более половины всех осадков выпало в первую декаду мая, в период образования розетки и начала ветвления. Это позволило пополнить запасы почвенной влаги для последующего роста и развития горчицы. Обеспеченность поступления 139 мм осадков за период с 1 марта по 31 июля в регионе составляет 64 %, что характеризует год как средnezасушли-
вый. Температурная напряженность в 2011 году была наименьшей, в сравнении с



————— 2010 г.; - - - - - 2011 г.; 2012 г.

Рисунок 2.3 - Обеспеченность поступления тепла и осадков в годы проведения исследований (1.III-3.VII)

2010 и 2012 годами исследований, однако существенно выше среднемноголетнего уровня. За период с 1 марта по 31 июля было накоплено 2474 °С среднесуточных температур воздуха, что обеспечивается в регионе с вероятностью не более 24 %. Наиболее жарким месяцем оказался июль, среднедекадные температуры воздуха в котором достигали 28,5-31,9 °С. Однако для посевов горчицы в фазе созревания такие условия были благоприятны.

В 2012 году за период вегетации горчицы было накоплено наибольшее количество тепловых ресурсов. Сумма среднесуточных температур воздуха за период с 1 марта по 31 июля составила 2712 °С, что в регионе обеспечивается с вероятностью не более 4 %. Быстрое потепление в этом году наблюдалось уже с 1 декады апреля, а к концу месяца среднесуточные температуры воздуха превысили 20 °С. Атмосферные осадки за период вегетации горчицы в 2012 году поступили в объеме 140 мм, причем 112 мм – выпало в летние месяцы.

Таким образом, метеорологические условия в годы проведения исследований стали ярким выражением климатических особенностей региона, с превышением среднемноголетнего уровня по теплообеспеченности и острым дефицитом поступления атмосферных осадков.

2.5 Агротехника, применяемая в опытах

Главной особенностью агротехники горчицы в опытах являлось полное исключение проведения основной обработки почвы. Это определялось требованиями эксперимента, так как отрабатывались элементы технологии возделывания горчицы в качестве страховой культуры рисового севооборота, используемой в том случае, когда уборка риса по объективным причинам затягивается до устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха ниже 0°С. В этом случае посев горчицы по мерзлоталой почве является первым приемом в системе возделывания этой культуры.

Посев горчицы проводили по мерзлоталой почве. Сроки посева в каждый отдельный год зависят от динамики метеорологических условий. В среднемноголетнем разрезе в мерзлоталое состояние почва рисовых чеков Калмыкии переходит во второй декаде марта. Для посева использовали сеялку СЗ-3,6, переобору-

дованной на высева мелкосемянных культур. Для посева горчицы на участках с предложенным способом сеялку дооборудовали съемным рабочим органом, представляющим собой заостренный деформирующий элемент на подпружиненной основе. Норма высева всхожих семян горчицы была принята равной 1,2 млн. сем./га, что в весовом выражении составляет 3,8 кг/га. Перед посевом семена горчицы протравливали препаратом Фурадан 35 % т.п. нормой 15 кг/т. Посев горчицы проводили с междурядьями 0,15, 0,30 и 0,45 м в соответствии с принятой схемой опытов.

Минеральные удобрения вносили расчетными дозами в соответствии с условиями программы исследований. Внесение удобрений осуществлялось разбросным методом в период физического созревания почвы непосредственно перед проведением операции боронования. Минеральный азот вносили в форме аммофоса и аммиачной селитры.

Боронование проводили легкими зубowymi боронами в довсходовый период по мере оттаивания и созревания почвы, что обеспечивало заделку удобрений, рыхление поверхности почвы и закрытие влаги. Обработку гербицидом Фюзелад супер проводили опрыскиванием в фазу образования 2-3 листьев у сорной растительности. По вегетирующим растениям горчицы работали инсектицидом Каратэ 5%, КЭ нормой 0,1 л/га. Обработки проводили при заселении более 5 вредителей на 1 м² посевной площади. Уборку горчицы в опытах проводили методом прямого комбайнирования при снижении влажности семян до 14-18 %.

3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ В РИСОВЫХ ЧЕКАХ

3.1 Всхожесть и сохранность растений горчицы Сарептской при разных способах посева

Формирование оптимальной структуры агроценоза является необходимым условием эффективной реализации потенциала продуктивности посева. Выпады, изреженность посевов, являются не только причиной существенного недобора урожая сельскохозяйственных культур, но и способствуют ухудшению фитосанитарной обстановки, ускоренному развитию болезней, сохранению и воспроизводству вредителей [14].

Для прорастания семени и получения дружных, равномерных всходов необходимо создание ряда условий, специфичных для каждой культуры и определяемых их биологическими особенностями. В семени растений любой сельскохозяйственной культуры можно выделить три неотъемлемые части. Это, прежде всего, покровные ткани, которые обеспечивают защиту зародыша от механического повреждения и участвуют во многих обменных процессах; собственно, сам зародыш (эмбриональные ткани) и зона накопления питательных веществ, обеспечивающих питание начального роста зародыша [60]. У разных культур семена существенно отличаются по химическому составу, но в совокупности из них можно сформировать три класса, - с преимущественным содержанием крахмала, с преимущественным содержанием белка и с преимущественным содержанием жира. Семена горчицы Сарептской относятся к последней группе [76].

Условия, необходимые для прорастания семян, в первую очередь предусматривают доступность почвенной влаги. Поглощение воды в семя происходит поэтапно. В самом начале поглощение воды семенем осуществляется за счет спонтанной гидратации, на втором этапе поглощение воды осуществляется как за счет сил гидратации, так и за счет осмотического массопереноса, а на третьем, когда семена наклеиваются, - вода поступает, преимущественно, за счет осмотических сил [60].

Жирные семена горчицы не сразу поглощают воду, для набухания и развития эмбриональной части требуется время, в течение которого вода должна быть легко доступна. Подсушивание семян в этот период вызывает необратимый процесс, проростки гибнут. Последнее является главной причиной изреженности посевов при посеве горчицы по мерзлоталой почве.

Нашими исследованиями разработаны и предложены мероприятия, направленные на улучшение условий прорастания семян горчицы при посеве по мерзлоталой почве, которые были апробированы в течение трех лет проведения полевого эксперимента. Кроме того, проводилась оценка сохранности растений горчицы в течение вегетационного периода, причем учитывалось влияние не только способов посева, но и ширины междурядий и уровня минерального питания. Результаты исследований были обработаны стандартными методами математической статистики и представлены в таблице 3.1.

Результаты проведенных исследований подтвердили эффективность предложенного способа посева горчицы Сарептской по мерзлоталой почве. Полевая всхожесть горчицы на участках, где посев проводили по предложенному способу, составила, в среднем, 88,8-89,3 % и эти показатели стабильно обеспечивались во все годы исследований. Это позволило при норме высева 1,2 млн. сем./га получить всходы со средней густотой стояния растений 105-110 шт./м². К началу цветения на участках этого варианта сохранялось 95-103 растения на квадратном метре, а к уборке плотность размещения растений в посевах сохранялась на уровне 85-98 шт./м².

На участках, где посев проводили обычным способом, полевая всхожесть горчицы Сарептской была ниже во все годы исследований. В среднем за годы исследований при посеве горчицы по мерзлоталой почве обычным способом полевая всхожесть составляла 66,7-67,0 %, что на 22,0-22,3 % меньше, чем при посеве предложенным способом. Отмечено усиление вариации полевой всхожести по годам исследований. Например, в 2011 году при посеве горчицы по мерзлоталой почве обычным способом полевая всхожесть составила 76,6-77,2 %, а в 2012 году, с повышенной ветровой активностью в ранневесенний период, - снизилась до

51,0-51,7 %. К уборке на участках, где посев горчицы по мерзлоталой почве проводили обычным способом, в 2011 году оставалось, 72-80 раст./м², а в 2012 году – не более 43-48 раст./м². Это почти вдвое меньше, чем требуется культуре для формирования оптимальной структуры агроценоза. Таким образом, применение предложенного способа посева горчицы Сарептской позволяет избежать изреженности всходов даже в годы с неблагоприятной метеорологической ситуацией, что оказало определяющее влияние на урожайность маслосемян.

Опыты показали, что полевая всхожесть почти не изменялась на участках с разной шириной междурядий и при разных дозах внесения минеральных удобрений (таблица 3.1). Однако, отмечено статистически значимое влияние этих факторов на сохранность растений к уборке.

Статистически значимое влияние таких факторов, как уровень минерального питания или ширина междурядий было доказано уже к началу фазы цветения горчицы (таблица 3.2, приложения 4-9). По данным, полученным в полевом эксперименте 2010-2012 гг. было получено превышение фактического значения критерия Фишера над теоретическим на 5%-ном уровне значимости. Во все годы исследований внесение минеральных удобрений увеличивало плотность посева горчицы на 3-4 шт. раст./м². Причем для этого было достаточно вносить удобрения минимальной дозой, N₄₀P₁₀. Плотность посева горчицы к началу фазы цветения при применении минеральных удобрений составляла 93-103 раст./м² на участках, где сев по мерзлоталой почве проводили по предложенному способу, и 50-81 раст./га – на участках, где сев проводили обычным способом. При этом, собственно, доза внесения минеральных удобрений была не так важна и не оказывала статистически значимого влияния на плотность посева горчицы к началу фазы цветения.

Опыты показали, что наибольшая плотность посева (по числу сохранившихся растений на 1 м² площади поля) обеспечивается при использовании схемы размещения растений с шириной междурядий 0,15 и 0,3 м. Статистическая обработка полученных в опыте данных показала, что существенных различий в плотности размещения растений на участках этих вариантов нет. Однако при дальнейшем

Таблица 3.1 - Полевая всхожесть горчицы Сарептской при посеве в рисовых чеках по мерзлоталой почве

Способ посева	Ширина между-рядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Полевая всхожесть, <i>i</i> , %				Δ <i>i</i> в зависимости от способа посева	
			2010 год	2011 год	2012 год	Среднее	%	%
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	72,5	76,6	51,0	66,7	-	-
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	72,5	77,0	51,4	67,0	-	-
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	72,4	76,8	51,3	66,8	-	-
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	72,2	76,9	51,4	66,8	-	-
	0,3	C1(0)	72,5	77,2	51,2	67,0	-	-
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	72,1	76,9	51,0	66,7	-	-
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	72,3	76,9	51,6	66,9	-	-
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	72,4	77,0	51,7	67,0	-	-
	0,45	C1(0)	72,6	77,1	51,2	67,0	-	-
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	72,3	76,8	51,4	66,8	-	-
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	72,4	76,9	51,7	67,0	-	-
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	72,2	76,9	51,6	66,9	-	-
Вариант А2	0,15	C1(0)	88,3	90,9	87,1	88,8	22,1	33,1
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	88,5	91,2	87,5	89,1	22,1	33,0
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	88,3	91,1	87,6	89,0	22,2	33,2
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	88,2	92,3	87,4	89,3	22,5	33,7
	0,3	C1(0)	88,4	91,4	88,0	89,3	22,3	33,3
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	88,3	91,1	87,7	89,0	22,3	33,4
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	88,2	91,4	87,5	89,0	22,1	33,0
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	88,3	91,3	87,6	89,1	22,1	33,0
	0,45	C1(0)	88,1	91,1	88,0	89,1	22,1	33,0
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	88,6	91,4	87,5	89,2	22,4	33,5
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	88,3	91,3	87,3	89,0	22,0	32,8
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	88,2	91,5	87,7	89,1	22,2	33,2

Таблица 3.2- Сохранность растений горчицы Сарептской при возделывании в рисовых чеках в зависимости от способа посева и обеспеченности элементами минерального питания

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Сохранность растений, шт./м ²										в % от числа взошедших растений
			Всходы			Цветение			Созревание				
			2010 год	2011 год	2012 год	2010 год	2011 год	2012 год	2010 год	2011 год	2012 год	Среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	87	92	61	75	76	51	71	73	43	62	77,5
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	87	92	62	78	79	53	74	76	46	65	80,9
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	87	92	62	79	81	54	75	79	47	67	83,4
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	87	92	62	79	81	54	76	80	48	68	84,6
	0,3	C1(0)	87	93	61	75	76	50	71	73	43	62	77,2
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	87	92	61	77	78	53	74	76	46	65	81,3
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	87	92	62	78	80	53	75	78	47	67	83,4
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	87	92	62	78	80	53	75	79	47	67	83,4
	0,45	C1(0)	87	93	61	72	72	47	68	70	40	59	73,4
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	87	92	62	75	74	50	71	72	43	62	77,2
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	87	92	62	76	76	51	71	73	44	63	78,4
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	87	92	62	76	76	51	72	74	44	63	78,4

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Вариант А2	0,15	C1(0)	106	109	105	96	99	95	90	94	90	91	85,3	
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	106	109	105	99	102	98	94	97	93	95	89,1	
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	106	109	105	100	103	98	95	98	94	96	90,0	
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	106	111	105	100	103	98	96	99	94	96	89,4	
	0,3	C1(0)	106	110	106	95	99	94	90	94	90	91	84,8	
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	106	109	105	98	101	97	94	96	96	93	94	88,1
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	106	110	105	99	102	98	94	98	98	94	95	88,8
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	106	110	105	99	102	98	94	98	98	95	96	89,7
	0,45	C1(0)	106	109	106	91	96	90	86	92	92	85	88	82,2
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	106	110	105	94	98	93	89	94	94	88	90	84,1
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	106	110	105	96	99	95	89	95	95	90	91	85,0
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	106	110	105	96	98	95	90	94	94	90	91	85,0
НСР ₀₅	Фактор А		3,2	3,3	2,6	1,7	1,9	1,4	1,6	1,9	1,4			
	Фактор В		3,9	4	3,2	2,1	2,3	1,8	2	2,3	1,8			
	Фактор С		4,6	4,7	3,6	2,4	2,7	2,1	2,4	2,7	2,1			
	Для частных средних		11,2	11,4	8,9	5,9	6,6	5,1	5,8	6,6	5,1			

увеличении ширины междурядий до 0,45 м и той же норме высева сохранность растений к началу фазы цветения снижалась на 4,0-7,8 %.

К уборке на контроле (при использовании обычного способа посева) сохранялось от 40 до 80 раст./м², причем плотность размещения растений существенно колебалась как по годам исследований, так и в зависимости от ширины междурядий и уровня минерального питания. Больше всего растений горчицы, 70-80 раст./м², сохранилось в 2011 году, а меньше всего, от 40 до 48 раст./м², - в 2012 году. Последнее тесно коррелирует с повышенной ветровой активностью и воздушной засухой, наблюдавшейся в регионе в ранневесенний период в 2012 году. При прочих равных условиях повышение уровня минерального питания сопровождалось увеличением числа сохранившихся растений горчицы. Во все годы исследование статистически значимое увеличение числа сохранившихся растений горчицы обеспечивалось при внесении наименьшей дозы удобрений, N₄₀P₁₀. В отдельные годы плотность посева горчицы статистически значимо возрастала и при повышении дозы внесения минеральных удобрений с N₄₀P₁₀ до N₈₀P₄₀. Повышение дозы внесения минеральных удобрений с N₈₀P₄₀ до N₁₂₀P₇₀ не сопровождалось увеличением числа сохранившихся растений, но и статистически значимого уменьшения плотности посева также не происходило.

На участках, где посев горчицы по мерзлоталой почве проводили по предложенному способу, к уборке сохранялось от 85 до 98 раст./м². Плотность посева оставалась относительно стабильна по годам исследований, однако существенно изменялась в зависимости от уровня предполивной влажности почвы и ширины междурядий. Внесение удобрений даже в минимальной дозе, N₄₀P₁₀, позволило на 3-5 раст./м² увеличить плотность агроценоза горчицы, сформированного к началу уборочной спелости семян (НСР₀₅ = 2,1-2,7 раст./м²). Однако при дальнейшем увеличении дозы внесения минеральных удобрений число сохранившихся к уборке растений возрастало на 1 – 2 шт., что сравнимо с уровнем среднестатистической ошибки опыта. Увеличение ширины междурядий с 0,15 или 0,30 м до 0,45 сопровождалось сокращением числа сохранившихся к уборке растений горчицы на 4-6 шт. (НСР₀₅ = 1,8-2,3 шт.), тогда как при переходе от схемы размещения рас-

тений в рядах через 0,15 м к схеме размещения через 0,3 м статистически значимого изменения плотности посева не происходило.

В итоге, сохранность растений к уборке на участках, где использовали обычную технологию посева горчицы по мерзлоталой почве, не превышала 73,4-84,6 %. При использовании предложенной технологии посева сохранность растений горчицы в зависимости от ширины междурядий и дозы внесения минеральных удобрений изменялась от 82,2 до 90,0 %.

Таким образом, использование предложенной технологии посева горчицы по мерзлоталой почве, внесение минеральных удобрений при оптимизации схемы размещения растений в посевах позволяет существенно повысить всхожесть и сохранность растений к уборке. Наибольшее число растений, 94-98 шт./м², к уборке сохранялось на участках варианта, где посев проводили по предложенной технологии, минеральные удобрения вносили дозой N₈₀P₄₀ или N₁₂₀P₇₀ при ширине междурядий 0,3 м.

3.2 Динамика развития и роста вегетативной и корневой систем горчицы Сарептской при разных способах посева

Показатели роста и развития являются самыми простыми, «видимыми», но крайне важными показателями, характеризующими продукционный процесс любой сельскохозяйственной культуры. Динамика прохождения фаз роста и средняя высота посева являются визуальными индикаторами продукционного процесса и, вместе с тем, достаточными критериями оптимальности условий произрастания растений.

Даты наступления основных фаз роста и линейная высота растений в опытах регистрировалась во все годы исследований. Путем несложных преобразований установленных дат была вычислена продолжительность прохождения межфазных периодов для каждого варианта опыта. Результаты вычислений сведены в прилож. 10-15, а осредненные за годы исследований данные приведены в таблице 3.3.

Опыты показали, что при посеве горчицы по мерзлоталой почве невозможно установить четкие сроки получения всходов. Условия для прорастания семян и получения всходов при проведении посева в сверххранные сроки не отличаются

Таблица 3.3 - Средняя продолжительность прохождения фаз роста и развития горчицы Сарептской при возделывании в рисовых чеках (по данным 2010-2012 гг.)

Способ посева	Ширина между-рядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Межфазный период							
			Посев-всходы	Всходы-розетка	Розетка-ветвление	Ветвление-цветение	Цветение-зеленый стручок	Зеленый стручок-созревание	Всходы-созревание	Посев - созревание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	28	16	13	23	19	16	87	115
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	28	16	13	24	20	16	89	117
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	28	16	14	24	20	16	90	118
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	28	17	14	24	19	16	90	118
	0,3	C1(0)	28	16	13	23	19	16	87	115
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	28	16	13	24	20	16	89	117
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	28	16	14	25	20	16	91	119
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	28	17	14	25	19	16	91	119
	0,45	C1(0)	28	16	13	23	19	16	87	115
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	28	16	13	24	19	16	88	116
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	28	16	14	24	20	16	90	118
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	28	17	14	24	19	16	90	118

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вариант А2	0,15	C1(0)	28	16	13	24	20	16	89	117
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	28	17	14	25	21	16	93	121
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	28	17	14	26	21	16	94	122
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	28	17	15	26	20	16	94	122
	0,3	C1(0)	28	16	13	24	20	16	89	117
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	28	17	14	26	21	16	94	122
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	28	17	14	27	22	16	96	124
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	28	17	15	26	21	16	95	123
	0,45	C1(0)	28	16	13	24	20	16	89	117
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	28	17	14	25	21	16	93	121
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	28	17	14	26	22	16	95	123
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	28	17	15	26	21	16	95	123

стабильностью, что выражает существенным изменением продолжительности периода «посев – всходы» в разные годы. Например, по результатам опыта 2010 года всходы горчицы были получены на 26 день после посева, а в 2011 году – на 32 день. В среднем, продолжительность периода от посева до массового появления всходов составила 28 дней.

Средняя продолжительность периода «всходы-розетка» для горчицы сорта «Ракета» в рисовых чеках Калмыкии составила 16-17 дней. Тенденция к повышению продолжительности этого периода наблюдалась при усилении режима минерального питания и переходе на предложенную технологию посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок). В частности, при использовании обычного способа посева горчицы по мерзлоталой почве средняя продолжительность периода «всходы – розетка» повышалась на сутки при внесении удобрений дозой $N_{120}P_{70}$. При использовании предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве средняя продолжительность периода « всходы – розетка» составила 17 дней и только на участках, где минеральные удобрения не применяли, продолжительность этого периода составила 16 дней.

Для прохождения периода от образования розетки до начала массового ветвления растений в опытах потребовалось, в среднем 13-14 дней на участках, где посев горчицы проводили обычным способом, и от 13 до 15 дней – на участках, где посев горчицы по мерзлоталой почве проводили предложенным способом (с поделкой микробороздок). Наибольшая продолжительность этого периода (в среднем 15 дней) была отмечена на участках, где при проведении посева по предложенному способу минеральные удобрения вносили дозой $N_{120}P_{70}$, наименьшая (13 дней) – на участках без применения минеральных удобрений независимо от способа посева.

С начала ветвления до начала цветения горчицы в рисовых чеках проходит, в среднем, 23-27 суток. Наибольшая продолжительность периода (27 дней) была зарегистрирована на участках, где применяли предложенный способ посева по мерзлоталой почве с шириной междурядий 0,3 м, а удобрения вносили дозой $N_{80}P_{40}$. При прочих равных условиях продолжительность периода «ветвление –

цветение» на 1-3 дней возрастала при повышении дозы внесения удобрений до $N_{80}P_{40}$ и более и на 1-2 дней – при переходе на предложенный способ посева по мерзлоталой почве.

Продолжительность периода от начала цветения до формирования зеленого стручка в опытах составила, в среднем 19-20 дней – на участках, где посев горчицы проводили по обычной технологии и 20-22 суток – при использовании предложенного способа посева (с поделкой микробороздок). Максимальная (20 дней) продолжительность периода «цветение-зеленый стручок» на участках, где посев горчицы по мерзлоталой почве проводили обычным способом, отмечалась при внесении удобрений дозой $N_{40}P_{10}$ или $N_{80}P_{40}$. При использовании предложенного способа посева продолжительность периода «цветение – зеленый стручок» возрастала при повышении дозы удобрений до $N_{80}P_{40}$ – на 1-2 суток. Дальнейшее увеличение дозы внесения минеральных удобрений сопровождалось сокращением продолжительности этого периода.

Средняя продолжительность созревания зеленого стручка в опытах составила 16 дней. Изменения продолжительности периода по вариантам опыта не наблюдались.

В среднем, продолжительность вегетационного периода горчицы составила 87-96 дней. Наиболее рано (через 87 дней после появления всходов) созревание горчицы отмечалось на участках, где посев проводили обычным способом, а минеральные удобрения не применяли. Самым продолжительным вегетационным периодом (в среднем, 96 дней) отличались посевы горчицы на участках, где использовали предложенный способ посева по мерзлоталой почве с формированием междурядного расстояния 0,3 м, а минеральные удобрения вносили дозой $N_{80}P_{40}$. На участках этих же вариантов были отмечены самые низкие и самые высокие растения горчицы.

Линейный рост растений горчицы по вариантам опыта существенно различался (таблица 3.4). Исследованиями установлено статистически значимое влияние на среднюю высоту растений всех исследуемых факторов: способа посева, междурядного расстояния и уровня минерального питания. Например, внедрение

Таблица 3.4 - Линейная высота растений горчицы по вариантам опыта

Способ посева	Ширина между-рядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Средняя высота растений, L, м				ΔL в зависимости от способа посева	
			2010 год	2011 год	2012 год	Средняя	м	%
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	1,07	1,1	1,01	1,06	-	-
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,14	1,17	1,06	1,12	-	-
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,16	1,17	1,07	1,13	-	-
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,17	1,17	1,07	1,14	-	-
	0,3	C1(0)	1,09	1,11	1,03	1,08	-	-
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,16	1,17	1,06	1,13	-	-
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,17	1,18	1,16	1,17	-	-
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,17	1,19	1,16	1,17	-	-
	0,45	C1(0)	1,06	1,09	0,99	1,05	-	-
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,12	1,15	1,05	1,11	-	-
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,14	1,16	1,06	1,12	-	-
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,14	1,16	1,06	1,12	-	-
Вариант А2	0,15	C1(0)	1,11	1,13	1,09	1,11	0,05	4,7
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,18	1,22	1,16	1,19	0,07	6,2
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,2	1,25	1,19	1,21	0,08	7,1
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,21	1,25	1,19	1,22	0,08	7,0
	0,3	C1(0)	1,12	1,13	1,1	1,12	0,04	3,7
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,2	1,23	1,18	1,2	0,07	6,2
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,22	1,25	1,2	1,22	0,05	4,3
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,22	1,26	1,21	1,23	0,06	5,1
	0,45	C1(0)	1,1	1,11	1,07	1,09	0,04	3,8
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,16	1,2	1,15	1,17	0,06	5,4
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,18	1,21	1,18	1,19	0,07	6,2
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,19	1,22	1,19	1,2	0,08	7,1
НСР ₀₅	Фактор А		0,017	0,018	0,016			
	Фактор В		0,021	0,022	0,020			
	Фактор С		0,024	0,025	0,023			
	Для частных средних		0,060	0,061	0,056			

предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок) сопровождалось увеличением средней высоты растений на 4-8 см (при наименьшей существенной разнице по этому фактору в пределах 2 см). Использование минеральных удобрений (в сравнении с посевами горчицы без применения удобрений) сопровождалось увеличением средней высоты растений сразу на 5-8 см, а при увеличении дозы удобрений с $N_{40}P_{10}$ до $N_{120}P_{70}$ – еще на 2-3 см. Учитывая, что наименьшая существенная разность по этому фактору составляет 2,3-2,5 см, получаем, что в сравнении с неудобренным фоном есть достоверное увеличение высоты, а при повышении дозы удобрений изменение высоты растений сопоставимо с ошибкой опыта. Тем не менее, растения наибольшей высоты (в среднем 1,23 м) были сформированы при использовании максимальной в опыте дозы удобрений, $N_{120}P_{70}$, на участках, где посев проводили предложенным способом, а междурядное расстояние было принято равным 0,3 м.

Рост и распространение корневой системы горчицы были наиболее динамичны в начальные фазы развития растений. К началу цветения корневая система горчицы была полностью сформирована, что согласуется с общими представлениями о биологии развития корней у этой культуры. Опыты показали, что в процессе роста изменяется не только количество, общая масса корней, но и их долевое содержание в различных почвенных горизонтах (таблица 3.5). Например, в фазу образования розетки, более 90 % всей корневой массы было сосредоточено в пахотном слое, а глубже 0,5 м корней горчицы вообще не было. В фазу ветвления в пахотном слое почвы располагалось уже не более 70 % корневой массы и около 7 % было сформировано в горизонтах, глубже 0,5 м. В фазу цветения масса корней горчицы в пахотном слое составляла около половины всей корневой массы этой культуры, а глубже 0,5 м было сформировано от 18,9 до 31,0 % корней.

Таким образом, в процессе развития наблюдается интенсивное перераспределение корней горчицы в более глубокие горизонты почвы. Последнее объясняется содержанием и доступностью почвенной влаги в разных горизонтах в периоды, соответствующим фазам роста и развития. Установлено, что долевое содержание корневой массы по горизонтам почвы существенное влияние оказывают также аг

Таблица 3.5 – Послойное распределение массы корней горчицы в зависимости от способа посева при разных режимах минерального питания, %

Горизонт почвы, м	Фаза роста и развития									
	Образование розетки	Ветвление	Цветение							
			Сочетание и коды факторов							
	A2	A2	A2	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2
	B2	B2	B2	B2	B1	B3	B2	B2	B2	B2
	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C1	C2	C4	C4
0-0,1	17,2	9,7	7,5	7,8	7,6	7,7	7,1	7,8	8,4	
0,1-0,2	39,5	32,4	25,2	21,4	24,8	25	21,2	22,1	27,3	
0,2-0,3	34,2	26,8	19,8	17,5	20	19,5	17,7	18,2	21,4	
0,3-0,4	7,2	17	16,2	14,5	15,9	16,4	14,1	14,5	16	
0,4-0,5	1,9	7,2	8,1	9,2	8	8,4	8,9	8,7	8	
0,5-0,7	-	4,1	9	9,4	9,2	8,9	9,5	9,2	8,5	
0,7-0,9	-	2,8	5,1	6,2	5	4,9	7,3	6	4,2	
0,9-1,1	-	-	4,2	6	4,1	4,5	6,9	5,5	3,2	
1,1-1,3	-	-	3,1	5,1	3,7	2,9	5,5	5	2	
1,3-1,5	-	-	1,8	2,9	1,7	1,8	1,8	3	1	
0-0,3	90,9	68,9	52,5	46,7	52,4	52,2	46	48,1	57,1	
0-0,5	100	93,1	76,8	70,4	76,3	77	69	71,3	81,1	
0,5-1,5	0	6,9	23,2	29,6	23,7	23	31	28,7	18,9	

ротехнические приемы и условия, регулируемые в соответствии с программой исследований. При прочих равных условиях, использование предложенной технологии посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок), сопровождается большим накоплением корневой массы в верхних, плодородных горизонтах почвы. При использовании обычной технологии посева содержание корней в пахотном слое было до 6 % меньше, чем при посеве предложенным способом.

Внесением минеральных удобрений и повышение дозы минерального питания во все годы исследований сопровождалось перераспределением корневой системы в верхние горизонты почвы. Например, при внесении минеральных удобрений дозой $N_{120}P_{70}$ в сочетании с использованием предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве в слое 0-0,5 м формировалось свыше 80 % всей корневой массы. Следует признать, что общая масса корней, сформированная в глубоких слоях почвы при этом не снижалась, а доленое перераспределение было обусловлено ростом общей массы корневой системы (таблица 3.6).

В среднем, за годы исследований, посевами горчицы на участках разных вариантов накапливалось от 1,69 до 2,74 т/га сухих корней. Статистическая обработка опытных данных показала значимость изменения корневой массы горчицы под влиянием только двух из трех изучаемых в опыте факторов: способа посева (фактор А) и уровня минерального питания (фактор С). При формировании посевов с разной шириной междурядий общее количество корней, сформированных к фазе цветения, изменялось слабо и было сравнимо со случайными вариациями, отнесенных к ошибке опыта.

Переход на предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок) сопровождался увеличением общей массы сформированных корней на 0,32-0,74 т/га. Использование минеральных удобрений в принятых схемой опыта дозах позволило увеличить накопленную массы корней на 0,37-0,74 т/га или 17,5-37,6 %.

Посевы с наиболее развитой корневой системой в опытах были сформированы на участках, где использовали предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве, а минеральные удобрения вносили дозой $N_{80}P_{40}$ или $N_{120}P_{70}$. Без-

Таблица 3.6 - Накопленная масса корней горчицы в фазу цветения, т/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Масса сухих корней, Р _к , т/га				Δ Р _к в зависимости от способа посева		Δ Р _к в зависимости от ширины междурядий		Δ Р _к в зависимости от дозы удобрений	
			2010 год	2011 год	2012 год	Среднее	т/га	%	т/га	%	т/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А1 (контроль)	0,15	С1(0)	1,71	1,76	1,61	1,69	–	–	–	–	–	–
	0,15	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,98	2,03	1,84	1,95	–	–	–	–	0,26	15,4
	0,15	С3(N ₈₀ P ₄₀)	2,07	2,09	1,91	2,02	–	–	–	–	0,33	19,5
	0,15	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2,09	2,09	1,91	2,03	–	–	–	–	0,34	20,1
	0,3	С1(0)	1,75	1,78	1,65	1,73	–	–	0,04	2,4	–	–
	0,3	С2(N ₄₀ P ₁₀)	2,04	2,06	1,86	1,99	–	–	0,04	2,1	0,26	15,0
	0,3	С3(N ₈₀ P ₄₀)	2,14	2,16	2,12	2,14	–	–	0,12	5,9	0,41	23,7
	0,3	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2,16	2,2	2,14	2,17	–	–	0,14	6,9	0,44	25,4
	0,45	С1(0)	1,72	1,77	1,61	1,7	–	–	0,01	0,6	–	–
	0,45	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,97	2,02	1,85	1,95	–	–	0,00	0,0	0,25	14,7
	0,45	С3(N ₈₀ P ₄₀)	2,06	2,1	1,92	2,03	–	–	0,01	0,5	0,33	19,4
	0,45	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2,09	2,13	1,94	2,05	–	–	0,02	1,0	0,35	20,6

Продолжение таблицы 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А2	0,15	C1(0)	2,01	2,05	1,97	2,01	0,32	18,9	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2,39	2,47	2,35	2,4	0,45	23,1	–	–	0,39	19,4
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2,67	2,78	2,65	2,7	0,68	33,7	–	–	0,69	34,3
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2,71	2,8	2,67	2,73	0,70	34,5	–	–	0,72	35,8
	0,3	C1(0)	2,12	2,14	2,08	2,11	0,38	22,0	0,10	5,0	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2,47	2,53	2,43	2,48	0,49	24,6	0,08	3,3	0,37	17,5
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2,7	2,77	2,66	2,71	0,57	26,6	0,01	0,4	0,60	28,4
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2,72	2,81	2,7	2,74	0,57	26,3	0,01	0,4	0,63	29,9
	0,45	C1(0)	1,98	2	1,93	1,97	0,27	15,9	-0,04	-2,0	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2,67	2,76	2,65	2,69	0,74	37,9	0,29	12,1	0,72	36,5
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2,65	2,72	2,65	2,67	0,64	31,5	-0,03	-1,1	0,70	35,5
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2,69	2,76	2,69	2,71	0,66	32,2	-0,02	-0,7	0,74	37,6
НСР ₀₅	Фактор А		0,04	0,05	0,05							
	Фактор В		0,05	0,06	0,06							
	Фактор С		0,06	0,07	0,07							
	Для частных средних		0,15	0,18	0,18							

условно, это имеет большое значение для адаптации посева к жестким условиям выращивания в рисовых чеках Калмыкии.

3.3 Фотосинтетическая активность горчицы Сарептской при возделывании в системе рисового севооборота

Процессы, обусловленные фотосинтетической деятельностью растений, являются главными факторами формирования урожая сельскохозяйственных культур, а фотосинтетическая активность посева – главным и наиболее чувствительным индикатором отклонения от программы развития и реализации потенциальной продуктивности.

Собственно, фотосинтез – это процесс, посредством которого растения на солнечном свете синтезируют богатые энергией органические соединения из бедного энергией неорганического сырья, которые впоследствии являются источником энергии для существования всего живого на планете. Для растений фотосинтез – это процесс новообразования органического строительного материала и энергии, которые определяют рост и развитие растительного организма. Поэтому урожай можно рассматривать как одну из производных фотосинтеза сельскохозяйственных культур [89, 90].

Для реализации процесса фотосинтеза клетки растений имеют фотосинтетический аппарат, который представляет собой ту часть клетки, которая содержит все компоненты, необходимые для поглощения света и использования энергии возбужденных молекул пигментов в последовательных фотохимических и ферментативных реакциях. Пигментами, обеспечивающими поглощение квантов света, являются хлорофиллы, которые содержатся в хлоропластах [100]. У большинства сельскохозяйственных растений, включая горчицу Сарептскую, наибольшая плотность хлоропластов характерна для клеток листового аппарата. Поэтому листья растительного организма принято считать главным фотосинтезирующим органом, а площадь листового аппарата – одним из главных показателей фотосинтетической активности посева.

В опытах с горчицей площадь листьев по общепринятой методике [85, 89, 100] определяли в начале каждой фазы роста, а также через 10 дней в составе каждого

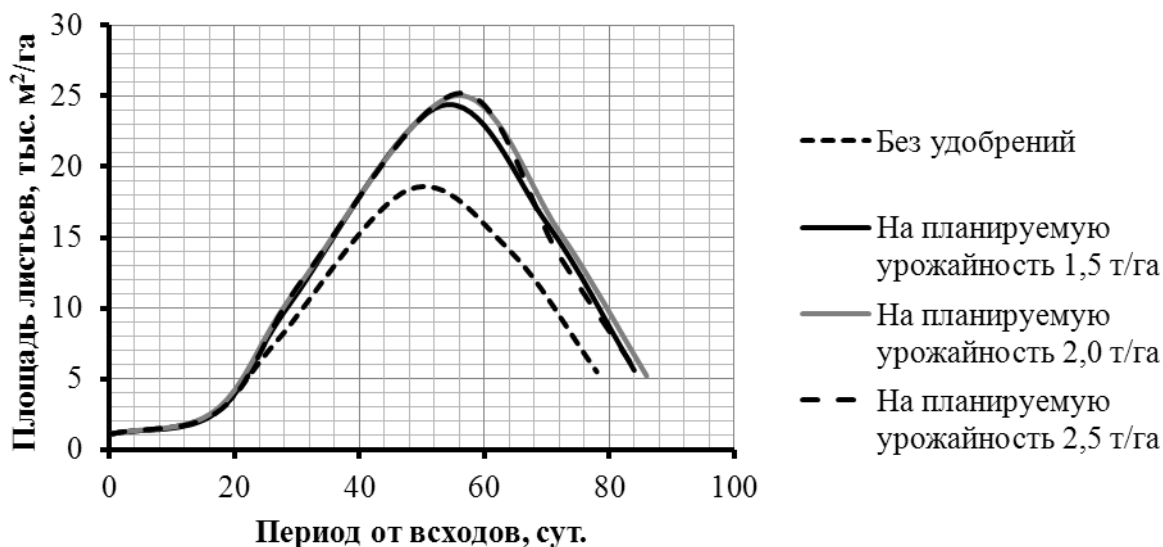
периода развития. Осредненные данные по каждому году проведения исследований представлены в приложениях 16-21, а также послужили исходным материалом для построения диаграмм, приведенных на рисунках 3.1-3.3.

Из приведенных данных видно, что на динамику роста площади листьев в опыте наибольшее влияние оказывало использование минеральных удобрений в различных дозах и способ посева горчицы в сверхранние сроки. В зависимости от междурядного расстояния в посевах горчицы динамика роста листового аппарата заметно изменялась в 2011 и 2012 годах, тогда как в 2010 году все кривые по этому фактору практически сошлись в одну линию.

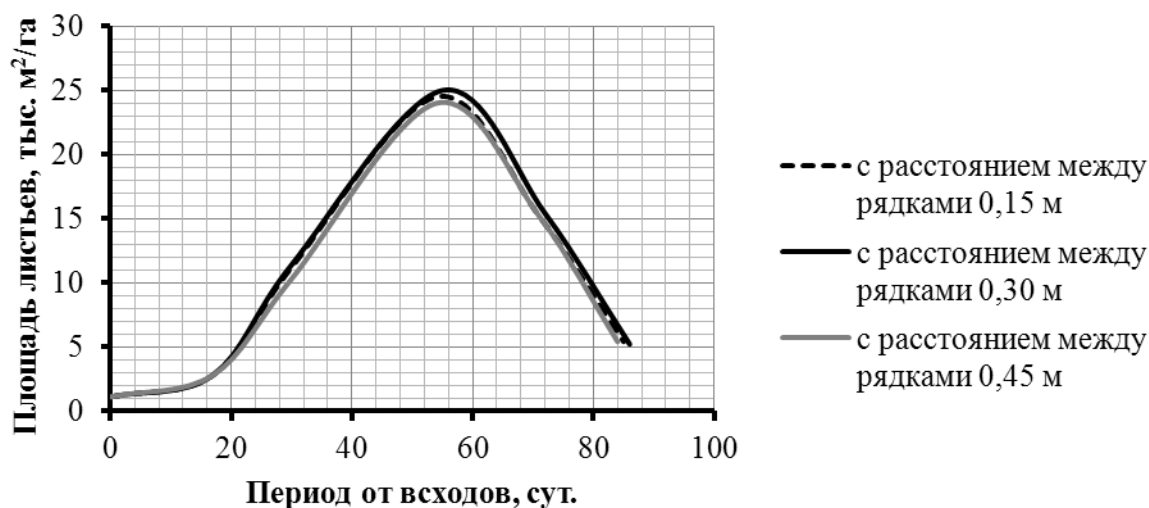
Наибольшие изменения динамики нарастания площади листьев в зависимости от способа посева наблюдались в 2012 году, тогда как в 2011 и 2010 годах ход кривых развития листового аппарата имел существенно больше идентичных участков. Однако во все годы исследований переход на предлагаемый способ посева горчицы по мерзлоталой почве сопровождался усилением динамики роста листового аппарата, более быстрым развитием в самые ранние фазы роста и наиболее продолжительным сохранением ассимилирующей функции в течение вегетационного периода.

В начальные фазы роста и развития рост листьев горчицы был мало заметен. До 20 дня с момента появления всходов площадь листьев горчицы не превышала 2-3 тыс. м²/га и только на участках, где применяли предложенный способ посева горчицы (с поделкой микробороздок) – достигала 4-5,5 тыс. м²/га. Ни ширина междурядий, ни применение минеральных удобрений под горчицу не оказывало влияние на динамику роста площади листьев в эти, наиболее ранние, фазы развития.

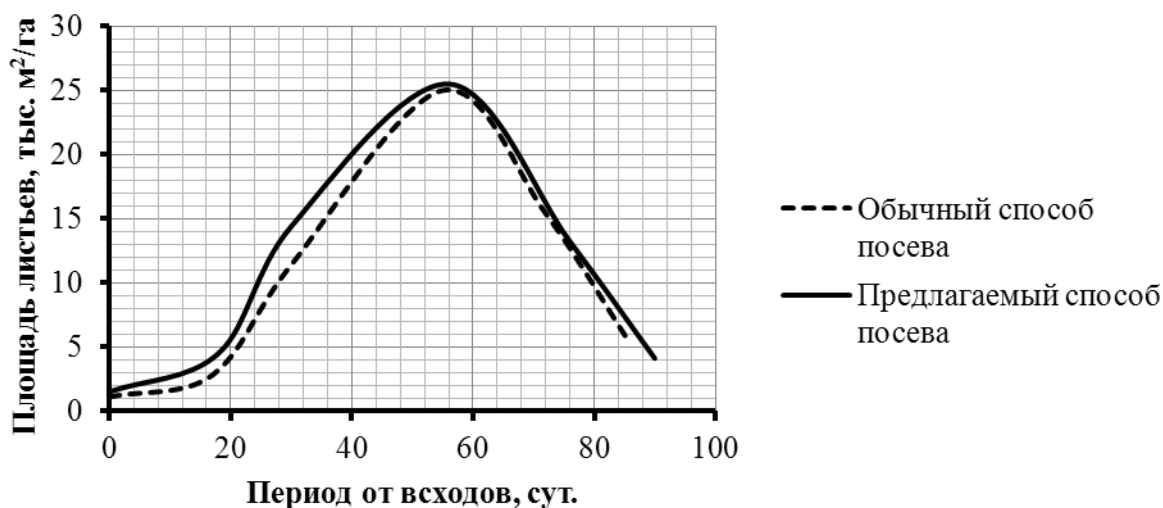
К началу фазы ветвления площадь листьев горчицы на опытном поле достигала 4,2-12,1 тыс. м²/га в вариантах, где посев по мерзлоталой почве проводили обычным способом и 7,5-16,2 тыс. м²/га – на участках, где горчицу высевали с поделкой микробороздок (предлагаемый способ посева по мерзлоталой почве). Влияние способа посева в этот период роста и развития на площадь листьев горчицы



а)

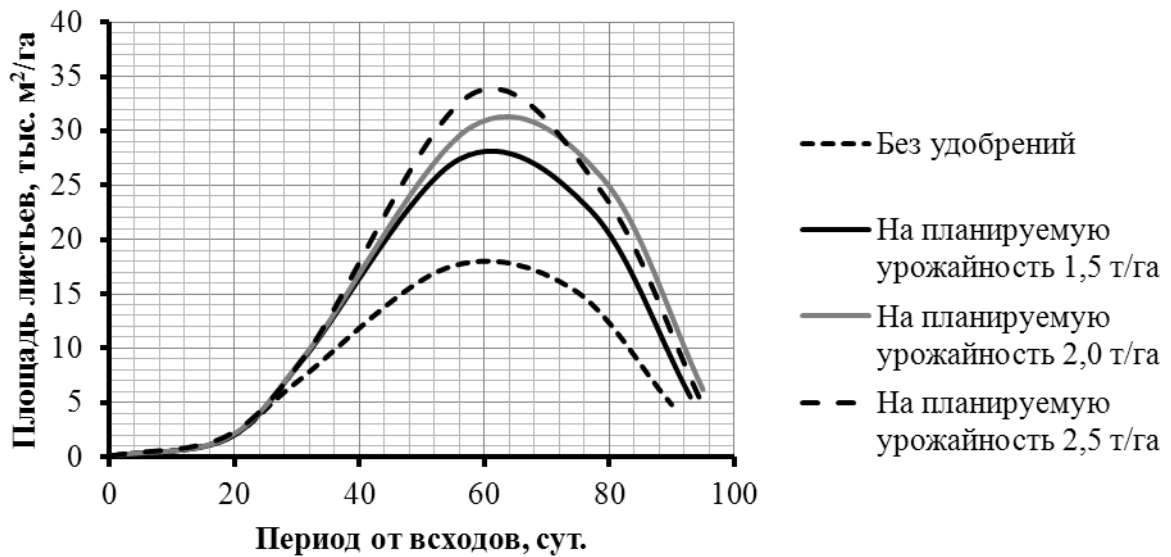


б)

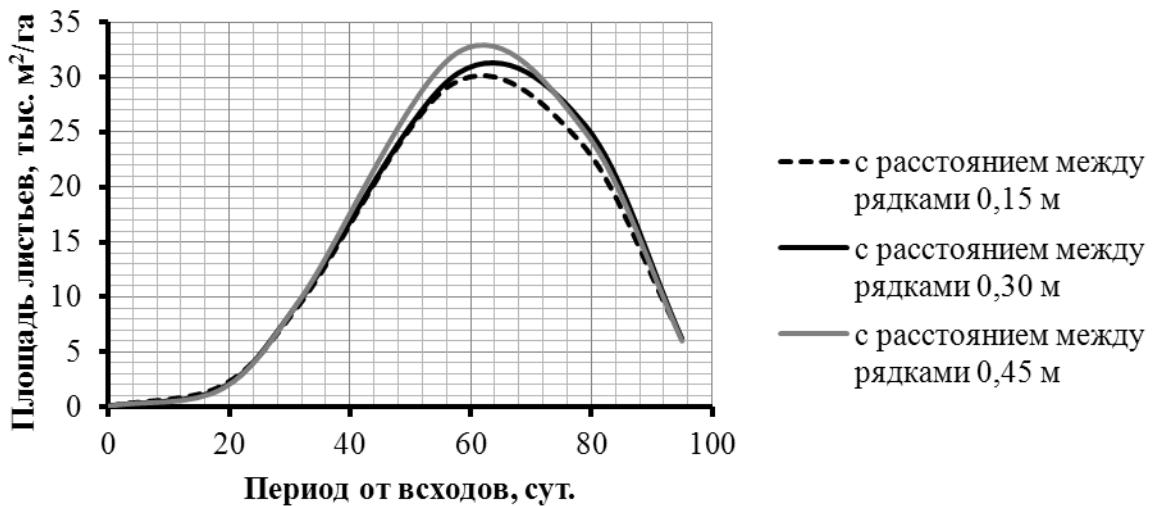


в)

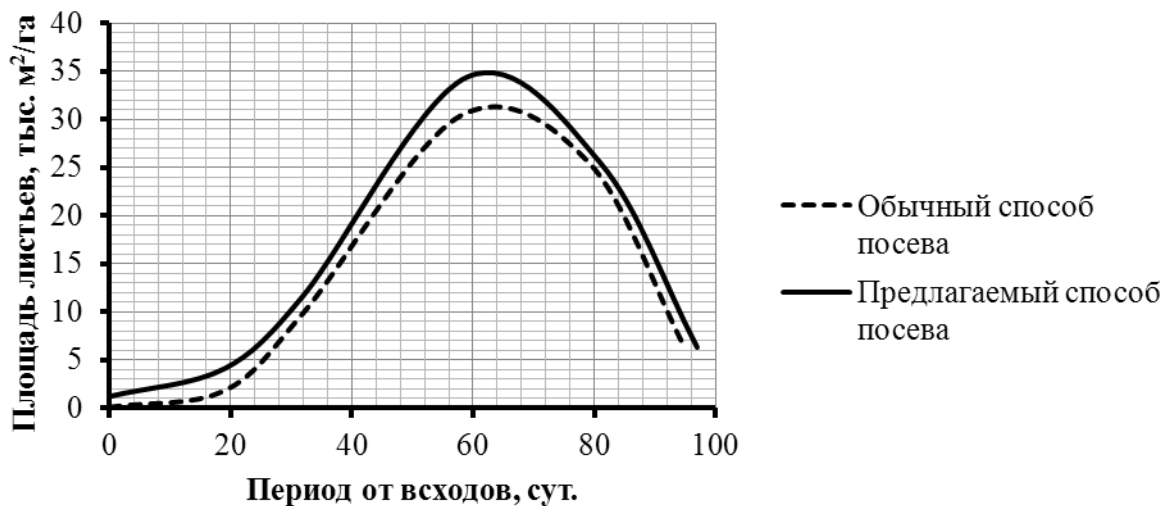
Рисунок 3.1 - Динамика роста и развития листового аппарата горчицы в 2010 году: а) в зависимости от способа посева (на фоне $N_{80}P_{40}$ при ширине междурядий 0,30 м); б) в зависимости от ширины междурядий (на фоне $N_{80}P_{40}$ при обычном посева); в) в зависимости от дозы удобрений (на фоне обычного способа посева при ширине междурядий 0,30 м)



а)

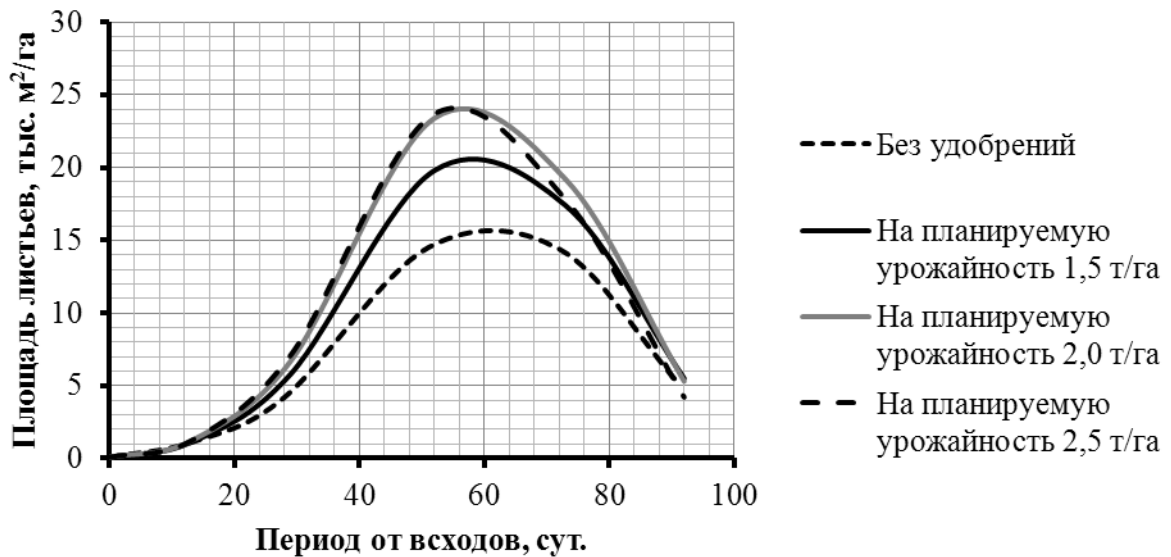


б)

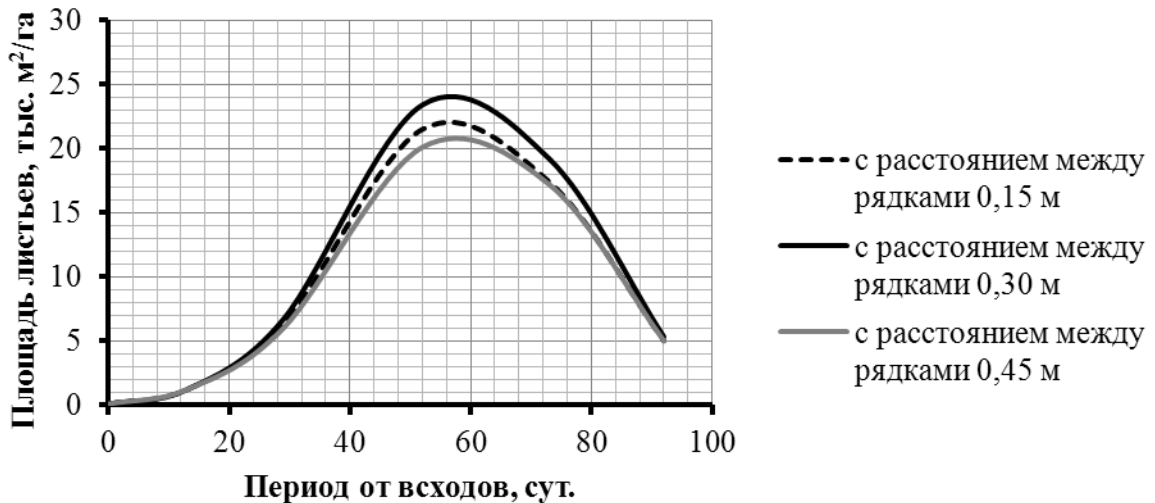


в)

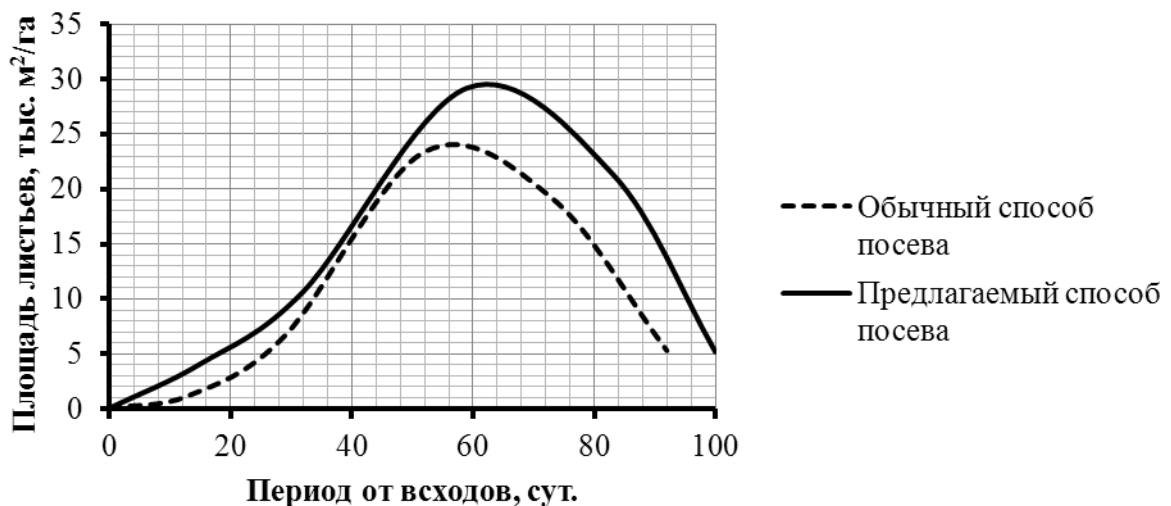
Рисунок 3.2 - Динамика роста и развития листового аппарата горчицы в 2011 году: а) в зависимости от способа посева (на фоне N₈₀P₄₀ при ширине междурядий 0,30 м); б) в зависимости от ширины междурядий (на фоне N₈₀P₄₀ при обычном посеве); в) в зависимости от дозы удобрений (на фоне обычного способа посева при ширине междурядий 0,30 м)



а)



б)



в)

Рисунок 3.3 - Динамика роста и развития листового аппарата горчицы в 2012 году: а) в зависимости от способа посева (на фоне $N_{80}P_{40}$ при ширине междурядий 0,30 м); б) в зависимости от ширины междурядий (на фоне $N_{80}P_{40}$ при обычном посеве); в) в зависимости от дозы удобрений (на фоне обычного способа посева при ширине междурядий 0,30 м)

было наиболее заметным, тогда как в зависимости от ширины междурядий и дозы внесения минеральных удобрений различия только намечались.

В фазу цветения площадь листового аппарата горчицы достигала максимума за вегетационный период, причем эта закономерность сохранялась во все годы исследований. Различия площади листьев в эту фазу на всех вариантах опыта были наибольшими, что дает нам основание характеризовать влияние изучаемых факторов по показателю максимальной площади листьев. Опытные данные по максимальной площади листьев горчицы за все годы исследований сведены в таблицу 3.7.

На опытном поле была выявлена существенная вариация максимальной площади листьев горчицы в зависимости от условий, регулируемых в соответствии с принятыми вариантами, а также по годам проведения исследований. Наименьшие значения максимальной за вегетационный период площади листьев горчицы формировались при использовании обычного способа посева, размещения растений рядками через 0,45 м без применения минеральных удобрений. Причем в 2010 году на участках этого варианта был сформирован листовый аппарат площадью 16,7 тыс. м²/га, в 2011 году – площадью 17,2 тыс. м²/га, а в 2012 году – площадью 13,4 тыс. м²/га.

Наибольшие значения максимальной за вегетационный период площади листьев горчицы были получены на участках, где удобрения вносили дозой N₁₂₀P₇₀ при ширине междурядий посева 0,3 м и использовании предложенного способа посева по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок). На участках этого варианта в 2010 году было сформировано 26,2 тыс. м²/га максимальной за вегетацию площади листьев, в 2011 году – 36,2 тыс. м²/га, а в 2012 году – 29,8 тыс. м²/га.

Таким образом, применение минеральных удобрений, переход на предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве и оптимизация расстояния между рядками растений в совокупности позволяет увеличить максимальную площадь листьев более, чем в два раза. В результате обработки полученных в опыте данных было установлено, что переход на предложенный способ посева

Таблица 3.7 - Максимальная площадь листьев горчицы Сарептской по вариантам опыта, тыс. м²/га

Способ посева	Ширина между-рядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Максимальная площадь листьев, S _{max} , тыс. м ² /га				Δ S _{max} в зависимости от способа посева		Δ S _{max} в зависимости от ширины между-рядий		Δ S _{max} в зависимости от дозы удобрений	
			2010 год	2011 год	2012 год	Среднее	тыс. м ² /га	%	тыс. м ² /га	%	тыс. м ² /га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	17,5	16,4	13,7	15,9	–	–	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	23,7	25,7	18,6	22,7	–	–	–	–	6,8	42,8
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	24,5	29,4	21,5	25,1	–	–	–	–	9,2	57,9
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	25,2	32,1	21,8	26,4	–	–	–	–	10,5	66,0
	0,3	C1(0)	18,4	17,4	14,5	16,8	–	–	0,9	5,7	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	24,3	27,4	19,8	23,8	–	–	1,1	4,8	7,0	41,7
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	25,0	30,4	23,4	26,3	–	–	1,2	4,8	9,5	56,5
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	25,2	33,4	23,7	27,4	–	–	1,0	3,8	10,6	63,1
	0,45	C1(0)	16,7	17,2	13,4	15,8	–	–	-0,1	-0,6	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	22,1	28,3	18,3	22,9	–	–	0,2	0,9	7,1	44,9
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	24,0	32,3	20,1	25,5	–	–	0,4	1,6	9,7	61,4
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	24,5	33,7	20,1	26,1	–	–	-0,3	-1,1	10,3	65,2

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А2	0,15	C1(0)	19,1	19,1	15,2	17,8	1,9	11,9	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	24,1	27,3	24,2	25,2	2,5	11,0	–	–	7,4	41,6
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	25,3	33,4	28,4	29,0	3,9	15,5	–	–	11,2	62,9
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26,2	34,4	28,8	29,8	3,4	12,9	–	–	12,0	67,4
	0,3	C1(0)	21,3	20,3	16,1	19,2	2,4	14,3	1,4	7,9	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	25,2	29,1	26,4	26,9	3,1	13,0	1,7	6,7	7,7	40,1
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	25,5	34,4	29,2	29,7	3,4	12,9	0,7	2,4	10,5	54,7
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26,2	36,2	29,8	30,7	3,3	12,0	0,9	3,0	11,5	59,9
	0,45	C1(0)	19,1	21,2	15,5	18,6	2,8	17,7	0,8	4,5	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	24,9	30,0	24,5	26,5	3,6	15,7	1,3	5,2	7,9	42,5
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	26,3	35,6	27,9	29,9	4,4	17,3	0,9	3,1	11,3	60,8
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26,2	37,0	28,5	30,6	4,5	17,2	0,8	2,7	12,0	64,5
НСР ₀₅	Фактор А		0,38	0,51	0,53							
	Фактор В		0,46	0,62	0,65							
	Фактор С		0,53	0,72	0,75							
	Для частных средних		1,31	1,77	1,84							

позволяет повысить максимальную площадь листьев на 1,9-4,5 тыс. м²/га, или на 11,0-17,7 %.

Внесение минеральных удобрений даже в небольшой дозе, N₄₀P₁₀, способствовало увеличению максимальной площади листьев горчицы на 40,1-44,9 %, а при повышении дозы до N₁₂₀P₇₀ – на 59,9-67,4 %. Из приведенных данных видно, что наибольший эффект обеспечивается при внесении удобрений одинарной дозой, а при каждом последующем увеличении дозы роль удобрений в увеличении максимальной площади листьев снижается.

Статистическая обработка результатов эксперимента показала значимость влияния на максимальную площадь листьев всех трех исследуемых в опыте факторов (приложение 17, 19, 21). На практике оптимизация ширины междурядий обеспечило повышение максимальной площади листьев не более, чем на 2,4-7,9 %. Оптимальное расстояние между рядками для максимального развития листового аппарата составило 0,3 м.

В фазу формирования зеленого стручка новообразование листьев не прекращается, но процессы некроза явно начинают преобладать над развитием листового аппарата. На всех вариантах площадь листьев в фазу зеленого стручка была ниже, чем в фазу цветения, и составляла от 46,2 до 95,6 % от максимальной. Прослеживаются достаточно строгие закономерности в динамике снижения облиственности растений горчицы в рисовых чеках. Например, в вариантах, где максимальная площадь листьев была наименьшей, наименьшим было и снижение площади листьев к фазе зеленого стручка. В вариантах с наибольшим развитием максимальной площади листьев наблюдалось почти двукратное снижение облиственности к фазе зеленого стручка.

Динамика развития листового аппарата определила накопление фотосинтетического потенциала, реализация которого посредством фотосинтеза находит выражение в общем объеме синтеза органического вещества и росте растений. Собственно, в процессе фотосинтеза происходит новообразование углеводов, часть из которых служит строительным материалом для растительного организма, а другая – источником энергии для дальнейшего превращения углеводов. С пози-

ций формирования урожая наиболее важным является то количество органического вещества, которое было использовано в качестве строительного материала. Поэтому в опытах определяли не абсолютную результативность фотосинтеза, а ее, так называемую, чистую продуктивность. Этот показатель учитывает лишь сохранившееся синтезированное органическое вещество и определяется приростом биомассы за период к фотосинтетическому потенциалу посева за этот же период. Динамика накопления фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза и формирования органического вещества горчицы в опытах отражены на рисунках 3.4-3.8.

На приведенных графиках видно, что фотосинтетический потенциал в начальные фазы роста и развития имеет небольшие значения с последующим многократным увеличением и достижением максимальных значений в период от начала ветвления до начала массового цветения посевов. В этот же период отмечены наибольшие значения чистой продуктивности фотосинтеза по всем вариантам опыта. В совокупности это выразилось в наибольшей динамике прироста органического вещества.

Внедрение предложенного способа посева горчицы позволяет активизировать интенсивность фотосинтеза, повысить динамику накопления фотосинтетического потенциала и сухой биомассы с самых ранних периодов роста и развития. Данной преимущество по всем рассматриваемым показателям сохраняется вплоть до фазы формирования зеленого стручка.

Изменение ширины междурядий, напротив, до фазы ветвления не оказывало влияния на накопление фотосинтетического потенциала и чистую продуктивность фотосинтеза горчицы. Посев с расстояниями между рядами 0,3 м позволил увеличить накопление фотосинтетического потенциала и продуктивность фотосинтеза, но наиболее заметно это преимущество было в период от начала ветвления до начала массового цветения. В последующие периоды развития разница в накоплении фотосинтетического потенциала и сухой биомассы посева по вариантам с различным междурядным расстоянием была мало заметной.

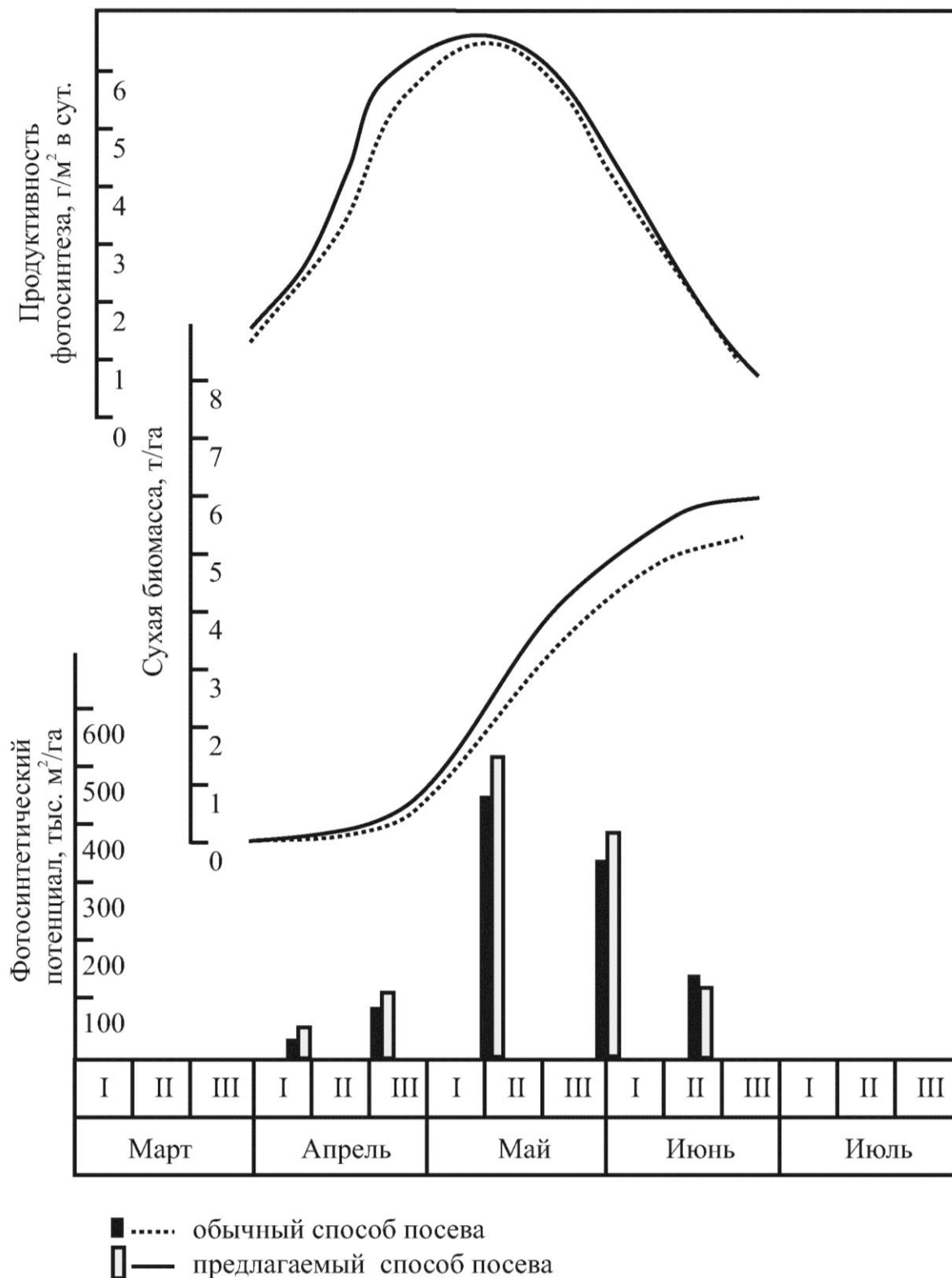


Рисунок 3.4 - Фотосинтетическая деятельность и накопление биомассы посевами горчицы Сарептской при разных способах посева (на фоне $N_{80}P_{40}$ при ширине междурядий 0,3 м, по опытным данным 2010 года)

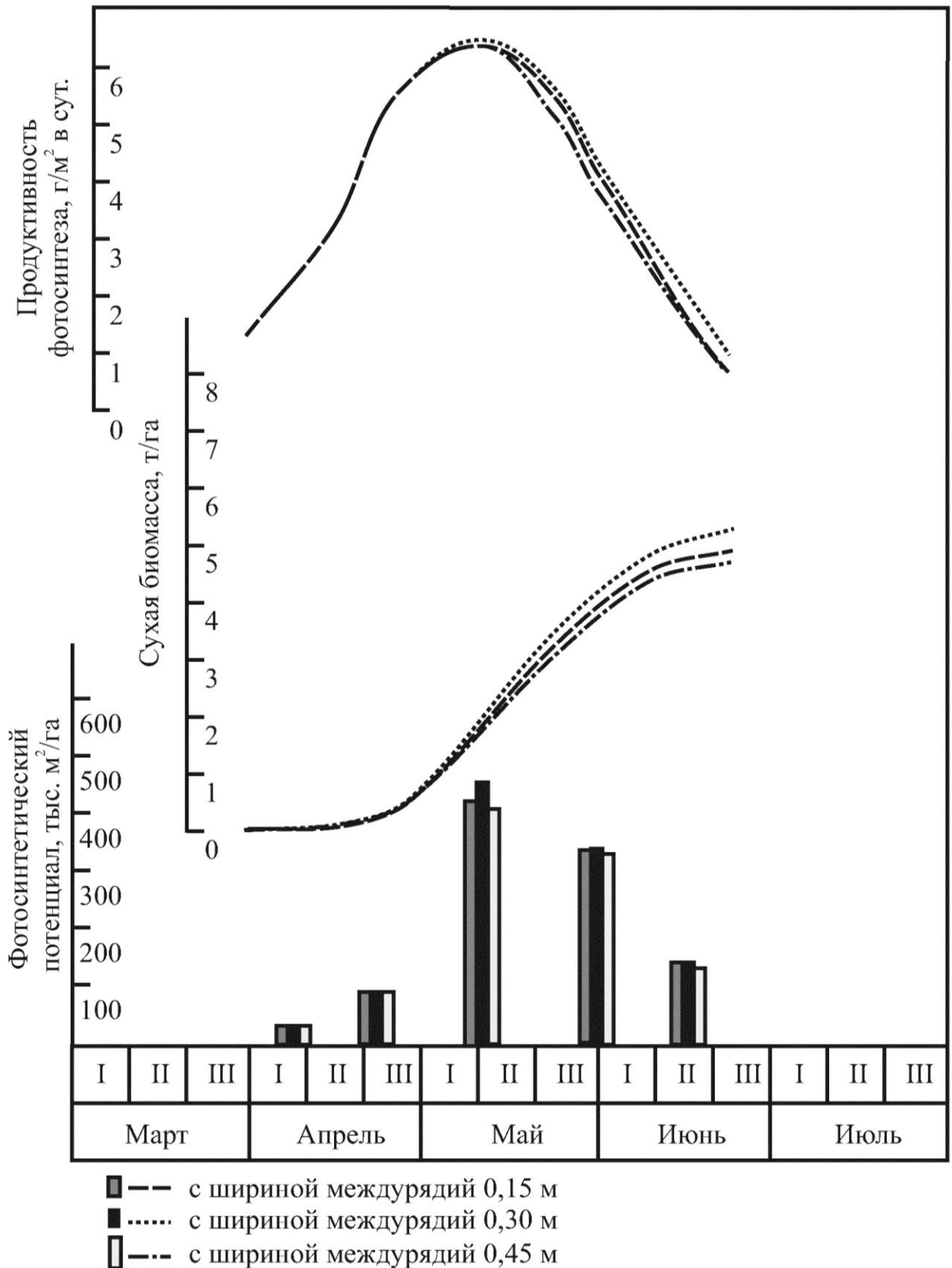


Рисунок 3.5 - Фотосинтетическая деятельность и накопление биомассы посевами горчицы Сарептской при разной ширине междурядий (на фоне $N_{80}P_{40}$ при обычном способе посева, по опытным данным 2010 года)

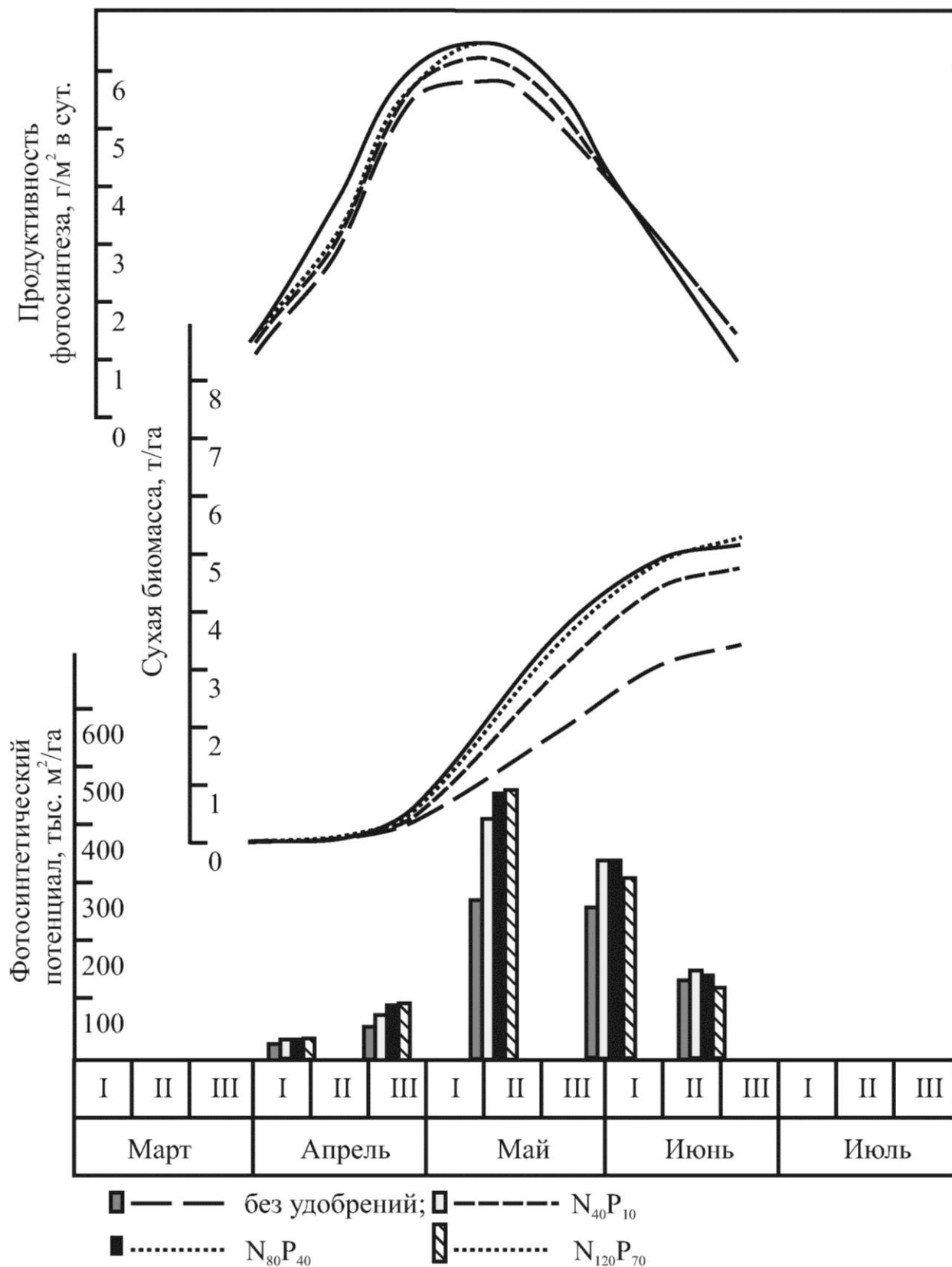


Рисунок 3.6 - Фотосинтетическая деятельность и накопление биомассы посевами горчицы Сарептской в зависимости от дозы удобрений (при обычном способе посева и ширине междурядий 0,3 м, по данным 2010 года)

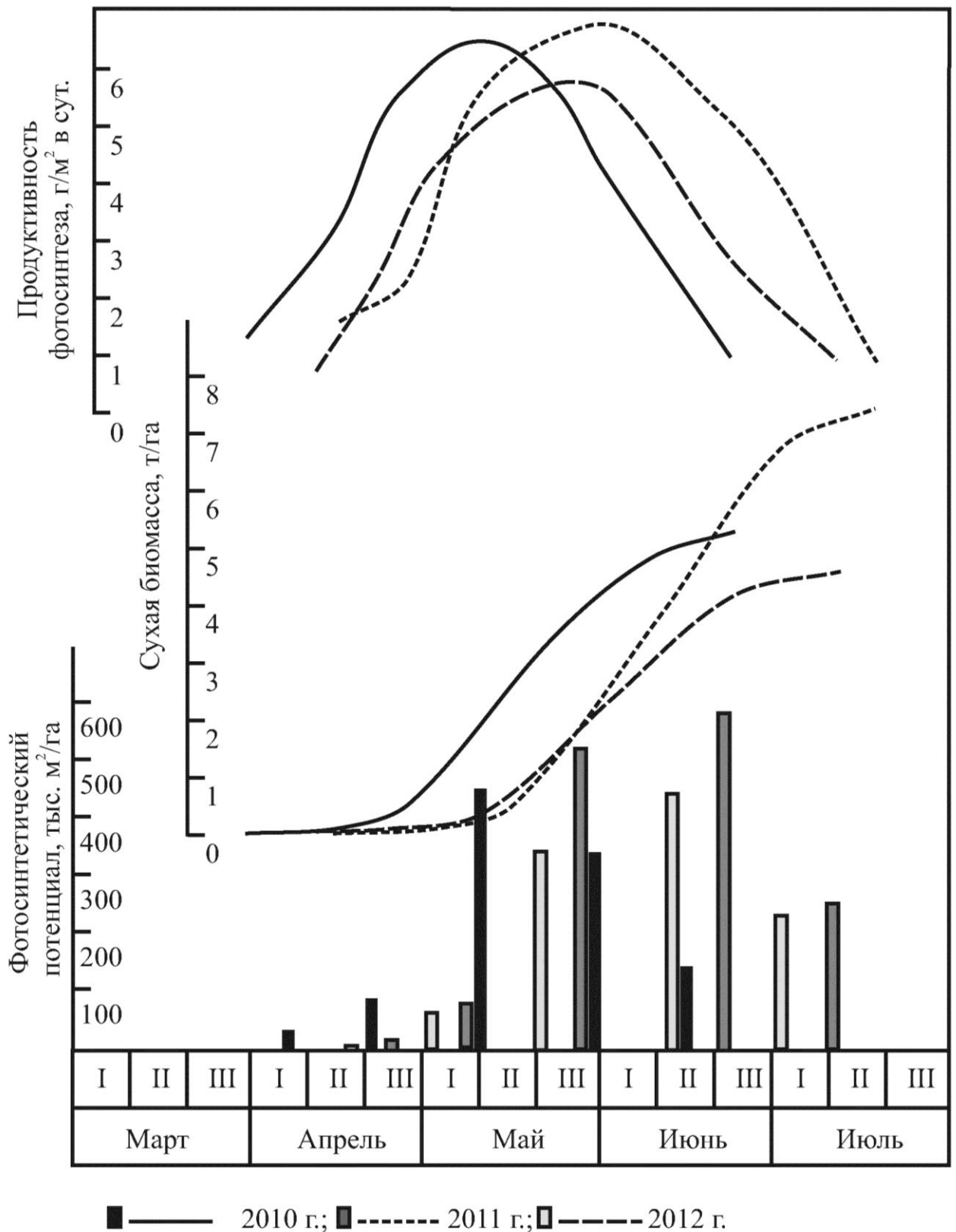


Рисунок 3.7 - Фотосинтетическая деятельность и накопление биомассы посевами горчицы Сарептской по годам исследований (на фоне N₈₀P₄₀ при ширине междурядий 0,3 м и посеве обычным способом)

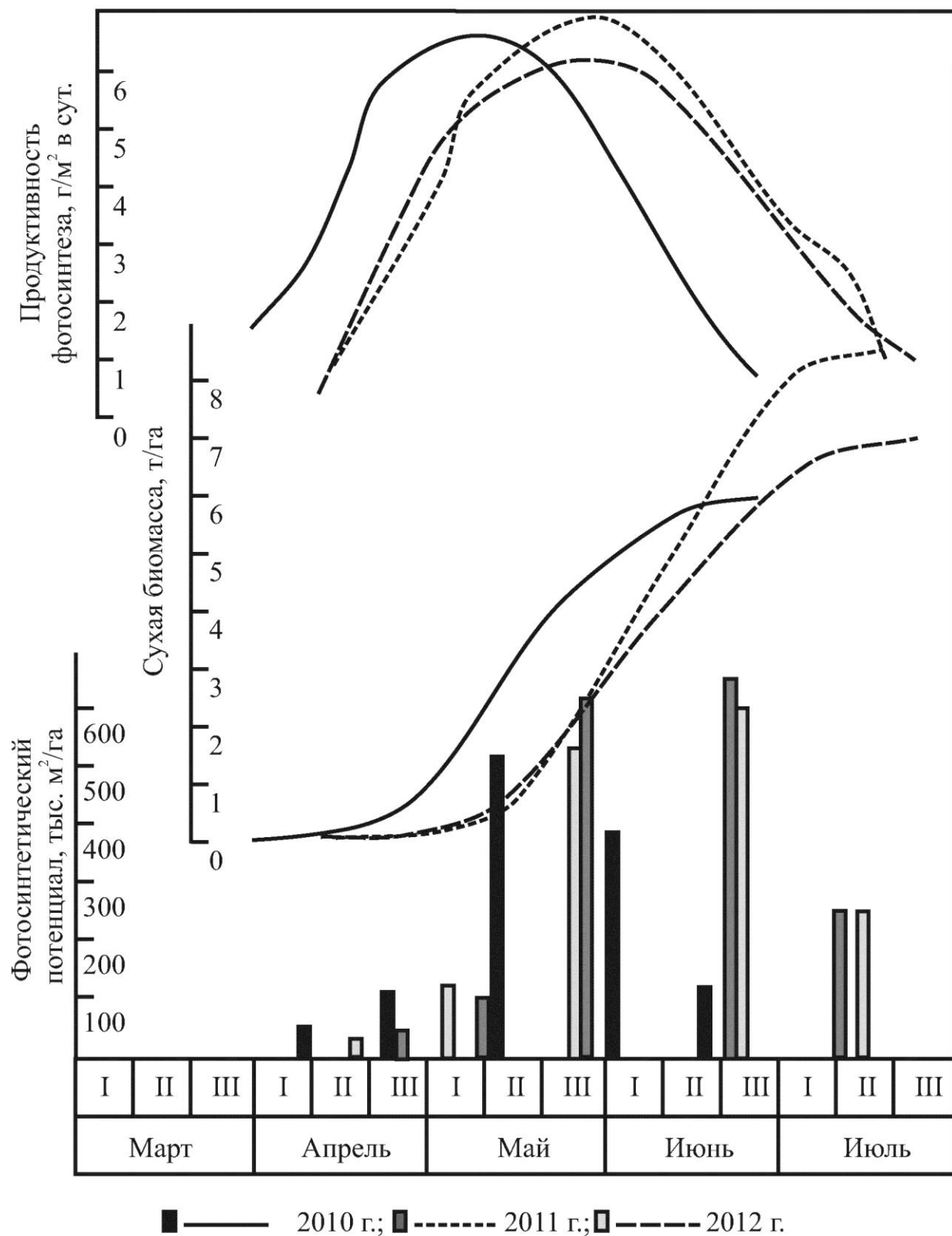


Рисунок 3.8 - Фотосинтетическая деятельность и накопление биомассы посевами горчицы Сарептской по годам исследований (на фоне $N_{80}P_{40}$ при ширине междурядий 0,3 м и посеве по предлагаемому способу)

Влияние удобрений на накопление фотосинтетического потенциала и чистую продуктивность фотосинтеза горчицы было отмечено с фазы розетки и сохранялось до фазы формирования зеленого стручка. Существенное увеличение фотосинтетического потенциала и продуктивности фотосинтеза горчицы обеспечивалось при повышении дозы внесения минеральных удобрений до $N_{80}P_{40}$.

На рисунках также заметны количественные изменения хода кривых накопления фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза по годам исследований. Вместе с тем общие закономерности развития фотосинтетических процессов в течение вегетационного периода сохранялись во все годы проведения исследований.

На участках, где посев проводили обычным способом, суммарный, накопленный за вегетационный период, фотосинтетический потенциал посева был на 178-322 тыс. m^2 дн./га ниже (таблица 3.8), чем при посеве предложенным способом (с поделкой микробороздок в мерзлоталой почве). При этом наименьшим фотосинтетическим потенциалом посева обладали на участках, где минеральные удобрения не использовались, а посев проводили с шириной междурядий 0,15 и 0,45 м (в среднем 745-749 тыс. m^2 дн./га). На этих же вариантах посева горчицы обладали наименьшей чистой продуктивностью фотосинтеза, которая в среднем за годы исследований составила 4,25 г/ m^2 в сут. (таблица 3.9). Применение минеральных удобрений и повышение дозы до $N_{80}P_{40}$ при прочих равных условиях сопровождалось увеличением чистой продуктивности фотосинтеза на 5,9-11,3 % и ростом фотосинтетического потенциала на 275-423 тыс. m^2 дн./га или 36,7-54,8 %.

Наименьший, накопленный за вегетационный период фотосинтетический потенциал при использовании предложенного способа посева (с поделкой микробороздок в мерзлоталой почве), составил, в среднем 927 тыс. m^2 дн./га на участках, где минеральные удобрения не применяли, а расстояние между рядками было принято равным 0,15 м. Чистая продуктивность фотосинтеза в посевах горчицы на этом варианте по годам исследований изменялась от 4,07 до 4,61 г/ m^2 в сут. При последовательном повышении уровня минерального питания суммарный фотосинтетический потенциал посева горчицы возрастал на 36,8-56,9 %, а чистая

Таблица 3.8 - Суммарный фотосинтетический потенциал горчицы при разных способах посева

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фотосинтетический потенциал, ФП, тыс. м ² дн./га				Δ ФП в зависимости от способа посева		Δ ФП в зависимости от ширины междурядий		Δ ФП в зависимости от дозы удобрений	
			2010 год	2011 год	2012 год	Среднее	тыс. м ² дн./га	%	тыс. м ² дн./га	%	тыс. м ² дн./га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	732	812	704	749	–	–	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	974	1189	909	1024	–	–	–	–	275	36,7
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1033	1398	1009	1147	–	–	–	–	398	53,1
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1033	1419	994	1149	–	–	–	–	400	53,4
	0,3	C1(0)	756	847	752	785	–	–	36	4,8	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1019	1288	966	1091	–	–	67	6,5	306	39,0
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1067	1460	1097	1208	–	–	61	5,3	423	53,9
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1033	1496	1073	1201	–	–	52	4,5	416	53,0
	0,45	C1(0)	710	835	691	745	–	–	-4	-0,5	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	891	1335	898	1041	–	–	17	1,7	296	39,7
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	997	1493	969	1153	–	–	6	0,5	408	54,8
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	982	1502	966	1150	–	–	1	0,1	405	54,4

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А2	0,15	C1(0)	868	1016	896	927	178	23,8	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1075	1376	1353	1268	244	23,8	–	–	341	36,8
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1147	1604	1569	1440	293	25,5	–	–	513	55,3
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1134	1601	1574	1436	287	25,0	–	–	509	54,9
	0,3	C1(0)	924	1066	945	978	193	24,6	51	5,5	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1146	1490	1475	1370	279	25,6	102	8,0	392	40,1
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1194	1688	1556	1479	271	22,4	39	2,7	501	51,2
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1196	1705	1568	1490	289	24,1	54	3,8	512	52,4
	0,45	C1(0)	868	1079	891	946	201	27,0	19	2,0	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1136	1509	1345	1330	289	27,8	62	4,9	384	40,6
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1209	1711	1532	1484	331	28,7	44	3,1	538	56,9
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1190	1731	1494	1472	322	28,0	36	2,5	526	55,6

Таблица 3.9 - Средняя продуктивность фотосинтеза горчицы при возделывании после риса

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Продуктивность фотосинтеза, ПФ, г/м ² в сут.				Δ ПФ в зависимости от способа посева		Δ ПФ в зависимости от ширины междурядий		Δ ПФ в зависимости от дозы удобрений	
			2010 год	2011 год	2012 год	Среднее	г/м ² в сут.	%	г/м ² в сут.	%	г/м ² в сут.	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	4,37	4,42	3,95	4,25	–	–	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4,67	4,89	4,07	4,54	–	–	–	–	0,29	6,8
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4,83	4,94	4,09	4,62	–	–	–	–	0,37	8,7
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	4,94	4,93	4,14	4,67	–	–	–	–	0,42	9,9
	0,3	C1(0)	4,39	4,46	3,91	4,25	–	–	0,00	0,0	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4,75	4,94	4,1	4,60	–	–	0,06	1,3	0,35	8,2
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4,91	5,02	4,16	4,70	–	–	0,08	1,7	0,45	10,6
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	4,94	5,02	4,23	4,73	–	–	0,06	1,3	0,48	11,3
	0,45	C1(0)	4,31	4,48	3,92	4,24	–	–	-0,01	-0,2	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4,46	4,97	4,04	4,49	–	–	-0,05	-1,1	0,25	5,9
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4,79	5,09	4,07	4,65	–	–	0,03	0,6	0,41	9,7
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	4,85	5,07	4,08	4,67	–	–	0,00	0,0	0,43	10,1

Продолжение таблицы 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А2	0,15	C1(0)	4,61	4,51	4,07	4,40	0,15	3,5	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4,79	4,99	4,35	4,71	0,17	3,7	–	–	0,31	7,0
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4,87	5,12	4,44	4,81	0,19	4,1	–	–	0,41	9,3
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	4,83	5,12	4,42	4,79	0,12	2,6	–	–	0,39	8,9
	0,3	C1(0)	4,66	4,55	4,13	4,45	0,20	4,7	0,05	1,1	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4,88	5,05	4,41	4,78	0,18	3,9	0,07	1,5	0,33	7,4
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4,97	5,14	4,53	4,88	0,18	3,8	0,07	1,5	0,43	9,7
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	4,92	5,14	4,5	4,85	0,12	2,5	0,06	1,3	0,40	9,0
	0,45	C1(0)	4,61	4,57	4,07	4,42	0,18	4,2	0,02	0,5	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4,84	5,07	4,34	4,75	0,26	5,8	0,04	0,8	0,33	7,5
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4,84	5,19	4,41	4,81	0,16	3,4	0,00	0,0	0,39	8,8
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	4,8	5,19	4,5	4,83	0,16	3,4	0,04	0,8	0,41	9,3

продуктивность фотосинтеза увеличивалась на 7,0-9,7 %. Наибольшей продуктивностью фотосинтеза посева горчицы отличались в вариантах, где минеральные удобрения вносили дозой $N_{80}P_{40}$, а расстояние между рядками было принято равным 0,30 м. При этом обеспечивалось накопление фотосинтетического потенциала на уровне 1479 тыс. m^2 дн./га, что лишь на 11 тыс. m^2 дн./га меньше максимального, полученного в опытах, результата.

Накопление сухой биомассы посева определяется совокупностью процессов, определяющих формирование фотосинтетического потенциала и чистую продуктивность фотосинтеза. Как следствие, динамика накопления биомассы посева во все годы исследований характеризовалась малой интенсивностью в начальные фазы развития, быстро возрастающей с начала фазы ветвления растений и замедляющейся после фазы образования зеленых стручков. Эта общая для всех вариантов закономерность сохранялась в течение всего периода исследований. Различия по вариантам опыта заключались в количестве накопленного органического вещества (таблица 3.10).

При посеве по мерзлоталой почве обычным способом суммарная, накопленная за вегетационный период биомасса посева горчицы изменялась, в среднем, от 3,19 до 5,72 т/га, и существенно варьировала по годам исследований. Например, сухая биомасса горчицы в 2011 году на участках с обычным способом посева изменялась от 3,59 до 7,62 т/га, а в 2012 году – от 3,19 до 4,56 т/га. Внедрение предлагаемого способа посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок) позволило активизировать фотосинтетическую деятельность посева и накапливать на 0,89-1,72 т/га сухого вещества больше, чем при посеве обычным способом. При этом даже без применения минеральных удобрений сухая биомасса посева составила, в среднем 4,08-4,35 т/га.

При прочих равных условиях статистически значимая прибавка биомассы посева обеспечивалась за счет увеличения ширины междурядий с 0,15 до 0,30 м. При увеличении ширины междурядий с 0,15 до 0,45 м статистически существенных изменений накопленной массы сухого вещества выявлено не было.

Таблица 3.10 - Суммарная накопленная биомасса посева горчицы при разных сочетаниях факторов и приемов возделывания, т/га

Способ посева	Ширина между-рядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Сухая биомасса посева, М, т/га				Δ М в зависимости от способа посева		Δ М в зависимости от ширины междурядий		Δ М в зависимости от дозы удобрений	
			2010 год	2011 год	2012 год	Среднее	т/га	%	т/га	%	т/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	3,20	3,59	2,78	3,19	–	–	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4,55	5,81	3,70	4,69	–	–	–	–	1,50	47,0
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4,99	6,91	4,13	5,34	–	–	–	–	2,15	67,4
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5,10	6,99	4,12	5,40	–	–	–	–	2,21	69,3
	0,3	C1(0)	3,32	3,78	2,94	3,35	–	–	0,16	5,0	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4,84	6,36	3,96	5,05	–	–	0,36	7,7	1,70	50,7
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	5,24	7,33	4,56	5,71	–	–	0,37	6,9	2,36	70,4
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5,10	7,51	4,54	5,72	–	–	0,32	5,9	2,37	70,7
	0,45	C1(0)	3,06	3,74	2,71	3,17	–	–	-0,02	-0,6	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	3,97	6,64	3,63	4,75	–	–	0,06	1,3	1,58	49,8
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4,78	7,60	3,94	5,44	–	–	0,10	1,9	2,27	71,6
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	4,76	7,62	3,94	5,44	–	–	0,04	0,7	2,27	71,6

Продолжение таблицы 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А2	0,15	C1(0)	4,00	4,58	3,65	4,08	0,89	27,9	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	5,15	6,87	5,89	5,97	1,28	27,3	–	–	1,89	46,3
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	5,59	8,21	6,96	6,92	1,58	29,6	–	–	2,84	69,6
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5,48	8,20	6,95	6,88	1,48	27,4	–	–	2,80	68,6
	0,3	C1(0)	4,31	4,85	3,90	4,35	1,00	29,9	0,27	6,6	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	5,59	7,52	6,50	6,54	1,49	29,5	0,57	9,5	2,19	50,3
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	5,94	8,67	7,05	7,22	1,51	26,4	0,30	4,3	2,87	66,0
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5,89	8,77	7,06	7,24	1,52	26,6	0,36	5,2	2,89	66,4
	0,45	C1(0)	4,00	4,93	3,63	4,19	1,02	32,2	0,11	2,7	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	5,50	7,65	5,84	6,33	1,58	33,3	0,36	6,0	2,14	51,1
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	5,85	8,88	6,76	7,16	1,72	31,6	0,24	3,5	2,97	70,9
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5,71	8,98	6,72	7,14	1,70	31,3	0,26	3,8	2,95	70,4
НСР ₀₅	Фактор А		0,13	0,18	0,14							
	Фактор В		0,16	0,22	0,17							
	Фактор С		0,18	0,26	0,20							
	Для частных средних		0,45	0,64	0,48							

Применение минеральных удобрений на участках, где внедряли предложенную технологию посева горчицы по мерзлоталой почве, позволило повысить фотосинтетическую активность посева и накопить на 1,89-2,97 т/га сухого вещества больше, чем при возделывании на фоне естественного плодородия почвы. Прибавка накопленной за вегетацию биомассы по этому фактору составила 46,3-70,9 %.

Таким образом, внедрение предложенного способа и применение минеральных удобрений позволяет существенно активизировать фотосинтетическую деятельность горчицы и накопление органического вещества в посевах. Условия, наиболее благоприятствующие для синтеза и накопления органического вещества горчицы, в рисовых чеках создаются при посеве предложенным способом (с поделкой микробороздок), рядками, через 0,3 м и внесении удобрений дозой $N_{80}P_{40}$ или $N_{120}P_{70}$. При этом посевами за вегетационный период накапливается 5,89-8,77 т/га сухого вещества.

3.4 Динамика накопления органического вещества в зависимости от способа посева при разных уровнях минерального питания

Формирование урожая горчицы независимо от территории и условий выращивания можно представить как накопление органического вещества в хозяйственно-ценной части рожая:

$$Y = K_{\text{хоз.}} \int_{t=0}^{t=T} f(m) dt, \quad 3.1$$

где $f(m)$ – функция накопления органического вещества посевами горчицы, кг/га в сут., T – продолжительность вегетационного периода, а $K_{\text{хоз.}}$ – коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза.

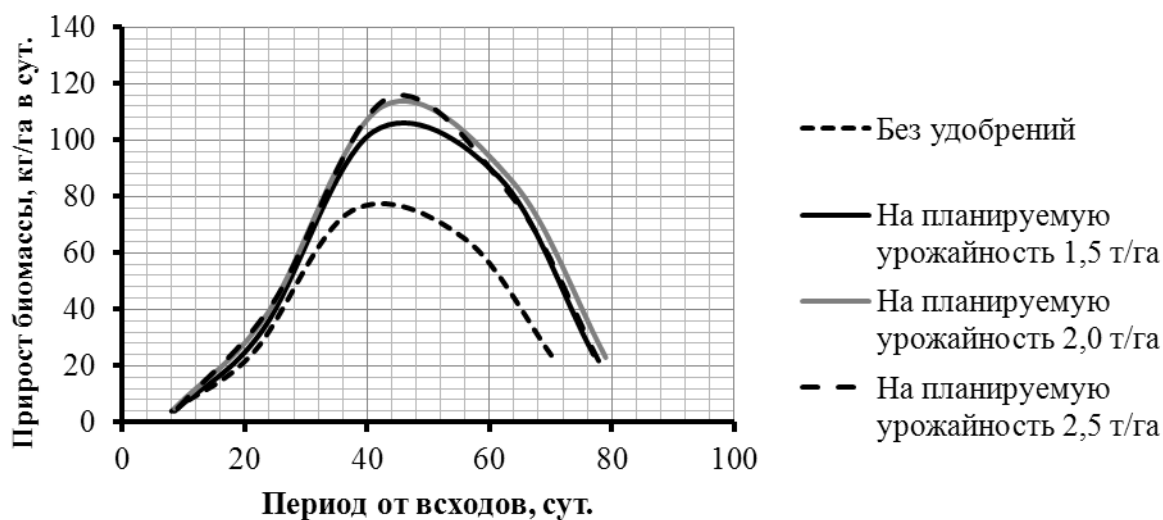
Продолжительность вегетационного периода горчицы является преимущественно детерминированным показателем, характерным для вида растений и сорта культуры. Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза может изменяться в зависимости от условий выращивания, но в достаточно узких, определенных генетической программой культуры, пределах. Интенсивность накопления органического вещества посевами является прямым результатом фотосин-

тетической деятельности и может существенно изменяться в зависимости от условий выращивания в самых широких пределах. Исследования показали, что вариация интенсивности накопления органического вещества посевами горчицы при выращивании в рисовых чеках имеет вполне определенные закономерности, учет которых позволит с уверенностью управлять продукционным процессом растений.

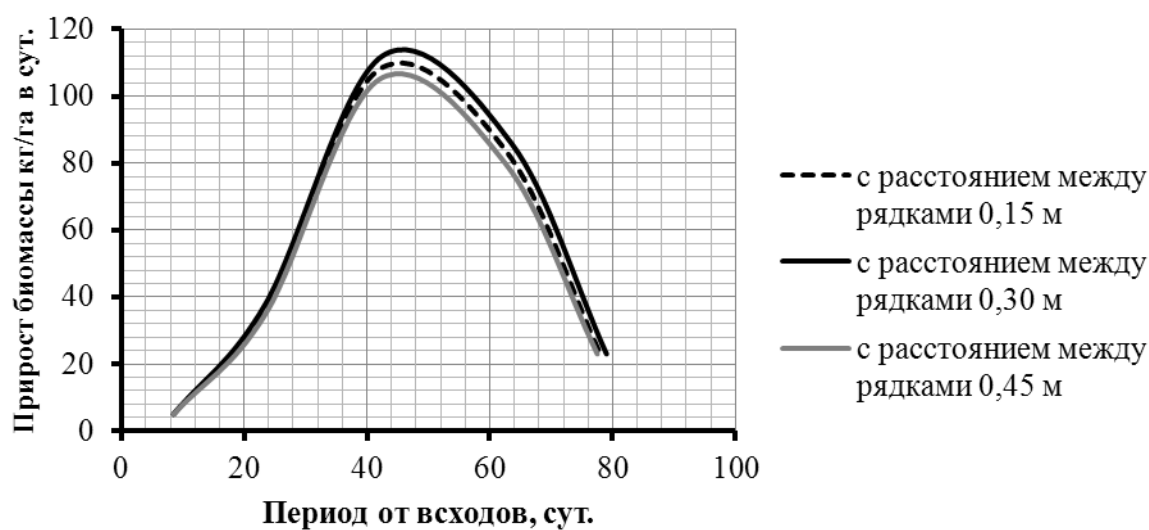
Результаты измерения динамика среднесуточных приростов сухой биомассы горчицы в течение вегетационного периода, а также в зависимости от способов посева и уровня минерального питания представлены на рисунках 3.9-3.11, а также в приложениях 28-30.

Из приведенных данных видно, что переход на предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок) во все годы исследований обеспечивал существенный прирост интенсивности накопления органического вещества посевами. Увеличение интенсивности накопления органического вещества по этому фактору наблюдалось с самого начала вегетационного периода и сохранялось в течение всей вегетации. В 2012 году была отмечена наибольшая разница в интенсивности накопления органического вещества посевами горчицы в вариантах, где применяли предложенной и обычный способ посева по мерзлоталой почве. Последнее тесно коррелирует с особенностями метеорологических условий в ранневесенний период этого года, особенностями прорастания и обеспечения всходов горчицы при разных способах посева.

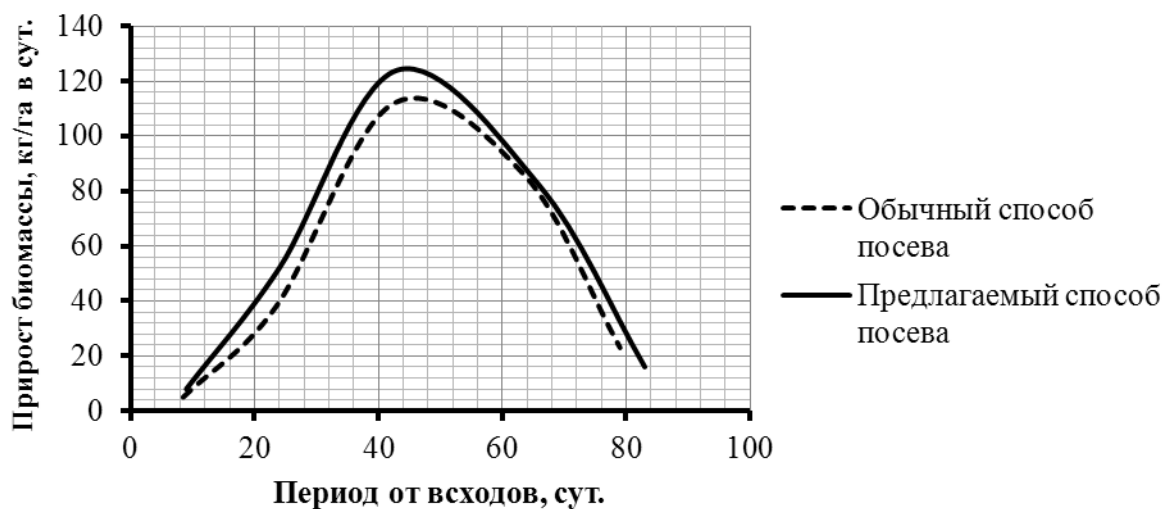
Кривые интенсивности накопления органического вещества в вариантах с разной шириной междурядий занимают намного более узкую область, чем в вариантах с предложенным и обычным способом посева горчицы по мерзлоталой почве. Различия наблюдались не ранее фазы ветвления, но сохранялись во все годы исследований практически до конца вегетационного периода. Наибольшей интенсивностью накопления органического вещества в опытах отличались посевы горчицы в вариантах, где ширина междурядий была принята равной 0,3 м. Такая динамика наблюдалась в 2010 и 2012 годах, и лишь в 2011 году существенной разницы по этому фактору выявлено не было.



а)

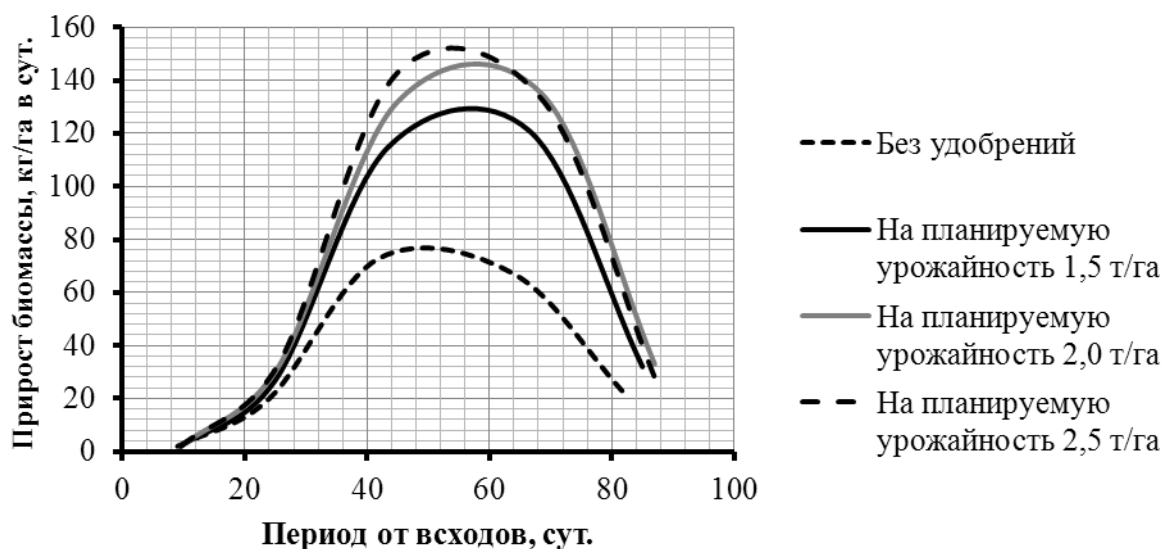


б)

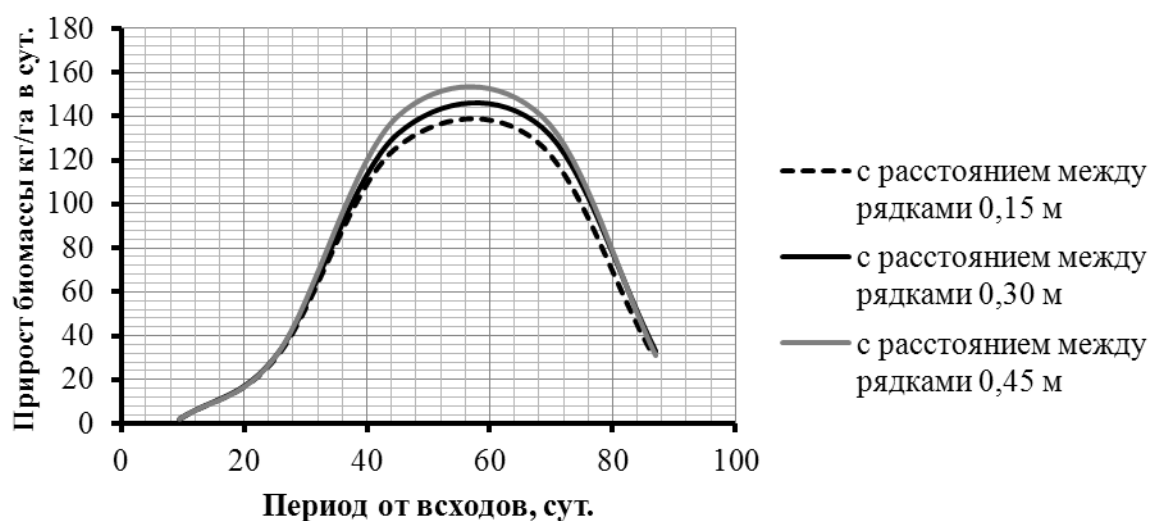


в)

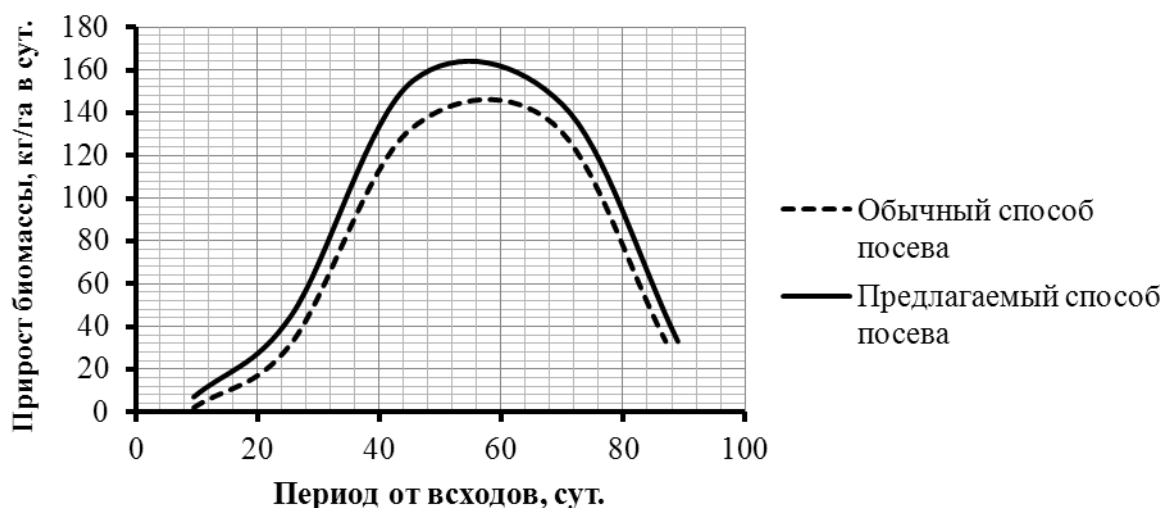
Рисунок 3.9 - Динамика накопления органического вещества посевами горчицы в 2010 году: а) в зависимости от способа посева (на фоне $N_{80}P_{40}$ при ширине междурядий 0,30 м); б) в зависимости от ширины междурядий (на фоне $N_{80}P_{40}$ при обычном посеве); в) в зависимости от дозы удобрений (на фоне обычного способа посева при ширине междурядий 0,30 м)



а)

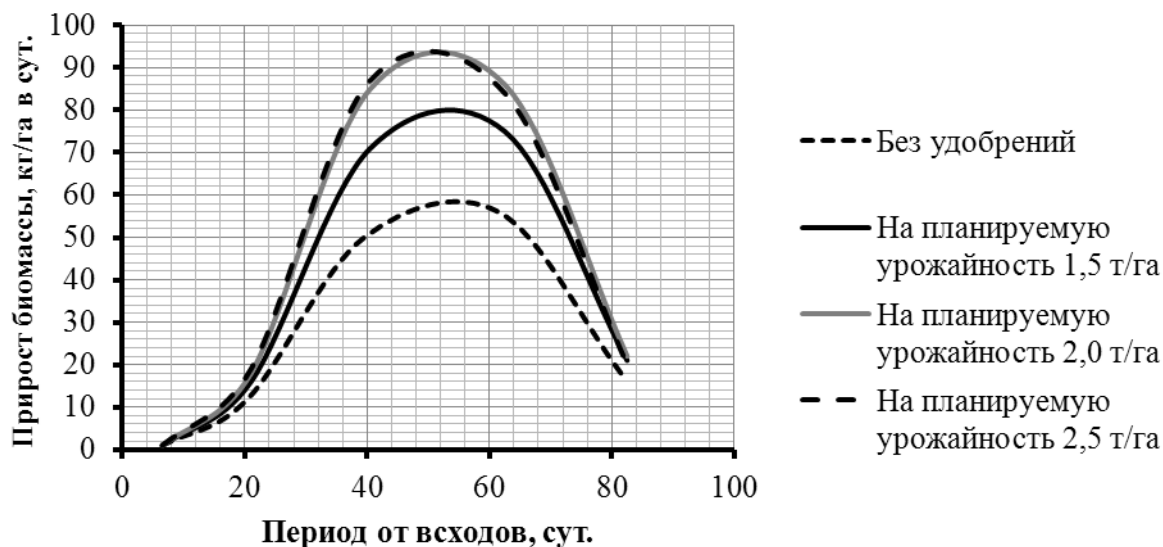


б)

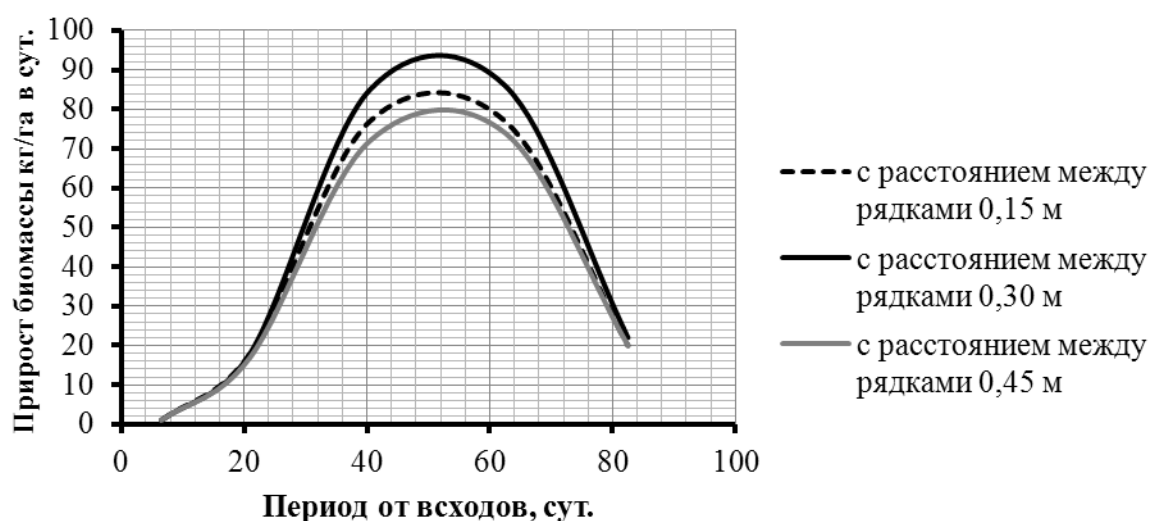


в)

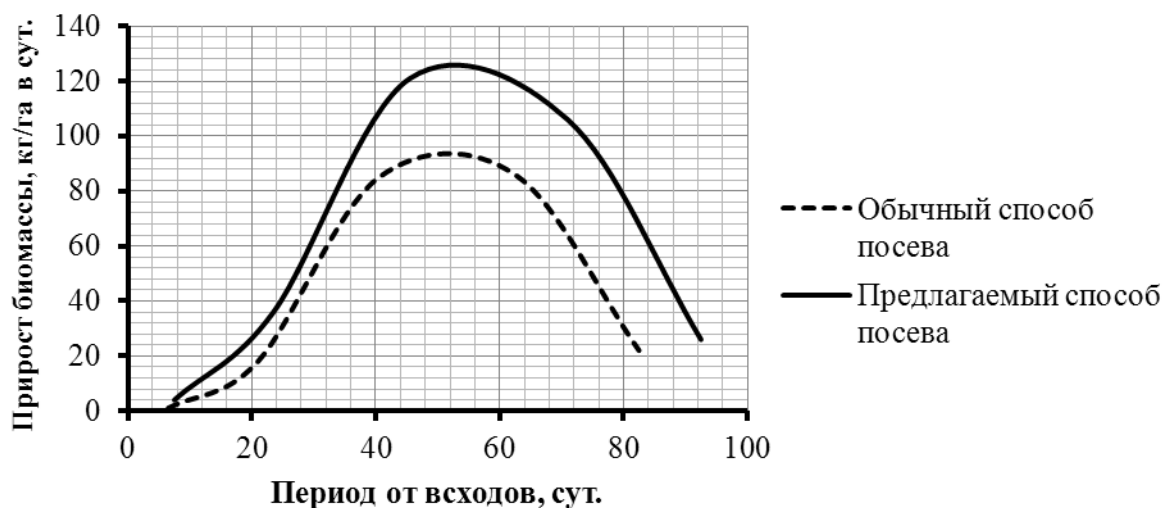
Рисунок 3.10 - Динамика накопления органического вещества посевами горчицы в 2011 году: а) в зависимости от способа посева (на фоне $N_{80}P_{40}$ при ширине междурядий 0,30 м); б) в зависимости от ширины междурядий (на фоне $N_{80}P_{40}$ при обычном посева); в) в зависимости от дозы удобрений (на фоне обычного способа посева при ширине междурядий 0,30м)



а)



б)



в)

Рисунок 3.11 - Динамика накопления органического вещества посевами горчицы в 2012 году: а) в зависимости от способа посева (на фоне $N_{80}P_{40}$ при ширине междурядий 0,30 м); б) в зависимости от ширины междурядий (на фоне $N_{80}P_{40}$ при обычном посева); в) в зависимости от дозы удобрений (на фоне обычного способа посева при ширине междурядий 0,30 м)

Применение минеральных удобрений во все годы исследований обеспечило существенное увеличение интенсивности накопления органического вещества посевами горчицы. Разница в интенсивности накопления органического вещества между удобренными и неудобренными вариантами проявлялась уже в период от образования розетки до начала массового ветвления растений и сохранялась в течение всего вегетационного периода. Повышение дозы внесения минеральных удобрений до $N_{80}P_{40}$ обеспечило увеличение интенсивности накопления органического вещества посевами, однако внесение удобрений сверх этой дозы на динамике среднесуточных приростов биомассы не отражалось.

Наибольшие среднесуточные приросты сухой биомассы горчицы на всех вариантах опыта были отмечены в период между началом фазы массового ветвления и фазой цветения. В зависимости от сочетания исследуемых в опыте факторов наибольшие за вегетационный период значения среднесуточных приростов сухой биомассы составляли 48-170 кг/га в сут. Динамика изменения интенсивности накопления органического вещества в течение вегетационного периода во все годы исследований носила четко выраженный характер одновершинной кривой.

Средневзвешенные значения интенсивности накопления органического вещества посевами горчицы по годам исследований и вариантам опыта приведены в таблице 3.11. Приведенные данные показывают на возможность существенной интенсификации процесса накопления органического вещества посевами горчицы за счет регулирования условий минерального питания, взаимного размещения растений и агротехнических приемов, оказывающих влияние на полевую всхожесть семян.

Средневзвешенные значения интенсивности накопления органического вещества посевами горчицы по годам исследований изменялись в пределах 30-93 кг/га в сут., что в среднем составило 37-75 кг/га в сут. Последний диапазон значений определяет область варьирования интенсивности накопления органического вещества посевами горчицы в зависимости от условий, регулируемых в соответствии с принятыми вариантами опыта.

Таблица 3.11 - Интенсивность накопления сухого вещества горчицы в рисовых чеках, т/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Среднесуточный прирост сухого вещества, т, кг/га в сут.				Δ т в зависимости от способа посева		Δ т в зависимости от ширины междурядий		Δ т в зависимости от дозы удобрений	
			2010 год	2011 год	2012 год	Среднее	кг/га в сут.	%	кг/га в сут.	%	кг/га в сут.	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А1 (контроль)	0,15	С1(0)	41	40	31	37	–	–	–	–	–	–
	0,15	С2(N ₄₀ P ₁₀)	55	62	40	52	–	–	–	–	15	40,5
	0,15	С3(N ₈₀ P ₄₀)	59	74	45	59	–	–	–	–	22	59,5
	0,15	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	60	74	45	60	–	–	–	–	23	62,2
	0,3	С1(0)	43	42	32	39	–	–	2	5,4	–	–
	0,3	С2(N ₄₀ P ₁₀)	58	68	43	56	–	–	4	7,7	17	43,6
	0,3	С3(N ₈₀ P ₄₀)	61	77	50	63	–	–	4	6,8	24	61,5
	0,3	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	60	79	49	63	–	–	3	5,0	24	61,5
	0,45	С1(0)	39	42	30	37	–	–	0	0,0	–	–
	0,45	С2(N ₄₀ P ₁₀)	48	71	39	53	–	–	1	1,9	16	43,2
	0,45	С3(N ₈₀ P ₄₀)	57	80	43	60	–	–	1	1,7	23	62,2
	0,45	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	57	80	43	60	–	–	0	0,0	23	62,2

Продолжение таблицы 3.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А2	0,15	C1(0)	50	50	38	46	9	24,3	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	61	73	59	64	12	23,1	–	–	18	39,1
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	64	86	70	73	14	23,7	–	–	27	58,7
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	62	86	70	73	13	21,7	–	–	27	58,7
	0,3	C1(0)	54	53	41	49	10	25,6	3	6,5	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	64	79	65	69	13	23,2	5	7,8	20	40,8
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	66	89	69	75	12	19,0	2	2,7	26	53,1
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	65	90	69	75	12	19,0	2	2,7	26	53,1
	0,45	C1(0)	50	54	38	47	10	27,0	1	2,2	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	63	81	59	68	15	28,3	4	6,3	21	44,7
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	65	92	68	75	15	25,0	2	2,7	28	59,6
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	63	93	67	74	14	23,3	1	1,4	27	57,4

При посеве горчицы по мерзлоталой почве обычным способом средние суточные приросты сухой биомассы посева составили 37-60 кг/га в сут. и были ниже, чем при посеве предложенным способом на 19,0-28,3 %. Данная закономерность сохранялась независимо от уровня минерального питания и принятой расстояния между рядками растений.

Наибольшие значения среднесуточного прироста сухой биомассы посева были получены на участках вариантов, где применяли предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок), удобрения вносили дозой $N_{80}P_{40}$ при междурядном расстоянии в посевах 0,3 или 0,45 м. В среднем, численные значения среднесуточных приростов биомассы на участках этих вариантов были близки к 75 кг/га в сут. с вариацией по годам исследований от 65 до 92 кг/га в сут.

Влияние ширины междурядий на динамику накопления органической массы посевами было существенно ниже, чем способов посева по мерзлоталой почве. Например, при увеличении ширины междурядий с 0,15 до 0,3 м интенсивность накопления органического вещества посевами возрастала на 1-5 кг/га в сут., а при дальнейшем увеличении междурядного расстояния, - до 0,45 м, - снижалась на 1-2 кг/га в сут.

Наибольшие изменения интенсивности накопления сухой биомассы посева в опыте были отмечены по режиму минерального питания. Например, на участках, где посев горчицы по мерзлоталой почве проводили предложенным способом, применение минеральных удобрений позволило увеличить интенсивность прироста сухой биомассы на 39,1-44,7 %. При увеличении дозы удобрений с $N_{40}P_{10}$ до $N_{80}P_{40}$ эта прибавка возрастала еще на 6-9 кг/га в сут.

Таким образом, регулирование условий минерального питания и внедрение предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве в совокупности с оптимизацией расстояния между рядками в посевах обеспечивает двукратное повышение интенсивности накопления органического вещества и создает мощный потенциал для формирования высокопродуктивных посевов.

4. НАКОПЛЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ В РИСОВЫХ ЧЕКАХ

4.1 Результаты послойного исследования водного режима почвы в посевах горчицы Сарептской

В условиях острого дефицита водообеспеченности культурной флоры Калмыкии формирование водного режима почвы и эффективность использования накопленных почвенных влагозапасов приобретают первостепенное значение. Горчица Сарептская – одна из немногих уникальных культур, обеспечивающих гарантированное формирование урожая в условиях резко – континентального, острозасушливого климата Калмыкии [16]. Ее способность переносить засуху и возобновлять рост при пополнении запасов доступной растениям влаги, делает культуру горчицы одной из самых пластичных и адаптивных однолетних культур, возделываемых в рисовых чеках.

Водный режим почвы в чеках, формирующийся после возделывания риса с затоплением, уникален и имеет существенные различия, как с богарой, так и с динамикой влажности почвы при орошении. Исследования показали, что в отличие от богары после возделывания риса в почве остается запас влаги, которой в совокупности с осадками осенне-зимнего периода обеспечивает высокий уровень начальных влагозапасов при посеве горчицы. Опытами установлено, что в период сева горчицы по мерзлоталой почве запас влаги в метровом слое близок к уровню водоудерживающей способности почвы. В годы исследований влажность метрового слоя почвы в период посева находилась в пределах 96,8-97,2 % НВ, что при фактических водно-физических свойствах почвы соответствовало запасу влаги на уровне 3272-3285 м³/га (таблицы 4.1-4.3, рисунки 4.1-4.3). Как видно, приведенный диапазон значений достаточно узок, что говорит о стабильности полученных результатов и высокой вероятности их повторения в последующие годы.

Устойчивое накопление высоких запасов почвенной влаги к наступлению сроков сева горчицы по мерзлоталой почве является необходимым условием обеспе-

Таблица 4.1 - Послойное распределение запасов влаги под посевами горчицы в основные периоды роста и развития в зависимости от способа посева, м³/га (на примере 2011 г.)

Горизонт почвы, м	Фаза роста и развития							Использовано за вегетацию, м ³ /га
	Посев	Всходы	Розетка	Ветвление	Цветение	Зеленый стручок	Созревание	
Вариант А1, сочетание В2С3								
0-0,1	326	265	247	304	219	151	137	189
0,1-0,2	326	272	274	328	224	165	148	178
0,2-0,3	326	288	257	325	232	172	155	171
0,3-0,5	641	572	541	617	475	351	312	329
0,5-1,0	1653	1448	1397	1547	1299	1036	786	867
Итого	3272	2845	2716	3121	2449	1875	1538	1734
Вариант А2, сочетание В2С3								
0-0,1	326	265	246	302	213	144	131	195
0,1-0,2	326	272	273	326	217	158	141	185
0,2-0,3	326	288	256	323	225	164	148	178
0,3-0,5	641	572	539	613	461	335	297	344
0,5-1,0	1653	1448	1392	1538	1261	989	749	904
Итого	3272	2845	2706	3102	2377	1790	1466	1806

Таблица 4.2 - Послойное распределение запасов влаги под посевами горчицы в основные периоды роста и развития в зависимости от уровня минерального питания, м³/га (на примере 2011 г.)

Горизонт почвы, м	Фаза роста и развития							Использовано за вегетацию, м ³ /га
	Посев	Всходы	Розетка	Ветвление	Цветение	Зеленый стручок	Созревание	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант А2, сочетание В2С1								
0-0,1	326	265	250	308	229	162	150	176
0,1-0,2	326	272	277	332	233	177	162	164
0,2-0,3	326	288	260	329	241	184	170	156
0,3-0,5	641	572	547	625	494	375	342	299
0,5-1,0	1653	1448	1412	1566	1352	1106	863	790
Итого	3272	2845	2746	3160	2549	2004	1687	1585
Вариант А2, сочетание В2С2								
0-0,1	326	265	246	303	219	151	138	188
0,1-0,2	326	272	273	327	223	165	149	177
0,2-0,3	326	288	256	324	231	172	156	170
0,3-0,5	641	572	539	615	473	350	314	327
0,5-1,0	1653	1448	1392	1542	1293	1034	792	861
Итого	3272	2845	2706	3111	2439	1872	1549	1723

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант А2, сочетание В2С3								
0-0,1	326	265	246	302	213	144	131	195
0,1-0,2	326	272	273	326	217	158	141	185
0,2-0,3	326	288	256	323	225	164	148	178
0,3-0,5	641	572	539	613	461	335	297	344
0,5-1,0	1653	1448	1392	1538	1261	989	749	904
Итого	3272	2845	2706	3102	2377	1790	1466	1806
Вариант А2, сочетание В2С4								
0-0,1	326	265	246	298	211	143	129	197
0,1-0,2	326	272	273	321	215	157	139	187
0,2-0,3	326	288	256	318	222	163	146	180
0,3-0,5	641	572	539	605	455	332	294	347
0,5-1,0	1653	1448	1392	1515	1244	979	742	911
Итого	3272	2845	2706	3057	2347	1774	1450	1822

Таблица 4.3 - Послойное распределение запасов влаги под посевами горчицы в основные периоды роста и развития по годам исследований, м³/га (при посеве по предложенному способу и сочетании вариантов В2С3)

Горизонт почвы, м	Фаза роста и развития							Использовано за вегетацию, м ³ /га
	Посев	Всходы	Розетка	Ветвление	Цветение	Зеленый стручок	Созревание	
2010								
0-0,1	329	331	327	251	249	155	142	187
0,1-0,2	333	344	330	259	252	161	145	188
0,2-0,3	326	351	319	265	244	173	150	176
0,3-0,5	652	649	612	551	455	361	302	350
0,5-1,0	1642	1615	1538	1526	1107	935	779	863
Итого	3282	3290	3126	2852	2307	1785	1518	1764
2011								
0-0,1	326	265	246	302	213	144	131	195
0,1-0,2	326	272	273	326	217	158	141	185
0,2-0,3	326	288	256	323	225	164	148	178
0,3-0,5	641	572	539	613	461	335	297	344
0,5-1,0	1653	1448	1392	1538	1261	989	749	904
Итого	3272	2845	2706	3102	2377	1790	1466	1806
2012								
0-0,1	321	272	228	172	141	162	159	162
0,1-0,2	330	281	235	181	145	175	167	163
0,2-0,3	328	285	241	189	148	164	171	157
0,3-0,5	656	592	502	401	298	292	324	332
0,5-1,0	1650	1534	1338	1145	766	727	789	861
Итого	3285	2964	2544	2088	1498	1520	1610	1675

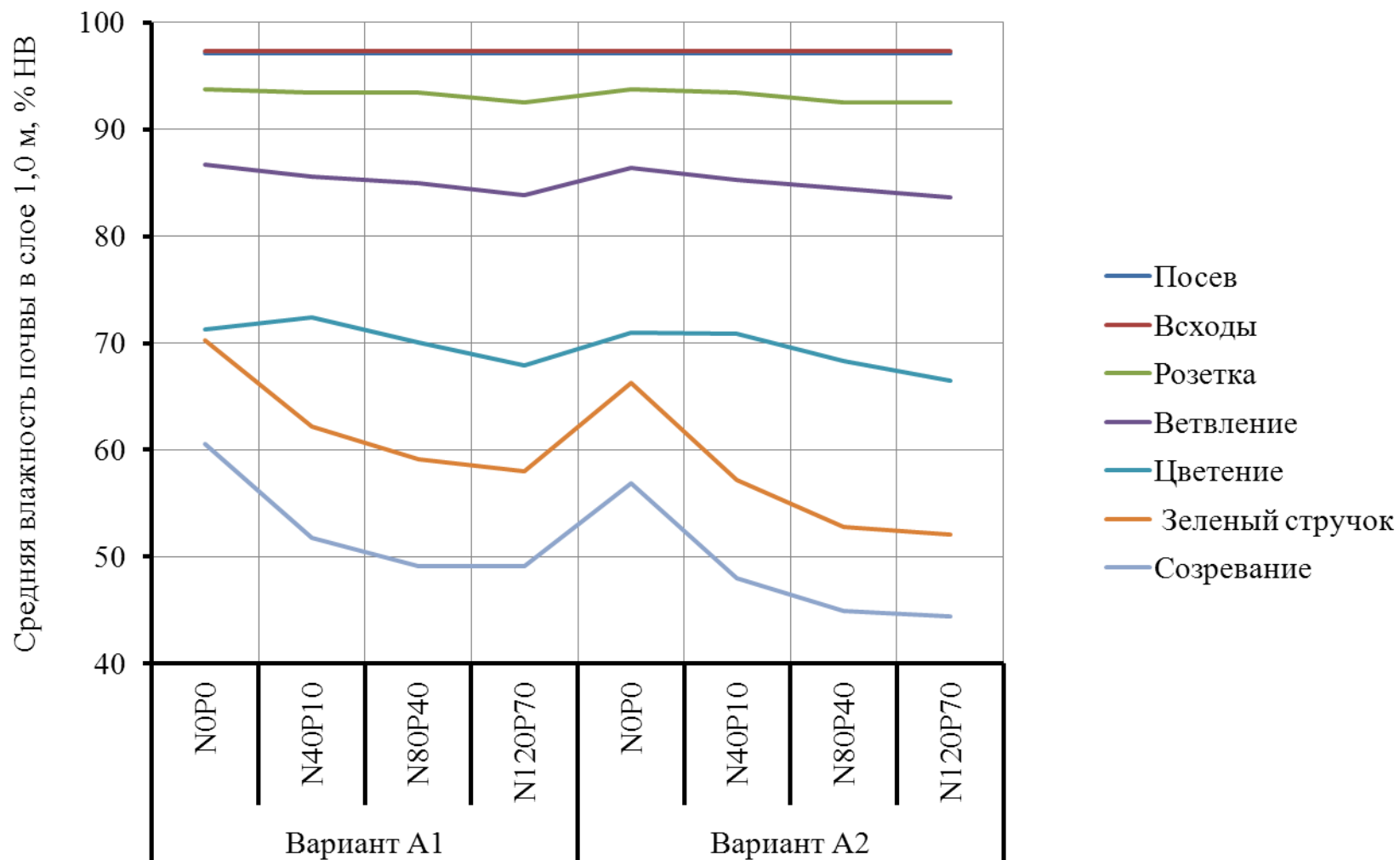


Рисунок 4.1 – Содержание почвенной влаги (% HB) в основные фазы роста и развития горчицы в зависимости от способа посева и уровня минерального питания (по опытным данным 2010 года)

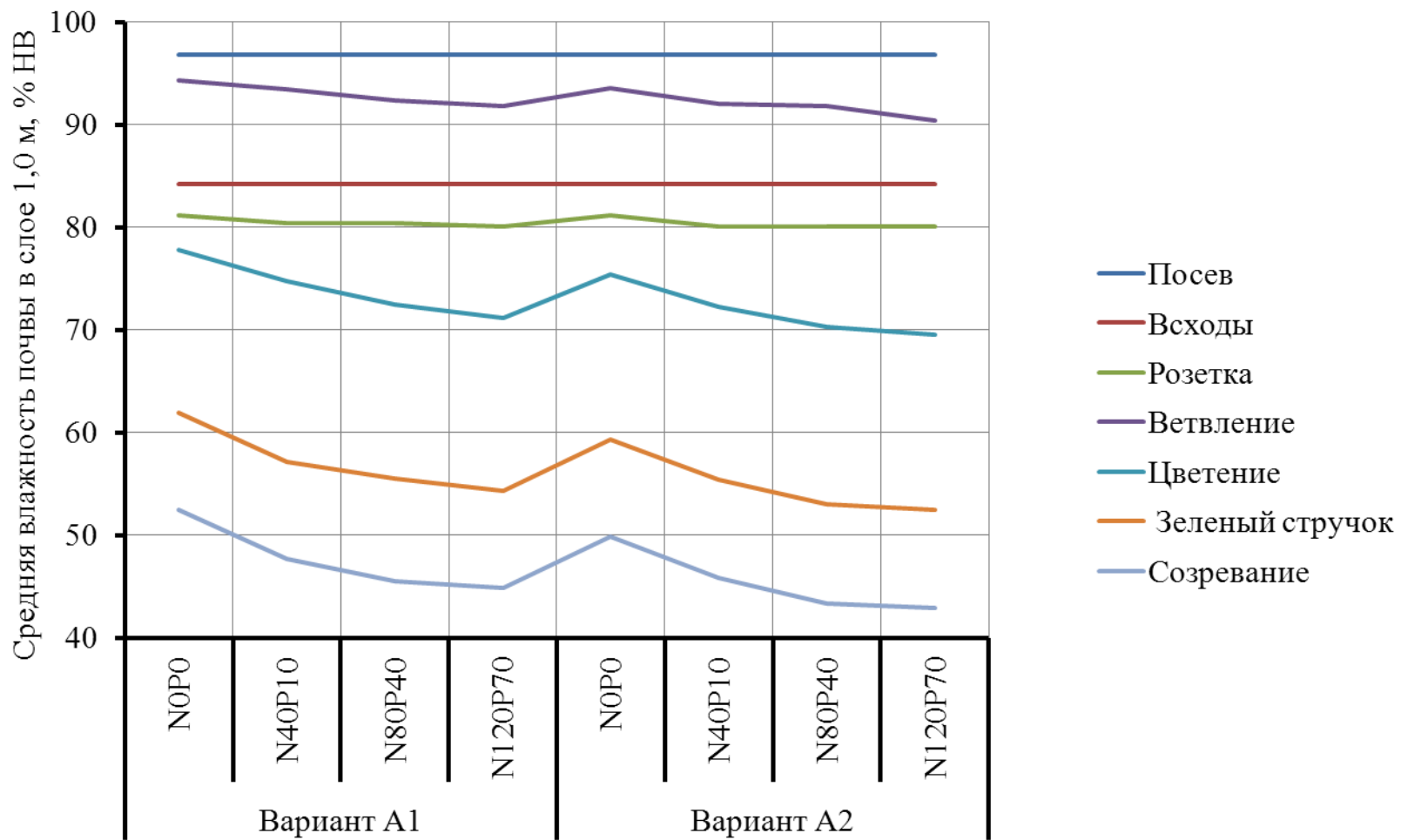


Рисунок 4.2 – Содержание почвенной влаги (% HB) в основные фазы роста и развития горчицы в зависимости от способа посева и уровня минерального питания (по опытным данным 2011 года)

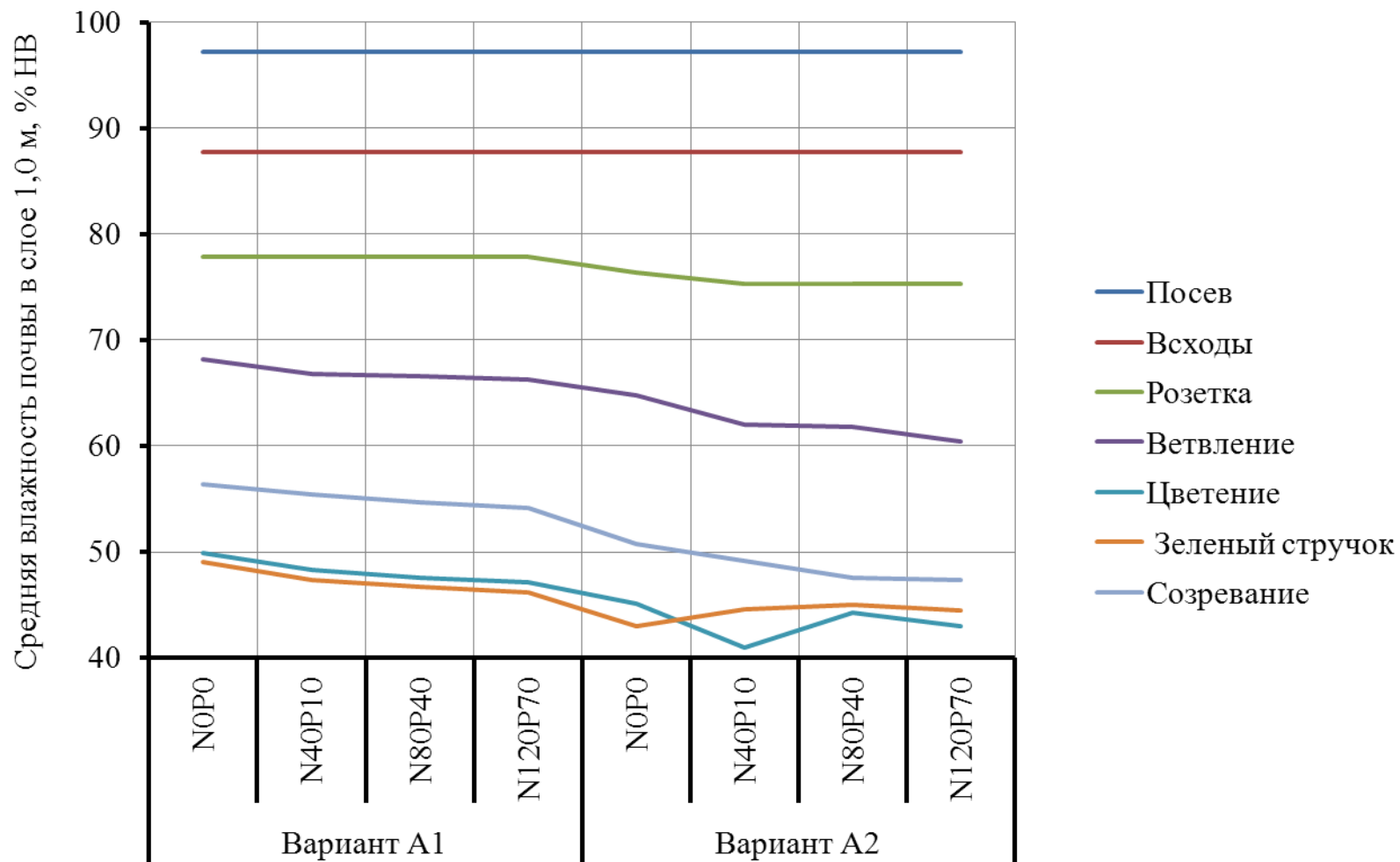


Рисунок 4.3 – Содержание почвенной влаги (% HB) в основные фазы роста и развития горчицы в зависимости от способа посева и уровня минерального питания (по опытными данным 2012 года)

чения дружных всходов и укоренения растений. Известно, что вторичная корневая система горчицы активно формируется только при достаточном влагообеспечении в зоне распространения первичных корней. Если влаги в этот период не хватает, то вторичная корневая система развивается слабо и корневой питание горчицы в течение всего периода вегетации происходит за счет первичных корней. Это существенно снижает адаптационную способность и засухоустойчивость горчицы, в разы увеличивает риск гибели посевов от засухи. Поэтому крайне важно, чтобы высокие запасы почвенной влаги сохранялись вплоть до формирования розетки у 100 % растений и были достаточны для роста растений к началу фазы ветвления. Опытами установлено, что к началу образования розетки влажность почвы при посеве горчицы после риса сохраняется на уровне 75,3-92,5 % НВ. Как видно, диапазон варьирования влажности почвы по годам исследований в этот период существенно возрастает. Однако все значения влажности почвы находились выше влажности разрыва капилляров, что обеспечивает устойчивый приток влаги к корневым волоскам.

В легко доступной растениям горчицы форме почвенная влага во все годы исследований находилась до начала фазы ветвления. В 2010 году средняя влажность метрового слоя почвы в этот период сохранялась на уровне 83,6-86,7 % НВ, в 2011 году – на уровне 90,4-94,3 % НВ, а в 2012 году – не превышала 60,4-68,2 % НВ. Также во все годы исследований к началу фазы цветения влажность почвы достигала критического, близкого к разрыву капилляров, уровня. В 2010 году к началу фазы цветения средняя влажность метрового слоя почвы составила 66,5-72,4 % НВ, в 2011 году – 69,5-77,4 % НВ, в 2012 году – 43,0-49,9 % НВ. Как видно из приведенных данных, в условиях засухи даже при высоких начальных влагозапасах, доступные для растений почвенные ресурсы влаги могут быть исчерпаны. Особая роль в формировании водного режима почвы на протяжении всего вегетационного периода горчицы отводится поступлению влаги атмосферных осадков и характеру распределения почвенных влагозапасов по горизонтам. Опыты показали, что даже при сильном иссушении в почве находятся участки, где влага содержится в доступной для растений горчицы форме. В таблицах 4.1-4.3 приведены

результаты послойного изучения динамики почвенной влаги с регистрацией значений в основные фазы роста и развития.

Из приведенных данных видно, что в начальные фазы роста и развития наиболее активно используются влагозапасы пахотного слоя почвы. Например, к фазе образования розетки содержание влаги в пахотном слое почвы было минимальным во все годы исследований. С увеличением глубины образцы почвы были все более насыщены влагой. Большое влияние на распределение влаги по горизонтам почвы оказывала динамика поступления атмосферных осадков. Как правило, ливневые и непродолжительные осадки, насыщали влагой преимущественно верхние горизонты почвы. На глубине более 0,5 м изменение влажности почвы в течение вегетационного периода было подвержено существенно меньшим колебаниям, чем в пахотном слое. Таким образом, динамика водного режима в пахотном слое почвы была всегда существенно выше, чем в подпахотном и более глубоких слоях. Численные закономерности данного процесса сводятся к следующему:

– до фазы ветвления доступность почвенной влаги растениям в пахотном слое сохранялась в оптимальном диапазоне; содержание почвенной влаги на каждые 10 см слоя по годам изменялось от 172 до 326 м³/га. В период от начала ветвления до начала цветения происходило существенное снижение влажности почвы по всем слоям, и, особенно, - в пахотном слое. В 2012 году в фазу цветения на участках варианта, где посев проводили предложенным способом, а удобрения вносили дозой N₈₀P₄₀, содержание влаги в пахотном слое снижалось до критического уровня (141-148 м³/га в каждом слое мощностью 0,1 м). Водное питание горчицы обеспечивалось за счет горизонтов почвы, находящихся на глубине свыше 0,5 м, где влага все еще сохранялась в доступной форме. В 2010 и 2011 годах такая ситуация складывалась позднее, к началу фазы формирования зеленого стручка. Поступившие атмосферные осадки в период от начала цветения до фазы формирования зеленого стручка в 2012 году повысили доступность почвенной влаги в пахотном и подпахотном слоях до глубины 0,5 м; содержание воды в каждом горизонте почвы мощностью 0,1 м возросло до 162-174 м³/га. Это позволило завер-

шить репродукционный процесс горчицы без существенного снижения уровня продуктивности;

– переход на предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок) сопровождался активизацией процесса расхода воды и иссушения, преимущественно, пахотного слоя почвы. Однако к качественным изменениям водного режима почвы это не привело; падение запасов влаги до критического уровня происходило после формирования зеленого стручка. Созревание семян горчицы во все годы исследования проходило при водном питании растения из слоев глубже 0,5 м;

– внесение минеральных удобрений существенно активизировало расход воды посевами, преимущественно, из верхних слоев почвы. В вариантах без применения минеральных удобрений за счет снижения интенсивности расходования воды посевами горчицы, доступная влага в почве сохранялась вплоть до фазы созревания семян. Например, в фазу формирования зеленого стручка в пахотном слое почвы содержалось от 162 до 184 м³/га воды на каждый горизонт мощностью 0,1 м. При внесении удобрений содержание влаги в пахотном слое почвы в расчете на горизонт мощность 0,1 м снижалось до 151-172 м³/га, а при повышении дозы удобрений (вариант N₁₂₀P₇₀) – до 143-163 м³/га. При таком уровне влагосодержания почвенная влага становится труднодоступна растениям.

4.2 Водопотребление горчицы в зависимости от способа посева при разных уровнях минерального питания

Транспирация и испарение воды с поверхности поля – основные расходные статьи баланса почвенной влаги, определяющие водный режим при возделывании сопутствующих культур рисового севооборота в Республике Калмыкия. Динамика этих процессов определяет скорость иссушения почвы, возможность использования влаги различных слоев, и, связанный с этим, водный режим самих растений.

На практике оба эти процесса протекают одновременно и в реальных условиях фактически невозможно добиться разделения или исключения одного из них. Поэтому, если только не ставить цель регулирования этих процессов по отдельности, то нет причин изучать динамику транспирации и испарения воды с поверхности

почвы по отдельности. В совокупности эти два процесса складываются в один, определяемый как эвапотранспирация или суммарное водопотребление посевов. В исследованиях с горчицей мы изучали динамику суммарного водопотребления, для чего было использовано несколько критериев:

- среднесуточное водопотребление. Это признанный показатель, характеризующий скорость процессов, которые определяют суммарное водопотребление. Этот, пожалуй, один из наиболее важных показателей, интегрированием функции которого по времени можно получить суммарное водопотребление культуры за любой период вегетации;

- температурные коэффициенты испарения влаги посевами. Это так называемые «биологические» или «биофизические» кривые испарения влаги, которые характерны для конкретного вида растений или растительного сообщества. При определении этих коэффициентов учитывается один из основных энергетических параметров атмосферы – температура воздуха, что позволяет в значительной степени компенсировать влияние флуктуаций энергетического состояния на динамику суммарного водопотребления. Если среднесуточное водопотребление характеризует динамику процессов в «натуральном» выражении, то температурные коэффициенты характеризуют динамику суммарного водопотребления в «нормализованном» виде, зависящим только от состава растительного сообщества и его состояния;

- суммарное водопотребление. Это, собственно, интегральный показатель, которой является результирующим динамики процессов испарения во времени. Это «объемный» показатель, определяющий потребность в ресурсах, непосредственно связанный с возможностью формирования посевов того или иного уровня продуктивности.

В таблице 4.4 приведены данные, полученные в результате обработки результатов полевого эксперимента за 2010-2012 годы, а также в среднем за годы исследований. Опытами установлено, что среднесуточное водопотребление горчицы зависит от динамики поступления атмосферных осадков, энергетических ресурсов атмосферы и состояния посева, которое существенно различалось в вариантах с

Таблица 4.4- Среднесуточное водопотребление горчицы в динамике, м³/га в сут.

Год исследования	Способ посева	Доза удобрений, кг д.в./га	Период роста и развития						
			Посев-всходы	Всходы-розетка	Розетка-ветвление	Ветвление-цветение	Цветение-зеленый стручок	Зеленый стручок-созревание	Посев-созревание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2010 г.	Вариант А1 (контроль)	C1(0)	12,7	16,9	25,5	39,0	43,1	37,9	28,1
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	12,7	17,1	25,0	42,5	48,2	40,0	30,2
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	12,7	17,1	24,6	44,0	50,0	40,7	30,9
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	12,7	17,8	25,4	45,6	50,0	40,0	31,0
	Вариант А2	C1(0)	12,7	16,9	26,4	40,5	45,9	39,3	29,3
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	12,7	17,1	25,8	43,2	51,1	37,9	31,1
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	12,7	17,8	25,8	44,2	52,5	35,0	31,5
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	12,7	17,8	26,2	45,8	52,6	34,3	31,6
2011 г.	Вариант А1 (контроль)	C1(0)	17,8	20,6	30,8	39,2	40,5	31,3	29,2
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	17,8	21,1	30,8	41,6	42,4	31,3	30,2
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	17,8	21,1	31,5	41,9	42,4	31,3	30,4
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	17,8	21,6	32,3	43,1	42,4	29,4	30,6
	Вариант А2	C1(0)	17,8	20,6	30,8	40,4	41,0	31,3	29,6
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	17,8	21,6	31,5	41,9	41,9	30,0	30,2
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	17,8	21,6	32,3	43,0	41,8	29,4	30,6
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	17,8	21,6	33,6	43,8	40,9	29,4	30,7

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2012 г.	Вариант А1 (контроль)	C1(0)	15,2	26,9	32,7	35,7	35,2	21,1	27,2
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	15,2	26,9	33,8	36,1	35,7	20,5	27,5
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	15,2	26,9	34,4	37,0	35,7	20,5	27,7
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	15,2	26,9	35,0	37,4	35,7	20,5	27,9
	Вариант А2	C1(0)	15,2	28,6	35,0	36,4	35,5	21,1	28,1
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	15,2	29,3	36,5	37,3	34,8	20,5	28,6
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	15,2	29,3	37,1	37,4	33,8	21,1	28,7
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	15,2	29,3	37,8	37,4	33,5	20,5	28,7
Среднее	Вариант А1 (контроль)	C1(0)	15,2	21,5	29,7	38,0	39,6	30,1	28,2
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	15,2	21,7	29,9	40,1	42,1	30,6	29,3
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	15,2	21,7	30,2	41,0	42,7	30,8	29,7
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	15,2	22,1	30,9	42,0	42,7	30,0	29,8
	Вариант А2	C1(0)	15,2	22,0	30,7	39,1	40,8	30,6	29,0
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	15,2	22,7	31,3	40,8	42,6	29,5	30,0
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	15,2	22,9	31,7	41,5	42,7	28,5	30,3
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	15,2	22,9	32,5	42,3	42,3	28,1	30,3

разными способами посева и в зависимости от уровня минерального питания. В течение вегетационного периода среднесуточное водопотребление возрастало, в среднем, с 15,2 м³/га в сут. в период «посев – всходы» до 39,6-42,7 м³/га в сут. в период «цветение – зеленый стручок» с последующим снижением до 28,1-30,8 м³/га в сут. в фазу созревания. Увеличение интенсивности водопотребления в течение вегетационного периода горчицы тесно связано с увеличением проективного покрытия листового аппарата и ростом энергетической напряженности окружающей среды, а последующее снижение – с изменением состояния посева, переходом в фазу созревания и критическим снижением содержания доступной влаги в почве. Последнее подтверждается тем, что в наибольшей степени значения среднесуточного водопотребления снижались в посевах горчицы с наиболее развитыми растениями и наибольшим проективным покрытием. На участках этих же вариантов наблюдалось ускоренное расходование воды на эвапотранспирацию в начальные фазы роста и развития горчицы.

Следует признать, что приведенная закономерность изменения среднесуточного водопотребления по одновершинной кривой с максимумом в период цветения сохранялась не во все годы исследований. Например, в 2012 году наиболее интенсивно вода посевами горчицы на всех вариантах опыта расходовалась в период «ветвление- начало цветения». Среднесуточное водопотребление в эту фазу по вариантам опыта изменялось от 35,7 до 37,4 м³/га, тогда как в период «цветение – зеленый стручок» - снижалось до 33,5-35,7 м³/га. Изменение пика водопотребления горчицы в 2012 году было связано с особыми метеорологическими условиями и существенным повышением значений среднесуточного водопотребления в период от всходов до начала ветвления, связанным с активным ростом энергетического состояния атмосферы. В сравнении с аналогичными периодами роста горчицы в 2010 и 2011 годах среднесуточное водопотребление горчицы в 2012 году возрастало на 1,9-12,2 м³/га в сут. Интенсивное расходование почвенной влаги с самых ранних этапов развития горчицы без возмещения за счет поступления атмосферных осадков определило ускоренное использование водных ресурсов. По-

следнее привело к дефициту влаги в почве и, как следствие, снижению интенсивности водопотребления в период «цветение – зеленый стручок».

Биологические кривые испарения влаги посевами горчицы в рисовых чеках также имели одновершинную геометрию, однако максимум их был сдвинут к периоду «ветвление – начало цветения» (таблица 4.5). В среднем за годы исследований за период «всходы – образование розетки» на каждый градус накопленных среднесуточных температур воздуха расходовалось 0,177-0,184 мм влаги. Эти значения в следующие периоды развития постепенно увеличивались достигая 0,197-0,203 мм/°С в фазу ветвления с последующим постепенным снижением до 0,101-0,113 мм/°С в фазу созревания семян. В среднем за вегетационный период температурные коэффициенты испарения влаги посевами горчицы изменялись от 0,177 мм/°С до 0,180-0,182 мм/°С. Минимальные значения были получены на участках, где минеральные удобрения не применяли, наибольшие – при внесении удобрений дозой N₈₀P₄₀ или N₁₂₀P₇₀.

Динамика водопотребления определяет объем израсходованной воды в каждый из периодов роста и развития, а также в целом за вегетацию (таблица 4.6). Опыты показали, что при посеве горчицы в сверхранние сроки, по мерзлоталой почве, сроки получения всходов нельзя установить достоверно. Продолжительность периода от посева до всходов может существенно изменяться в широких пределах, достигая 1 месяца. Сухая и ветреная погода в этот период способствует интенсивному иссушению почвы и расходованию на испарение значительных объемов влаги. В годы проведения исследований за период от посева до появления всходов с поверхности поля расходовалось от 330 до 570 м³/га влаги. Следует также учитывать, что эта влага испаряется, преимущественно с поверхностных слоев, вследствие чего поверхность поля быстро подсушивается, и не всегда создаются условия для получения дружных всходов. Последнее также подтверждает актуальность направления исследований по созданию новых технологий посева горчицы по мерзлоталой почве в рисовых чеках Калмыкии.

Средние значения суммарного объема израсходованной влаги за период «всходы – образование розетки» изменяются в пределах 330-390 м³/га. Однако

Таблица 4.5 - Температурные коэффициенты испарения влаги посевами горчицы Сарептской при возделывании в качестве страховой культуры рисовых севооборотов Калмыкии, мм/°С

Год исследований	Способ посева	Доза удобрений, кг д.в./га	Период роста и развития					За вегетационный период
			Всходы-розетка	Розетка-ветвление	Ветвление-цветение	Цветение-зеленый стручок	Зеленый стручок-созревание	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2010 г.	Вариант А1 (контроль)	C1(0)	0,188	0,200	0,233	0,214	0,142	0,208
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,188	0,201	0,237	0,217	0,147	0,212
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,188	0,203	0,239	0,220	0,147	0,214
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,192	0,212	0,244	0,217	0,144	0,216
	Вариант А2	C1(0)	0,188	0,207	0,238	0,223	0,144	0,212
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,188	0,208	0,241	0,224	0,137	0,213
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,192	0,214	0,240	0,219	0,127	0,211
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,192	0,219	0,245	0,216	0,124	0,211
2011 г.	Вариант А1 (контроль)	C1(0)	0,185	0,192	0,191	0,167	0,111	0,179
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,183	0,196	0,198	0,172	0,111	0,182
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,183	0,199	0,198	0,169	0,109	0,181
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,187	0,204	0,203	0,169	0,103	0,182
	Вариант А2	C1(0)	0,185	0,192	0,193	0,167	0,111	0,180
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,187	0,199	0,198	0,167	0,105	0,180
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,187	0,204	0,202	0,165	0,102	0,181
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,187	0,210	0,205	0,162	0,102	0,181

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2012 г.	Вариант А1 (контроль)	C1(0)	0,159	0,167	0,154	0,137	0,083	0,143
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,159	0,171	0,156	0,138	0,082	0,145
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,159	0,174	0,160	0,138	0,082	0,146
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,159	0,177	0,162	0,138	0,082	0,147
	Вариант А2	C1(0)	0,169	0,174	0,158	0,133	0,083	0,146
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,172	0,176	0,160	0,132	0,079	0,146
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,172	0,179	0,160	0,130	0,079	0,146
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,172	0,181	0,160	0,129	0,077	0,146
Среднее	Вариант А1 (контроль)	C1(0)	0,177	0,186	0,193	0,173	0,112	0,177
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,177	0,189	0,197	0,176	0,113	0,180
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,177	0,192	0,199	0,176	0,113	0,180
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,179	0,198	0,203	0,175	0,110	0,182
	Вариант А2	C1(0)	0,181	0,191	0,196	0,174	0,113	0,179
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,182	0,194	0,200	0,174	0,107	0,180
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,184	0,199	0,201	0,171	0,103	0,179
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,184	0,203	0,203	0,169	0,101	0,179

Таблица 4.6 - Суммарное водопотребление горчицы в основные фазы роста и развития, м³/га

Год исследований	Способ посева	Доза удобрений, кг д.в./га	Период роста и развития					
			Посев-всходы	Всходы-розетка	Розетка-ветвление	Ветвление-цветение	Цветение-зеленый стручок	Зеленый стручок-созревание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2010 г.	Вариант А1 (контроль)	С1(0)	330	270	280	820	690	530
		С2(N ₄₀ P ₁₀)	330	290	300	1020	820	560
		С3(N ₈₀ P ₄₀)	330	290	320	1100	850	570
		С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	330	320	330	1140	800	520
	Вариант А2	С1(0)	330	270	290	890	780	550
		С2(N ₄₀ P ₁₀)	330	290	310	1080	970	530
		С3(N ₈₀ P ₄₀)	330	320	310	1150	1050	490
		С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	330	320	340	1190	1000	480
2011 г.	Вариант А1 (контроль)	С1(0)	570	370	370	940	810	500
		С2(N ₄₀ P ₁₀)	570	400	370	1040	890	500
		С3(N ₈₀ P ₄₀)	570	400	410	1090	890	500
		С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	570	410	420	1120	890	470
	Вариант А2	С1(0)	570	370	400	1010	820	500
		С2(N ₄₀ P ₁₀)	570	410	410	1090	880	480
		С3(N ₈₀ P ₄₀)	570	410	420	1160	920	470
		С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	570	410	470	1140	900	470

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2012 г.	Вариант А1 (кон- троль)	C1(0)	410	350	490	820	740	400
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	410	350	540	830	750	390
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	410	350	550	850	750	390
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	410	350	560	860	750	390
	Вариант А2	C1(0)	410	400	560	910	780	400
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	410	440	620	970	800	390
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	410	440	630	1010	810	400
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	410	440	680	1010	770	390
Среднее	Вариант А1 (кон- троль)	C1(0)	440	330	380	860	750	480
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	440	350	400	960	820	480
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	440	350	430	1010	830	490
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	440	360	440	1040	810	460
	Вариант А2	C1(0)	440	350	420	940	790	480
		C2(N ₄₀ P ₁₀)	440	380	450	1050	880	470
		C3(N ₈₀ P ₄₀)	440	390	450	1110	930	450
		C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	440	390	500	1110	890	450

уже в этот период было отмечено увеличение суммарного водопотребления на участках с предложенным способом посева на 20-30 м³/га, а также в вариантах с применением минеральных удобрений различной дозировки – на 30-40 м³/га. За период от образования розетки до начала ветвления растений посевами горчицы расходовалось, в среднем, 380-500 м³/га воды, но эти значения более, чем в 2 раза меньше, чем было израсходовано за период «ветвление – начало цветения». Интенсивная эвапотранспирация и продолжительность периода «ветвление – начало цветения» определило наибольшие объемы потребляемой посевами влаги, которые в среднем достигали 860-1100 м³/га. При этом минимальные значения суммарного водопотребления обеспечивались на участках, где минеральные удобрения не применяли, а посев проводили обычным способом. Наибольшие значения суммарного водопотребления были отмечены на участках, где посев проводили по предложенному (с поделкой микробороздок) способу в сочетании с внесением минеральных удобрений. Также большие объемы воды на эвапотранспирацию были израсходованы в период «цветение – зеленый стручок». В среднем за годы исследований в этот период посевами расходовалось от 750 до 930 м³/га воды с сохранением тех же закономерностей по вариантам опыта, что и в предыдущий период. В период «зеленый стручок- созревание» посевами горчицы расходовалось, в среднем 450-490 м³/га воды, однако здесь четких закономерностей влияния вариантов опыта уже не было найдено.

Для завершения продукционного процесса посевам горчицы в рисовых чеках потребовалось израсходовать на эвапотранспирацию 2920-3960 воды (табл. 4.7).

Опыты показали, что суммарное водопотребление горчицы при возделывании в качестве страховой культуры рисовых севооборотов существенно зависит от уровня естественной влагообеспеченности года. Например, в 2011 году, наиболее обеспеченном влагой естественных осадков, суммарное водопотребление горчицы по вариантам опыта изменялось от 3560 до 3960 м³/га, а в 2010 году – наименее обеспеченном осадками – от 2920 до 3660 м³/га.

Таблица 4.7 - Суммарное водопотребление горчицы в зависимости от способа посева и дозы минеральных удобрений

Способ посева	Доза удобрений, кг д.в./га	Суммарное водопотребление, Е, м ³ /га				Δ Е в зависимости от способа посева		Δ Е в зависимости от дозы удобрений	
		2010	2011	2012	Среднее	м ³ /га	%	м ³ /га	%
Вариант А1 (контроль)	С1(0)	2920	3560	3210	3230	—	—	—	—
	С2(N ₄₀ P ₁₀)	3320	3770	3270	3450	—	—	220	6,8
	С3(N ₈₀ P ₄₀)	3460	3860	3300	3540	—	—	310	9,5
	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	3440	3880	3320	3550	—	—	320	9,9
Вариант А2	С1(0)	3110	3670	3460	3410	180	5,5	—	—
	С2(N ₄₀ P ₁₀)	3510	3840	3630	3660	210	6,0	250	7,3
	С3(N ₈₀ P ₄₀)	3650	3950	3700	3770	230	6,4	360	10,5
	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	3660	3960	3700	3770	220	6,1	360	10,5

Обращает внимание, что диапазон приведенных значений достаточно велик, а изменение суммарного водопотребления определяется влиянием изучаемых в опыте факторов. При переходе на предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок) суммарное водопотребление горчицы увеличивалось на 5,5-6,4 %, что соответствует 180-230 м³/га. Внесение минеральных удобрений даже в дозе N₄₀P₁₀ увеличивало суммарное водопотребление горчицы на 6,8-7,3 %, что соответствует 220-250 м³/га. Повышение дозы внесения минеральных удобрений до N₈₀P₄₀ способствовало дальнейшему увеличению суммарного водопотребления на 310-360 м³/га. Наибольшим суммарным водопотреблением, от 3650 до 3960 м³/га, во все годы исследований отличались посеы горчицы на участках, где удобрений вносили дозой N₈₀P₄₀ и выше, а посев проводили предложенным способом (с поделкой микробороздок).

Основная доля общего объема потребляемой посевами горчицы влаги в опытах обеспечивалась за счет запасов почвенной влаги (таблица 4.8). В годы проведения исследований на суммарное водопотребление горчицы из почвы расходовалось от 1234 до 1822 м³/га запасенной за осенне-зимний период влаги. В среднем за годы исследований по вариантам опыта использование запасов почвенной вла-

Таблицы 4.8 - Баланс почвенной влаги при возделывании
горчицы в рисовых чеках

Способ посева	Доза удобрений, кг д.в./га	Год исследований	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Основные статьи водного баланса			
				Почвенная влага		Атмосферные осадки, м ³ /га	Использовано грунтовой воды, м ³ /га
				м ³ /га	%		
Вариант А1 (контроль)	С1(0)	2010	2920	1234	42,3	1188	498
		2011	3560	1497	42,1	1402	661
		2012	3210	1378	42,9	1240	592
		Среднее	3230	1370	42,4	1277	584
	С2(N ₄₀ P ₁₀)	2010	3320	1533	46,2	1210	577
		2011	3770	1659	44,0	1402	709
		2012	3270	1411	43,1	1260	599
		Среднее	3450	1534	44,5	1291	628
	С3(N ₈₀ P ₄₀)	2010	3460	1622	46,9	1235	603
		2011	3860	1733	44,9	1402	725
		2012	3300	1435	43,5	1260	605
		Среднее	3540	1597	45,1	1299	644
	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2010	3440	1622	47,2	1235	583
		2011	3880	1755	45,2	1402	723
		2012	3320	1452	43,7	1260	608
		Среднее	3550	1610	45,4	1299	638
Вариант А2	С1(0)	2010	3110	1360	43,7	1210	540
		2011	3670	1585	43,2	1402	683
		2012	3460	1568	45,3	1260	632
		Среднее	3410	1504	44,1	1291	618
	С2(N ₄₀ P ₁₀)	2010	3510	1658	47,2	1235	617
		2011	3840	1723	44,9	1402	715
		2012	3630	1621	44,7	1353	656
		Среднее	3660	1667	45,5	1330	663
	С3(N ₈₀ P ₄₀)	2010	3650	1763	48,3	1250	637
		2011	3950	1806	45,7	1402	742
		2012	3700	1675	45,3	1353	672
		Среднее	3770	1748	46,4	1335	684
	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2010	3660	1780	48,6	1250	630
		2011	3960	1822	46,0	1402	736
		2012	3700	1685	45,5	1353	662
		Среднее	3770	1762	46,7	1335	676

ги было наименьшим, 1370 м³/га, при использовании обычной технологии посева по мерзлоталой почве на участках, где не применяли минеральные удобрения. Наибольшее использование запасов почвенной влаги, около 1750 м³/га, обеспечивалось на участках, где применяли предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок) в сочетании с внесением минеральных удобрений дозой N₈₀P₄₀ и выше.

За счет поступления влаги атмосферных осадков в годы исследований восполнялось от 1188 до 1402 м³/га воды, расходуемой на эвапотранспирацию. Уровень используемой влаги атмосферных осадков изменялся не только погодой исследований, но и по вариантам опыта. Происходило это за счет существенной вариации продолжительности вегетационного периода горчицы в зависимости от условий, регулируемых в соответствии с принятыми к исследованию вариантами.

Использование водных запасов грунтовой составляющей при возделывании горчицы в рисовых чеках также является важной статьей восполнения потребляемой на эвапотранспирацию воды. В опытах за счет грунтовых вод восполнялось 498-742 м³/га воды.

Характерно, что доля используемых почвенных влагозапасов в общем расходе влаги посевами горчицы слабо изменялась от годам проведения исследований, тогда как условия естественной влагообеспеченности были не одинаковы. Получены данные, подтверждающие, что при улучшении естественной влагообеспеченности растения горчицы получают лучшее развитие, что впоследствии дает им возможность более полно использовать запасы почвенной влаги. В опытах наиболее полно запасы почвенной влаги использовались в 2011 году, когда почва к уборке горчицы оказалась наиболее иссушенной несмотря на наибольшее количество атмосферных осадков, поступивших в сравнении с другими годами исследований.

Таким образом, даже при жестком дефиците водных ресурсов выделяются сочетания факторов, обеспечивающие наиболее полное использование почвенной влаги на формирование урожая.

4.3 Условия эффективного использования ресурсов почвенной влаги на формирование урожая горчицы Сарептской

Рациональное использование запасов почвенной влаги в рисовых чеках является одним из самых репрезентативных критериев эффективности сельскохозяйственных технологий. Возможность экономного использования воды на формирование каждого килограмма продукции определяет единственный путь повышения продуктивности посевов в условиях жесточайшего дефицита водных ресурсов и слабой естественной влагообеспеченности территории Калмыкии.

В исследованиях для оценки эффективности использования почвенной влаги на формирование урожая маслосемян горчицы Сарептской, возделываемой в качестве страховой культуры рисовых севооборотов, использовали значения коэффициента водопотребления, определенного для различного сочетания вариантов опыта (таблица 4.9).

Исследования показали, что даже в условиях острого дефицита влаги в почве на формирование единицы продукции горчица затрачивает значительное количество водных ресурсов. Например, на участках, где посев проводили обычным способом, с шириной междурядий 0,15 м, а минеральные удобрения не вносили, в пересчете на формирование 1 тонны маслосемян горчицы расходовалось от 3744 до 4521 м³/т воды. Безусловно, таких ресурсов влаги в условиях естественной влагообеспеченности Калмыкии нет, в результате чего и урожайность горчицы во все годы исследований была менее 1,0 т.

Внесение минеральных удобрений даже небольшой дозой, N₄₀P₁₀, позволило существенно повысить эффективность использования воды на формирование урожая горчицы в рисовых чеках. В среднем за годы исследований коэффициент водопотребления горчицы для этого участка составил 2896 м³/т, что уже сопоставимо с доступными ресурсами влаги в рисовых чеках в условиях естественной влагообеспеченности. Еще меньше, в среднем 2554 м³/т, воды на формирование урожая затрачивалось при внесении минеральных удобрений дозой N₈₀P₄₀. Это, в среднем, на 37,5 % меньше, чем на участках, где внесение минеральных удобрений не было предусмотрено. Однако дальнейшее повышение дозы внесения ми-

Таблица 4.9 - Эффективность использования воды на формирование урожая горчицы в рисовых чеках

Способ посева	Ширина между-рядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Коэффициент водопотребления, K_E , м ³ /т				ΔK_E в зависимости от способа посева		ΔK_E в зависимости от ширины междурядий		ΔK_E в зависимости от дозы удобрений	
			2010 год	2011 год	2012 год	Среднее	м ³ /т	%	м ³ /т	%	м ³ /т	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	3744	4000	4521	4088	–	–	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2515	2618	3554	2896	–	–	–	–	-1192	-29,2
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2163	2231	3267	2554	–	–	–	–	-1534	-37,5
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2085	2180	3320	2528	–	–	–	–	-1560	-38,2
	0,3	C1(0)	3605	3708	4338	3884	–	–	-204	-5,0	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2322	2386	3337	2682	–	–	-214	-7,4	-1202	-30,9
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2060	2169	2946	2392	–	–	-162	-6,3	-1492	-38,4
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2085	2120	3018	2408	–	–	-120	-4,7	-1476	-38,0
	0,45	C1(0)	3893	3708	4721	4107	–	–	19	0,5	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2699	2313	3593	2868	–	–	-28	-1,0	-1239	-30,2
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2232	2098	3367	2566	–	–	12	0,5	-1541	-37,5
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2234	2075	3388	2566	–	–	38	1,5	-1541	-37,5

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вариант А2	0,15	C1(0)	3141	3277	3888	3435	-653	-16,0	–	–	–	–
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2372	2272	2521	2388	-508	-17,5	–	–	-1047	-30,5
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2062	1985	2176	2074	-480	-18,8	–	–	-1361	-39,6
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2116	1960	2202	2093	-435	-17,2	–	–	-1342	-39,1
	0,3	C1(0)	2962	3137	3604	3234	-650	-16,7	-201	-5,9	–	–
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2127	2065	2269	2154	-528	-19,7	-234	-9,8	-1080	-33,4
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1952	1863	2139	1985	-407	-17,0	-89	-4,3	-1249	-38,6
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1989	1833	2139	1987	-421	-17,5	-106	-5,1	-1247	-38,6
	0,45	C1(0)	3141	3110	3888	3380	-727	-17,7	-55	-1,6	–	–
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2102	2053	2556	2237	-631	-22,0	-151	-6,3	-1143	-33,8
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1952	1820	2270	2014	-552	-21,5	-60	-2,9	-1366	-40,4
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1989	1792	2284	2022	-544	-21,2	-71	-3,4	-1358	-40,2

неральных удобрений (до $N_{120}P_{70}$) уже не обеспечивало положительного эффекта. Коэффициент водопотребления горчицы для этого варианта составил, в среднем $2528 \text{ м}^3/\text{т}$, с изменением по годам исследований от 2085 до $3320 \text{ м}^3/\text{т}$. Характерно, что в отдельные годы с повышением дозы внесения минеральных удобрений до $N_{120}P_{70}$ происходило снижение значений коэффициента водопотребления не более, чем на $51-78 \text{ м}^3/\text{т}$, а в другие, напротив, - повышение на $53 \text{ м}^3/\text{т}$.

Таким образом, внесение минеральных удобрений обеспечивает влагосберегающий эффект при возделывании горчицы в рисовых чеках с повышением дозы до $N_{80}P_{40}$. Данная закономерность сохранялась при всех сочетаниях способа посева в опытах. Наряду с этим, выявлена возможность существенного повышения эффективности расходования воды на формирование урожая маслосемян за счет перехода на предложенный (с поделкой микробороздок) способ посева горчицы по мерзлоталой почве.

Переход на предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве позволил экономить на формировании каждой тонны маслосемян горчицы до $407-727 \text{ м}^3/\text{т}$ влаги. В сравнении с вариантами, где горчицу сеяли обычным способом, коэффициент водопотребления снижался на $16,0-22,0 \%$.

Эффективность использования воды на формирование урожая горчицы при внедрении предложенного способа посева по мерзлоталой почве возрастала на всех вариантах опыта. Однако в пределах этого варианта при равных уровнях минерального питания более эффективно вода на формирование урожая маслосемян использовалась на участках, где посев проводили с шириной междурядий $0,3 \text{ м}$. Увеличение ширины междурядий с $0,15$ до $0,3 \text{ м}$ позволило повысить эффективность расходования воды на формирование урожая на $4,3-9,8 \%$. В совокупности с применением предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок) и внесением минеральных удобрений дозой $N_{80}P_{40}$ это позволило добиться расхода воды на формирование тонны маслосемян в пределах $1985 \text{ м}^3/\text{т}$.

Опытные данные подтверждают, что эффективность использования воды на формирование урожая существенно зависит от всех, исследуемых в опыте, факто-

ров. Изменение ширины междурядий и регулирование уровня минерального питания в определенной последовательности снижают либо повышают затраты воды на формирование урожая. Применение методов математической статистики позволило нам оценить совокупное влияние этих факторов и предложить модель для расчета коэффициента водопотребления горчицы, описывающую установленные закономерности. При посеве горчицы по мерзлоталой почве обычным способом модель представлена неполным полиномом 3 степени вида:

$$K_E = a + bs + cs^2 + dN + eN^2 + fN^3, \quad (4.1)$$

где K_E – коэффициент водопотребления горчицы, м³/т, s – ширина междурядий, м, N – коэффициент, характеризующий режим дополнительного минерального питания, численно равный дозе вносимого минерального азота, кг д.в./га. Параметры уравнения, $a=4616$, $b=-4769$, $c=8005$, $d=-46,4$, $e=0,466$, $f=-0,0015$ – определены методом регрессионного анализа с использованием численного материала экспериментальных исследований.

Для описания закономерностей, установленных при посеве горчицы по мерзлоталой почве предложенным способом (с поделкой микробороздок) наиболее подходит уравнение регрессии следующей формы:

$$K_E = a + bs + cs^2 + dN + eN^2 + fN^3, \quad (4.2)$$

где K_E – коэффициент водопотребления горчицы, м³/т, s – ширина междурядий, м, N – коэффициент, характеризующий режим дополнительного минерального питания, численно равный дозе вносимого минерального азота, кг д.в./га. Параметры уравнения, $a=3818$, $b=-3357$, $c=5127$, $d=-43,0$, $e=0,457$, $f=-0,0015$ – определены методом регрессионного анализа с использованием численного материала экспериментальных исследований.

Коэффициент детерминации предложенных зависимостей находится в пределах 0,87-0,92, что позволяет сделать вывод о возможности их практического применения. Графики приведенных зависимостей представлены на рисунках 4-5.

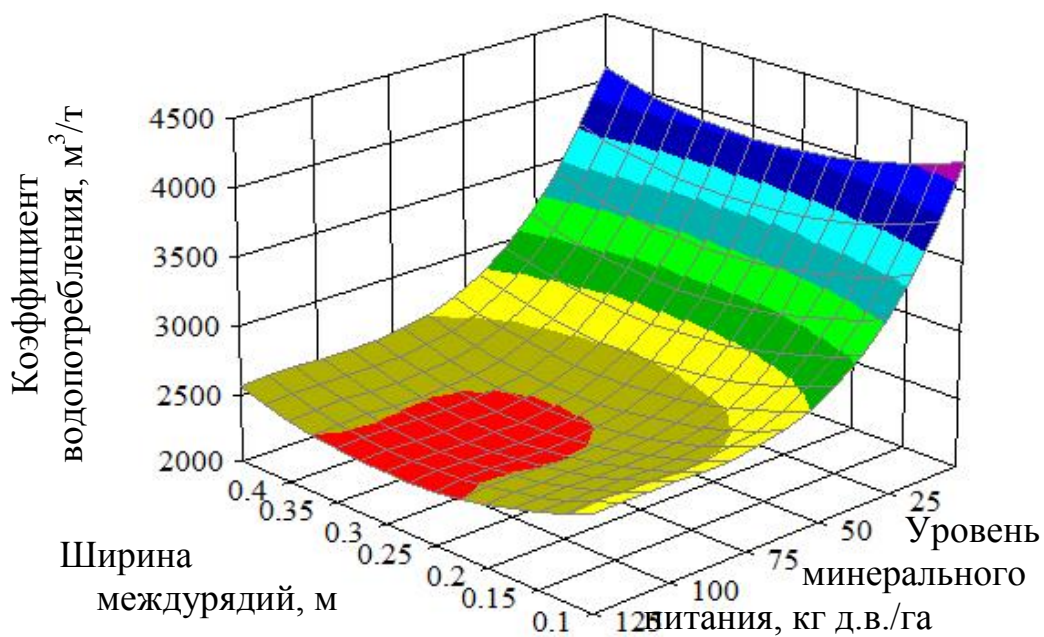


Рисунок 4.4 - График зависимости коэффициента водопотребления горчицы при посеве по мерзлоталой почве обычным способом

Анализ приведенных рисунков визуально подтверждает пропорциональное снижение значений коэффициента водопотребления горчицы с переходом на предложенный способ посева по мерзлоталой почве. При этом прочие закономерности изменения коэффициента водопотребления под влиянием уровня минерального питания и ширины междурядий полностью сохранились. Например, повышение уровня минерального питания горчицы на участках с обычным способом посева сопровождалось снижением коэффициента водопотребления на 29,2-38,4 %, а на участках, где посев по мерзлоталой почве проводили предложенным способом – на 30,5-40,4 %. Увеличение ширины междурядий с 0,15 до 0,3 м на участках с обычным способом посева горчицы по мерзлоталой почве сопровождалось ростом эффективности использования воды на формирование урожая маслосемян в пределах 4,7-7,4 %, а на участках с предложенным способом посева (с поделкой микробороздок) – на 4,3-9,8 %. И при обоих способах посева дальнейшее увеличение ширины междурядий с 0,3 до 0,45 м сопровождалось снижением эффективности использования воды на формирование урожая маслосемян. И последнее, из графиков зависимостей видно, что минимум расходования влаги на

формирование единицы урожая маслосемян горчицы как на участках с обычным способом посева, так и при посеве по предложенному способу, обеспечивался при ширине междурядий 0,3 м в сочетании внесении минеральных удобрений дозой $N_{80}P_{40}$.

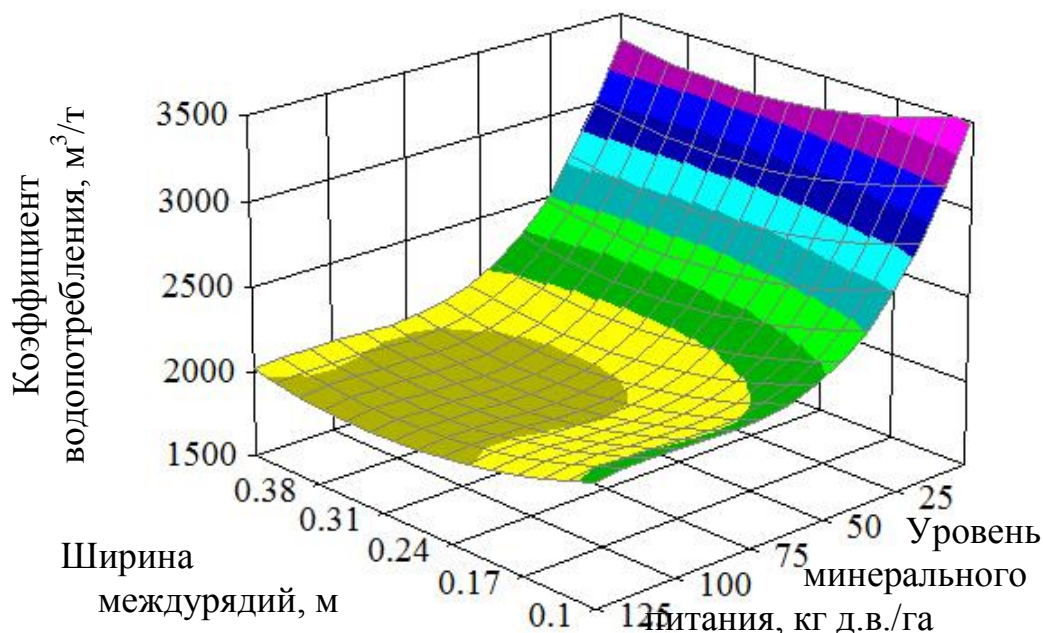


Рисунок 4.5 - График зависимости коэффициента водопотребления горчицы при посеве по мерзлоталой почве обычным способом

Таким образом, сочетание ширины междурядий 0,3 м с внесением минеральных удобрений дозой $N_{80}P_{40}$ является наиболее оптимальным с позиций эффективности использования влагозапасов на формирование урожая горчицы. При этом минимальный расход влаги, $1985 \text{ м}^3/\text{т}$, на формирование урожая маслосемян обеспечивается при использовании предложенного способа посева (с поделкой микробороздок).

5. ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТИВНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ В КАЧЕСТВЕ СТРАХОВОЙ СОПУТСТВУЮЩЕЙ КУЛЬТУРЫ РИСОВОГО СЕВООБОРОТА

5.1 Структура урожая и уровень продуктивности горчицы в зависимости от способа посева при разных уровнях минерального питания

Урожайность является главным хозяйственным критерием эффективности технологии возделывания любой сельскохозяйственной культуры. Генетически заложенный потенциал продуктивности любой культуры формируется в течение всего вегетационного периода. В любой момент роста и развития можно выделить показатели, напрямую связанные с уровнем реализации потенциальной продуктивности растений и посева. Например, уже в фазу прорастания семян и всходов начинает формироваться плотность будущего агроценоза; фаза ветвления связана с началом формирования структуры растения; фаза цветения – с началом периода формированием числа стручков и зерен в них; в течение всего периода плодообразования происходят процессы, от которых зависит сохранность стручков, развитие семян, их крупность и масса. Все эти показатели являются элементами структуры урожая.

Опыты показали, что все элементы структуры урожая горчицы варьируют в той или иной степени под влиянием факторов внешней среды и в зависимости от технологии возделывания (таблица 5.1, приложения 31-35). Однако, каждый из изучаемых факторов отличался своей спецификой влияния на тот или иной элемент структуры урожая горчицы.

Число сохранившихся к уборке растений является основным показателем, определяющим структуру всего посева. В опытах, в зависимости от сочетания исследуемых факторов к уборке сохранялось, в среднем, от 59 до 96 раст./м². В наибольшей степени число сохранившихся к уборке растений горчицы зависело от способа посева. В среднем за годы исследований число сохранившихся к убор-

Таблица 5.1- Элементы структуры урожая горчицы Сарептской по вариантам опыта

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Число растений к уборке, шт/м ²	Число ветвей на растении, шт.	Количество стручков на растении, шт.	Число зерен в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	62	4,2	55,9	9,2	3,04
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	65	4,5	75,6	9,5	3,32
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	67	4,7	82,1	9,6	3,41
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	68	4,8	82,5	9,7	3,4
	0,3	C1(0)	62	5,7	60,1	9,3	3,06
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	65	6	79,5	9,7	3,35
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	67	6,2	83,2	9,8	3,44
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	67	6,3	81,7	10,2	3,42
	0,45	C1(0)	59	6,4	60,6	9,2	3,1
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	62	6,7	79,6	9,5	3,37
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	63	6,9	86,1	9,7	3,46
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	63	7,1	83,9	9,9	3,46
Вариант А2	0,15	C1(0)	91	5,3	64,8	9,2	3,04
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	95	6	76,7	9,4	3,36
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	96	6,2	85,2	9,6	3,45
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	96	6,3	81,9	9,7	3,45
	0,3	C1(0)	91	6,5	67	9,3	3,07
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	94	7,3	81,5	9,6	3,37
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	95	7,5	85,2	9,9	3,42
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	96	7,5	83,7	10,2	3,44
	0,45	C1(0)	88	7	66,3	9,2	3,11
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	90	7,6	84,5	9,4	3,37
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	91	7,8	90,1	9,6	3,47
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	91	7,9	88,6	9,8	3,48
НСР ₀₅	Фактор А		2,6	0,21	2,4	0,19	0,07
	Фактор В		3,2	0,26	3,0	0,24	0,09
	Фактор С		3,6	0,30	3,4	0,27	0,10
	Для частных средних		8,9	0,72	8,4	0,67	0,24

ке растений горчицы на участках, где посев по мерзлоталой почве проводили обычным способом, не превышало 59-67 шт./м². При переходе на предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве (с поделкой микробороздок) показатели всхожести и сохранности горчицы существенно возрастали, число сохранившихся к уборке растений возрастало до 88-96 шт./м².

Результаты дисперсионного анализа подтвердили существенное влияние на число сохранившихся к уборке растений уровня минерального питания горчицы. Внесение минеральных удобрений дозой N₈₀P₄₀ и N₁₂₀P₇₀ сопровождалось увеличением числа сохранившихся к уборке растений на 4-6 шт./м² (при НСР₀₅ = 3,6 шт./м²). Внесение минеральных удобрений дозой N₄₀P₁₀ в сравнении с вариантами, где минеральные удобрения не вносили, не обеспечило статистически значимого увеличения числа сохранившихся к уборке растений.

Число сохранившихся к уборке растений горчицы на участках с шириной междурядий 0,15 и 0,3 м оставалось практически равным, а единичные зафиксированные различия находились в пределах статической ошибки опыта (НСР₀₅ = 3,2 шт./га). При увеличении ширины междурядий до 0,45 м число сохранившихся к уборке растений сократилось на 3-5 шт./м².

На ветвистость растений ширина междурядий в посевах горчицы оказывала, напротив, наибольшее влияние. Например, на участках, где посев горчицы по мерзлоталой почве проводили обычным способом, увеличение ширины междурядий с 0,15 до 0,3 м сопровождалось повышением ветвистости растений, в среднем, на 1,5 шт. (при НСР₀₅ = 0,26 шт.). При дальнейшем увеличении ширины междурядий, до 0,45 м, средняя ветвистость растений возрастала еще на 0,7-0,8 шт.

Среднее количество ветвей на растении также возрастало с повышением уровня минерального питания и при переходе на предложенный способ посева по мерзлоталой почве. Наибольшее число ветвей, в среднем, 7,5-7,8 шт., растения горчицы в опытах образовывали на участках, где посев проводили по предложенной технологии (с поделкой микробороздок), а удобрения вносили дозой N₈₀P₄₀ или N₁₂₀P₇₀ при ширине междурядий не менее 0,3 м.

Количество развитых стручков на растениях горчицы наиболее сильно изменялось по вариантам опыта. Диапазон варьирования числа стручков, в среднем за годы исследований, был наибольшим в сравнении с другими показателями и охватывал область от 55,9 до 90,1 шт./раст. Именно за счет изменения числа стручков на растении, преимущественно, изменялась урожайность горчицы по вариантам с разной шириной междурядий и уровнем минерального питания. Даже при внесении минеральных удобрений наименьшей в опыте дозой $N_{40}P_{10}$ число стручков на среднем растении горчицы возрастало на 21,6-35,2 %, а при внесении $N_{80}P_{40}$ – число стручков увеличивалось на 27,1-46,8 %. Также некоторое увеличение числа сохранившихся к уборке стручков наблюдалось при увеличении ширины междурядий до 0,3 м и при переходе на предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве.

На число зерен в стручке и вес 1000 семян статистически достоверное влияние оказывали только условия минерального питания. На участках с разной шириной междурядий или при использовании разных способов посева горчицы, изменения этих показателей находились в пределах ошибки опыта.

Число зерен в стручке при возделывании горчицы на фоне естественного плодородия почвы не превышало 9,2-9,3 шт. При внесении удобрений и последовательном увеличении дозы число зерен в стручке возрастало, достигая максимальных значений, 9,7-10,2 шт., при внесении $N_{120}P_{70}$. Для обеспечения наибольшей массы 1000 семян (3,40-3,48 г) минеральные удобрения требовалось вносить дозой $N_{80}P_{40}$ или $N_{120}P_{70}$.

Совокупность элементов структуры урожая определяла уровень продуктивности горчицы в опытных посевах. Уровень продуктивности маслосемян горчицы существенно изменялся как по годам исследований, так и по вариантам опыта (таблица 5.2). Наиболее благоприятные условия для горчицы сложились в 2011 году, урожайность маслосемян по вариантам опыта изменялась от 0,89-2,21 т/га. В 2010 году урожайность горчицы по вариантам изменялась от 0,78 до 1,87 т/га, а в 2012 году – от 0,71 до 1,73 т/га.

Таблица 5.2 – Урожайность горчицы Сарептской в зависимости от способа посева при разных уровнях минерального питания

Способ посева (фактор А)	Ширина междурядий, м (фактор В)	Уровень минерального питания, кг д.в./га (фактор С)	Урожайность, т/га				Дисперсия	Коэффициент вариации, %
			2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднее		
Вариант А1 (контроль)	0,15	С1(0)	0,78	0,89	0,71	0,79	0,008	11,5
	0,15	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,32	1,44	0,92	1,23	0,074	22,1
	0,15	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,60	1,73	1,01	1,45	0,147	26,5
	0,15	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,65	1,78	1,00	1,48	0,174	28,2
	0,3	С1(0)	0,81	0,96	0,74	0,84	0,012	13,4
	0,3	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,43	1,58	0,98	1,33	0,097	23,5
	0,3	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,68	1,78	1,12	1,53	0,126	23,3
	0,3	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,65	1,83	1,10	1,53	0,144	24,9
	0,45	С1(0)	0,75	0,96	0,68	0,80	0,021	18,2
	0,45	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,23	1,63	0,91	1,26	0,130	28,6
	0,45	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,55	1,84	0,98	1,46	0,191	30,0
	0,45	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,54	1,87	0,98	1,46	0,202	30,8
Вариант А2 (посев предложенным способом)	0,15	С1(0)	0,99	1,12	0,89	1,00	0,013	11,5
	0,15	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,48	1,69	1,44	1,54	0,018	8,7
	0,15	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,77	1,99	1,70	1,82	0,022	8,3
	0,15	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,73	2,02	1,68	1,81	0,033	10,1
	0,3	С1(0)	1,05	1,17	0,96	1,06	0,011	9,9
	0,3	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,65	1,86	1,60	1,70	0,019	8,1
	0,3	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,87	2,12	1,73	1,91	0,039	10,3
	0,3	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,84	2,16	1,73	1,91	0,049	11,7
	0,45	С1(0)	0,99	1,18	0,89	1,02	0,021	14,4
	0,45	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,67	1,87	1,42	1,65	0,050	13,7
	0,45	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,87	2,17	1,63	1,89	0,073	14,3
	0,45	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,84	2,21	1,62	1,89	0,088	15,8
НСР ₀₅ , т/га	Фактор А		0,037	0,056	0,041	–	–	–
	Фактор В		0,045	0,069	0,050	–	–	–
	Фактор С		0,052	0,079	0,057	–	–	–
	Для частных средних		0,127	0,194	0,141	–	–	–

Во все годы исследований на участках, где посев по мерзлоталой почве проводили по предложенному способу (с поделкой микробороздок), урожайность была выше, чем при посеве обычным способом. Однако разница в урожайности маслосемян в разные годы исследований была неодинакова. Например, в 2011 году на участках с обычным способом посева урожайность горчицы находилась в пределах 0,89-1,87 т/га, а при внедрении предложенного способа посева – от 1,12 до 2,21 т/га. В 2012 году на участках, где посев горчицы по мерзлоталой почве проводили предложенным способом (с поделкой микробороздок) урожайность маслосемян сохранялась на уровне 0,89-1,73 т/га. При посеве горчицы по мерзлоталой почве обычным способом в том же году урожайность маслосемян не превышала 0,71-1,12 т/га.

В среднем за годы исследований на участках, где посев горчицы проводили обычным способом, урожайность маслосемян изменялась от 0,79 до 1,53 т/га, а при посеве предложенным способом – от 1,0 до 1,91 т/га. Посев по предложенному способу активизирует продукционный процесс горчицы и позволяет более эффективно использовать минеральные удобрения. Например, при внесении удобрений дозой $N_{40}P_{10}$, рассчитанной на формирование планируемого уровня урожайности 1,5 т/га, фактическая урожайность маслосемян горчицы составила, в среднем, 1,54-1,70 т/га на участках, где посев проводили по предложенному способу, и не более 1,23-1,33 т/га – при посеве обычным способом.

При внесении удобрений дозой $N_{80}P_{40}$, рассчитанной на формирование урожайности 2,0 т/га, фактически близкая к планируемому уровню урожайность формировалась при посеве предложенным способом. В среднем за годы исследований урожайность горчицы при таком сочетании факторов составила 1,82-1,91 т/га, а в 2011 году - достигала 1,99-2,17 т/га. При посеве обычным способом и внесении удобрений дозой $N_{80}P_{40}$ урожайность горчицы составила, в среднем 1,45-1,53 т/га. Это определяет целесообразный уровень планирования урожайности маслосемян горчицы сарептской при посеве обычным способом – на уровне 1,5 т/га, а при посеве предложенным способом – на уровне 2,0 т/га.

Изменение ширины междурядий и уровня минерального питания определяло существенную вариацию урожайности горчицы, как при обычном, так и при предложенном способе посева по мерзлоталой почве. Применение методов математической статистики позволило нам оценить совокупное влияние этих факторов и предложить модель для расчета уровня продуктивности горчицы, описывающую установленные закономерности. При посеве горчицы по мерзлоталой почве обычным способом модель представлена неполным полиномом 3 степени вида:

$$Y=a+bs+cs^2+dN+eN^2+fN^3, \quad (5.1)$$

где Y – урожайность маслосемян горчицы, т/га, s – ширина междурядий, м, N – коэффициент, характеризующий режим дополнительного минерального питания, численно равный дозе вносимого минерального азота, кг д.в./га. Параметры уравнения, $a=0,58$, $b=1,79$, $c=-2,94$, $d=0,015$, $e=-9,9 \times 10^{-5}$, $f=1,5 \times 10^{-7}$ – определены методом регрессионного анализа с использованием численного материала экспериментальных исследований.

Для описания закономерностей, установленных при посеве горчицы по мерзлоталой почве предложенным способом (с поделкой микробороздок) наиболее подходит уравнение регрессии следующей формы:

$$Y=a+bs+cs^2+dN+eN^2+fN^3, \quad (5.2)$$

где Y – урожайность маслосемян горчицы, т/га, s – ширина междурядий, м, N – коэффициент, характеризующий режим дополнительного минерального питания, численно равный дозе вносимого минерального азота, кг д.в./га. Параметры уравнения, $a=0,73$, $b=2,03$, $c=-3,0$, $d=0,02$, $e=-0,0001$, $f=2,9 \times 10^{-7}$ – определены методом регрессионного анализа с использованием численного материала экспериментальных исследований.

Коэффициент детерминации предложенных зависимостей находится в пределах 0,84-0,89, что позволяет сделать вывод о возможности их практического применения. Графики приведенных зависимостей представлены на рисунках 5.1-5.2.

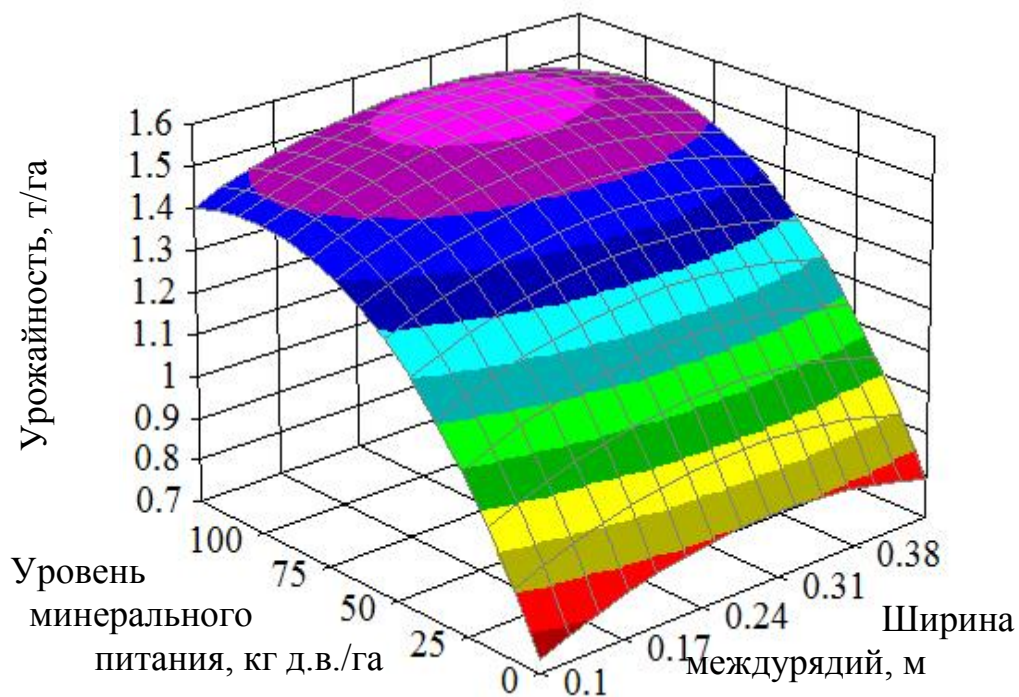


Рисунок 5.1 - График множественной взаимосвязи урожайности, ширины междурядий и уровня минерального питания горчицы при посеве по мерзлоталой почве обычным способом

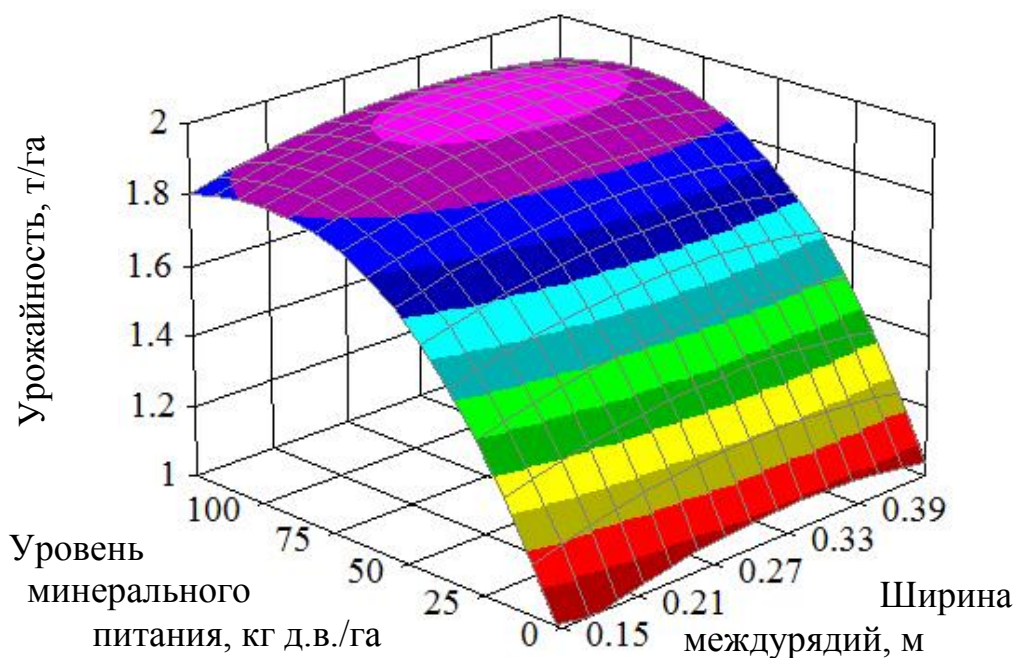


Рисунок 5.2 - График множественной взаимосвязи урожайности, ширины междурядий и уровня минерального питания горчицы при посеве по мерзлоталой почве предложенным способом

Анализ приведенных рисунков визуально подтверждает пропорциональное повышение продуктивности горчицы с переходом на предложенный способ посева по мерзлоталой почве. При этом закономерности изменения урожайности с увеличением ширины междурядий и уровня минерального питания в большей мере сохранялись.

Исследования показали, что для формирования максимальной продуктивности посев горчицы необходимо проводить с шириной междурядий 0,3 м. Такие параметры посева оказались более эффективными как при посеве по предложенному, так и обычным способом. Посев горчицы с шириной междурядий 0,45 м обеспечил лишь некоторое преимущество в хорошо удобренных вариантах в среднем влажном, 2011 году. Однако прибавка урожая, до 0,06 т/га, сравнима с ошибкой опыта, тогда как снижение урожайности на участках этого варианта в 2010 и 2012 годах (до 0,2 т/га) статистически доказано ($НСР_{05} = 0,04-0,06$ т/га).

Статистическая обработка урожайных данных показала усиление вариации продуктивности маслосемян на участках, где посев проводили обычным способом. Коэффициент вариации урожайности горчицы по годам исследований на участках, где посев проводили обычным способом, достигал 11,5-30,8 %, что на 3,5-18,2 % больше, чем при посеве по предложенному способу.

Наибольшая эффективность от внедрения предложенного способа посева обеспечивается при применении удобрений. Так, на неудобренных участках прибавка урожайности маслосемян горчицы от внедрения предложенного способа посева не превышала 0,21-0,22 т/га, при внесении удобрений дозой $N_{40}P_{10}$ – 0,31-0,39 т/га, а при внесении $N_{80}P_{40}$ или $N_{120}P_{70}$ – достигала 0,37-0,43 т/га. Максимальный уровень продуктивности посевов, в среднем, до 1,91 т/га, был достигнут на участках, где посев проводили предложенным способом с шириной междурядий 0,3 м, а удобрения вносили дозой $N_{80}P_{40}$.

Таким образом, внедрение предложенного способа посева по мерзлоталой почве позволяет повысить уровень реализации потенциала продуктивности горчицы сарептской в системе рисового севооборота до 2,0 т/га, обеспечивает повы-

шение устойчивости производства, снижая коэффициент вариации урожайности по годам до 8,3-15,8.

5.2 Технология возделывания горчицы Сарептской в качестве страховой сопутствующей культуры рисового севооборота

В основу технологии возделывания горчицы Сарептской в качестве страховой сопутствующей культуры рисовых севооборотов Калмыкии положены рекомендации по возделыванию горчицы в сухостепных регионах Нижнего Поволжья с посевом в сверхранние сроки (по мерзлоталой почве) при безусловном учете особенностей возделывания сопутствующих культур рисового севооборота.

Ключевой особенностью возделывания сопутствующих культур рисового севооборота является повышенный риск возникновения обстоятельств, когда проведение основной обработки почвы после риса невозможно. В этом случае зябь уходит в зиму не обработанной, а все мероприятия по улучшению агротехнических свойств почвы переносятся на весенний период. Варианты обработки почвы в весенний период при этом ограничены дефицитом естественной влагообеспеченности территории и необходимостью создания условий для максимального сбережения запасов почвенной влаги. Из-за этого проведение весновспашки под сопутствующие культуры рисового севооборота в Калмыкии, как правило, не рекомендуются. Разрабатываемую нами технологию возделывания горчицы в рисовых чеках предлагается использовать именно в этих случаях.

При разработке технологии возделывания горчицы Сарептской в качестве страховой сопутствующей культуры рисовых севооборотов были учтены несколько моментов, которые входят в диссонанс с общепринятыми правилами возделывания этой культуры в сухостепных регионах Нижнего Поволжья.

– во-первых, это касается посева горчицы по мерзлоталой почве. Технология возделывания горчицы с посевом по мерзлоталой почве предусматривает тщательную планировку и обработку почвы в рамках предыдущего агротехнологического цикла. Почва под зябь должна уходить хорошо разрыхленной, без глыб, с выравненной поверхностью и преобладанием агротехнически ценных почвенных агрегатов. При использовании горчицы в качестве страховой сопутствующей

культуры рисовых севооборотов, возможности проведения основной обработки почвы исключаются; соответственно ключевые условия эффективного использования преимуществ сверххранного посева нарушаются;

– во вторых, не реализуется возможность использования рекомендаций по применению минеральных удобрений. Для горчицы рекомендуется применять основное удобрение, вносимое под вспашку почвы под зябь. В случае использования горчицы как страховой культуры рисовых севооборотов возможность внесения удобрений таким способом исключается. Кроме того, важно учитывать, что изменяются условия формирования урожая и реализации потенциала продуктивности горчицы. Исходя из этого, важно определить рациональные объемы использования минеральных удобрений;

– есть возможность посева горчицы по мерзлоталой почве обычными посевными агрегатами, у которых сошники не используются для заделки семян в почву. При этом сохраняется возможность раскладки семян рядками с заданной шириной междурядий. Это ставит задачу оптимизации ширины междурядий при возделывании горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов с посевом по мерзлоталой почве.

Результаты проведенных исследований позволяют оптимизировать ключевые элементы технологии возделывания горчицы Сарептской в качестве страховой сопутствующей культуры рисовых севооборотов.

Практически первой операцией в составе технологии возделывания горчицы как страховой сопутствующей культуры рисового севооборота Калмыкии, является посев. Сверххранные сроки посева приняты в качестве основы технологии, поскольку дают ряд преимуществ, в числе которых:

– возможность использования наиболее благоприятных условий для прорастания семян и получения дружных всходов;

– максимально эффективное использование почвенных влагозапасов на рост и формирование урожая маслосемян;

– уход или снижение уровня вредоносности вредителей и болезней горчицы;

– увеличение продолжительности вегетационного периода и количества утилизированной ФАР (фотосинтетически активной радиации) за счет использования оптимальных режимов светового дня.

Безусловно, при выборе способа посева горчицы важно учитывать региональные почвенные и климатические особенности. Региональной особенностью климата Республики Калмыкия является частая повторяемость засух и сильных ветров, в том числе, ранней весной. Это создает опасность быстрого подсушивания поверхности почвы, в результате чего нарушается процесс прорастания семян горчицы. На территории Калмыкии такие условия повторяются регулярно. Для решения этой проблемы нами разработан способ посева горчицы по мерзлоталой почве, эффективность которого была доказана трехлетним полевым экспериментом. Предложенный способ посева горчицы отличается нанесением микродеформаций по мерзлоталой поверхности поля в зоне последующей раскладки посевного материала. Это позволяет создать зону преимущественного оттаивания и накопления влаги в почве. Последнее обеспечивает благоприятные условия для массового прорастания семян горчицы и получения гарантированных всходов даже в годы со сложно агрометеорологической обстановкой.

Технически нанесение микродеформаций осуществляется при помощи дооборудованных секций используемых в хозяйствах серийных посевных агрегатов. Для этого к секции перед сошником крепится дополнительный рабочий орган, представляющий собой заостренный деформирующий элемент на подпружиненной основе. Для крепления рабочего органа используется съемный механизм. Пружина рабочего органа должна иметь меньшую упругость в сравнении с пружинами, устанавливаемыми на посевных секциях. Этим обеспечивается деформация почвы строго в зоне прохождения сошника и плавное (без отрывов и ударов) движение секции по поверхности поля.

При проведении посева горчицы по мерзлоталой почве стандартными посевными агрегатами с дооборудованными посевными секциями формируется рядковая структура агроценоза. При этом важно определиться с оптимальной шириной междурядий.

Горчица способна адаптироваться к условиям возделывания, существенно изменяя структуру растения. Увеличение площади питания при широкорядном посеве сопровождается усиленным ветвлением растений, тогда как при сокращении междурядного расстояния число ветвей на растении может существенно сокращаться. Вместе с тем, новообразование и развитие ветвей существенно зависит и от условий водного, а также минерального питания. В опытах, существенное повышение продуктивности посева горчицы наблюдалось при увеличении ширины междурядий с 0,15 до 0,3 м, тогда как при повышении междурядного расстояния до 0,45 м урожайность маслосемян начинала снижаться. Формирование оптимальной структуры урожая и общий уровень продуктивности горчицы позволяет нам рекомендовать для рисовых чеков посев горчицы по мерзлоталой почве с междурядным расстоянием 0,3 м.

Применение минеральных удобрений при использовании горчицы в качестве страховой культуры рисового севооборота проблематично из-за невозможности проведения основной и предпосевной обработки почвы, под которые, как правило, и вносятся удобрения. Учитывая, что при посеве горчицы с шириной междурядий 0,3 м проведение междурядных обработок технически не реализуется, возможны следующие способы внесения минеральных удобрений:

– при посеве разбросным способом. При этом большая часть удобрений растворяется при оттаивании почвы и в растворе распределяется по ее горизонтам. Оставшиеся на поверхности питательные элементы заделываются в почву с довсходным боронованием и в последующем переходят в раствор почвенной влаги или влаги атмосферных осадков. Наименее затратный способ. Недостатки: в результате длительного расположения гранул удобрений на поверхности почвы, перехода в раствор на поверхности почвы часть питательных элементов переходит в газообразное состояние и теряется;

– под довсходное боронование разбросным способом. Удобрения заделываются в почву путем проведения довсходного боронования посевов с последующим перераспределением за счет движения почвенной влаги и атмосферных

осадков. Малозатратный способ. Недостатки: необходимость обязательного проведения довсходового боронования;

– путем проведения внекорневых подкормок. При этом минеральные удобрения в слабом растворе наносятся на поверхность вегетирующих растений горчицы путем опрыскивания. Это наиболее эффективный по использованию питательных элементов способ удобрения посевов. Недостатки способа: невозможно внесение минеральных удобрений полной дозой, необходимость проведения многократных опрыскиваний, увеличение затрат материальных ресурсов и энергии.

Опытами доказана эффективность применения минеральных удобрений по горчицу в рисовых чеках с повышением дозы до $N_{80}P_{40}$. Внесение удобрений в случае возделывания горчицы по технологии страховой сопутствующей культуры рисовых севооборотов целесообразно проводить в форме аммофоса. Это одно из наиболее подвижных фосфорных соединений, которое позволяет получить максимальное перераспределение минерального фосфора по профилю почвы при поверхностном внесении. Однако соотношение содержания минеральных форм азота и фосфора в аммофосе не обеспечивает возмещения потребления минерального азота во все фазы роста и развития горчицы. В связи с этим в смеси с аммофосом минеральный азот целесообразно вносить в форме аммиачной селитры. Эти минеральные вещества также можно вносить в подкормку опрыскиванием по вегетирующим растениям. Суммарный объем внесения минеральных удобрений в физическом весе при расчетной дозе $N_{80}P_{40}$ составляет по аммофосу – 80 кг/га, а по аммиачной селитре – до 200 кг/га.

Боронование посевов горчицы необходимо проводить в довсходовый период по мере оттаивания и созревания почвы. Эта операция, кроме заделки удобрений позволяет разрыхлить поверхность почвы и закрыть влагу. Выполняется легкими зубowymi боронами при скорости движения агрегата не более 5-6 км/час.

Гербициды при возделывании горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов целесообразно применять по массовым всходам при активном распространении сорной растительности. Для борьбы с однолетними злаковыми сорняками эффективно применение гербицида Фюзелад супер (12,5 %, КЭ) нор-

мой 1,0-1,5 л/га. При распространении корнеотпрысковых сорняков целесообразно применение гербицида Лонтрел гард (75 %, ВДГ) нормой 0,12 кг/га. Обработка гербицидом Фюзелад супер проводится методом опрыскивания в фазе 2-4 листьев у представителей злаковых сорняков. Применение гербицида Лонтрел гард (75 %, ВДГ) наиболее эффективно в фазе 3-4 листьев у горчицы.

Проведение посева горчицы в сверхранние сроки является одним из эффективных мероприятий защиты растений горчицы от вредителей и болезней, позволяющего уходить от повреждения крестоцветной блошкой. Кроме этого в системе интегрированной защиты горчицы от вредителей и болезней предусматривается следующее:

- реализация принципа пространственной изоляции старых и новых посевов горчицы (на расстояние не менее 1,0-1,5 км);
- соблюдение чередования культур в севообороте при возвращении горчицы на прежнее место не ранее, чем через 4-5 лет;
- формирование посевов с оптимальной для горчицы архитектурой;
- удобрение горчицы;
- применение средств химической защиты.

Из средств химической защиты растений для горчицы обязательно протравливание семян препаратом Фурадан (35 % т.п.) нормой 15 кг/т. Послевсходовые обработки инсектицидами проводятся с учетом экономического порога вредоносности, который для крестоцветной блошки составляет не более 5 жуков на м². Для листогрызущих вредителей экономическим порогом вредоносности считается заселение в пределах 10 жуков на м². Для борьбы с ними целесообразно использовать инсектициды Каратэ (5%, КЭ) нормой 0,1 л/га, фуфанон (50 % КЭ) нормой 0,6-0,8 л/га и Фастак (10 %, КЭ) нормой 0,15-0,2 л/га. Предпочтительнее проведение краевых обработок.

Уборку горчицы можно проводить как отдельным способом, так и прямым комбайнированием. Раздельная уборка может применяться в годы со сложными метеорологическими условиями и при неравномерном созревании семян горчицы. При этом необходимо учитывать опасность разноса валков ветрами, для чего практикуется со-

здание огрехов скашивания до 0,3 м на каждый проход комбайна. Прямое комбайнирование позволяет решить эту проблему, однако может применяться только при равномерном созревании семян на растении и снижении их влажности до 14-18 %.

Таким образом, переход на инновационную технологию посева горчицы по мерзлоталой почве при оптимизации архитектоники посева, режимов минерального питания и соблюдении требований интегрированной защиты растений горчицы от вредителей, болезней и сорной растительности обеспечивает формирование до 2,0 т/га маслосемян. Инновационная технология посева вкупе с оптимизированной архитектоникой посева и научно обоснованными режимами минерального питания при этом составляют основу технологии возделывания горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов Калмыкии.

5.3 Экономическое обоснование сочетания приемов возделывание горчицы в рисовых чеках

Внедрение новых приемов и технологий сельскохозяйственного производства во всех регионах России предусматривает привлечение инвестиционных средств, для чего разработанные проекты должны отличаться инвестиционной привлекательностью. Поэтому оценка инвестиционной привлекательности инновационных приемов возделывания горчицы Сарептской в качестве страховой культуры рисовых севооборотов является необходимой, а показатели инвестиционной привлекательности могут быть использованы в качестве обобщающего критерия эффективности внедряемых инноваций.

При оценке эффективности инвестирования производства семян горчицы в рисовых чеках с учетом возможного ее использования в качестве страховой культуры рисового севооборота необходимым и достаточным является определение следующих показателей:

- объем потребляемых ресурсов, направляемых, в том числе, на освоение инновационных приемов и разработок приемов;
- общий накопленный приток средств по проекту;

– величина чистого дохода по проекту с дисконтированием потоков средств по времени;

– индекс доходности затрат по проекту с учетом дисконтирования потоков средств по времени;

– внутренняя норма доходности проекта;

Все расчеты проведены в действительных ценах на 1.09.2013 г. Затраты оборотных средств, включая семена, горюче-смазочные материалы и пр., амортизация основных средств производства, стоимость труда, затраты на ремонт и эксплуатацию основного фонда рассчитывались в соответствии с установленными нормативами.

Проекты, связанные с производством сельскохозяйственной продукции, обязательно характеризуются площадью внедрения инноваций и расчетным периодом продолжительности реализации проекта. Эти показатели являются основными характеристиками инвестиционного проекта и должны быть объективно обоснованы. В наших расчетах площадь освоения мелиорированных земель рисовых чеков под посевы горчицы принята равной 100 га. Эта площадь равна объему работ, выполняемому за отведенный для посева промежутки времени посевным агрегатом в составе сеялки СЗ-3,6 и энергетического тягового средства класса тяги 1,4. Соответственно затраты на переоборудование сеялки для внедрения инновационной технологии посева горчицы по мерзлоталой почве определялись также для этого агрегата. Расчетный срок реализации проекта может определяться, в частности, продолжительностью участия инвестора в проекте, но не может быть дольше продолжительности срока жизни проекта (технический износ новых орудий труда, моральное старение предложенных технологий). Нами расчетный срок инвестиционного проекта принят равным 3 годам по средней продолжительности инвестирования сельскохозяйственных проектов средствами банковской системы.

Расчеты показали, что затраты денежных средств на реализацию проекта возделывания горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов с внедрением предложенного способа посева по мерзлоталой почве существенно зависят от дозы внесения минеральных удобрений и определяются затратами на пере-

оборудование сеялки (таблица 5.3). Общая стоимость переоборудования сеялки с установкой съемного подпружиненного рабочего органа для поделки микродеформаций почвенного покрова в зоне раскладки посевного материала составляет 43,7 тыс. руб. Однако, при расчетных объемах реализации проекта эта сумма не является значимой статьей расходов. К примеру, для реализации варианта без удобрений на площади в 100 га в течение трех лет требуется израсходовать 1,53 млн. руб. при посеве по обычной технологии и 1,57 млн. руб. при посеве по предложенному способу. Для реализации варианта с внесением минеральных удобрений дозой $N_{120}P_{70}$ на площади в 100 га в течение трех лет потребуется израсходовать уже 3,3 млн. руб. при посеве по обычной технологии и 3,34 млн. руб. при посеве по предложенному способу. Таким образом, применение минеральных удобрений под горчицу является наиболее затратным мероприятием при возделывании в качестве страховой культуры рисового севооборота.

Исследования подтвердили, что горчица является одной из наиболее доходных культур рисового севооборота, обеспечивающей гарантированно рентабельное производство. В опытах, выручка от реализации маслосемян горчицы на всех вариантах опыта превышала затраты на возделывание. Расчеты по определению выручки от реализации урожая проводили исходя из фактической цены реализации товарных маслосемян 11 тыс. руб./т. Норма дисконта в расчета принята равной 12 % (0,12) и характеризует минимальный допустимый уровень доходности инвестиционного проекта.

При реализации вариантов выращивания горчицы без применения минеральных удобрений выручка от реализации урожая с площади 100 га за 3 года с учетом дисконтирования составляет 2,09-2,80 млн. руб., что на 0,55-1,22 млн. руб. больше, чем затраты по проекту. Повышение дозы внесения удобрений, наряду с существенным ростом затрат на производство, сопровождается гарантированной прибавкой урожайности и выручки от реализации продукции. Наибольший чистый дисконтированный доход по проекту, 1,17-2,34 млн. руб., при прочих равных условиях обеспечивается при внесении минеральных удобрений дозой $N_{80}P_{40}$.

Таблица 5.3 - Показатели инвестиционной привлекательности проектов использования горчицы Сарептской в качестве страховой культуры рисовых севооборотов (расчетная площадь – 100 га, расчетный период – 3 года)

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Накопленный отток, тыс. руб./га		Накопленный приток, тыс. руб./га	Чистый дисконтированный доход, тыс. руб./га	Индекс доходности дисконтированных затрат	Внутренняя норма доходности, %
			всего	в том числе инвестиции на переоборудование сеялки				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	1533,3	0	2087,2	553,9	1,36	53
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2133,2	0	3249,7	1116,5	1,52	71
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2663,2	0	3830,9	1167,7	1,44	61
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	3300,7	0	3910,2	609,5	1,18	33
	0,3	C1(0)	1533,3	0	2219,3	686	1,45	62
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2133,2	0	3513,9	1380,7	1,65	84
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2663,2	0	4042,3	1379,1	1,52	70
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	3300,7	0	4042,3	741,6	1,22	37
	0,45	C1(0)	1533,3	0	2113,6	580,3	1,38	54
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2133,2	0	3328,9	1195,7	1,56	75
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2663,2	0	3857,3	1194,1	1,45	62
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	3300,7	0	3857,3	556,6	1,17	31

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант А2	0,15	C1(0)	1577	43,7	2642	1065	1,68	85
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2176,9	43,7	4068,7	1891,8	1,87	107
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2706,9	43,7	4808,5	2101,6	1,78	97
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	3344,4	43,7	4782	1437,6	1,43	59
	0,3	C1(0)	1577	43,7	2800,5	1223,5	1,78	96
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2176,9	43,7	4491,4	2314,5	2,06	128
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2706,9	43,7	5046,2	2339,3	1,86	107
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	3344,4	43,7	5046,2	1701,8	1,51	68
	0,45	C1(0)	1577	43,7	2694,9	1117,9	1,71	89
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2176,9	43,7	4359,3	2182,4	2	121
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2706,9	43,7	4993,4	2286,5	1,84	105
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	3344,4	43,7	4993,4	1649	1,49	66

Реализация вариантов с предложенным способом посева горчицы по мерзлоталой почве, в сочетании с применением минеральных удобрений, позволяет увеличить чистый дисконтированный доход, и получить с площади 100 га за 3 года от 1,89 до 2,34 млн. руб. Прибавка чистого дисконтированного дохода в сравнении с вариантами, где посев горчицы проводили обычным способом, составляет 0,51-1,09 млн. руб.

При прочих равных условиях наибольший чистый дисконтированный доход от реализации инвестиционного проекта обеспечивается при посеве горчицы с шириной междурядий 0,3 м. В сочетании с внесением минеральных удобрений дозой $N_{80}P_{40}$ при использовании предложенного способа посева по мерзлоталой почве это обеспечивает формирование наиболее выгодных проектов, с чистым дисконтированным доходом 2,34 млн. руб.

Индекс доходности затрат характеризует соотношение величин доходности и затрат по инвестиционному проекту. Если значения чистого дисконтированного дохода по проекту характеризуют общую полученную прибыль с установленной площади за расчетный промежуток времени, то значения индекса доходности затрат существенно зависят от общих объемов затрат на инвестиционный проект. В наших расчетах индекс доходности затрат определялся с учетом дисконтирования денежных потоков.

Расчеты показали, что для формирования инвестиционных проектов возделывания горчицы в рисовых чеках с наибольшим индексом дисконтированных затрат и максимальной внутренней нормой доходности дозу внесения минеральных удобрений следует ограничивать $N_{40}P_{10}$. При таком уровне минерального питания для формирования наибольшего индекса доходности дисконтированных затрат, 2,06, и максимальной внутренней нормы доходности, 128 %, требуется освоить предложенный способ посева горчицы по мерзлоталой почве рисовых чеков с шириной междурядий 0,3 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретическими и экспериментальными исследованиями доказано, что агро-биологические свойства горчицы при адаптации технологии посева по мерзлоталой почве позволяют использовать ее в качестве страховой культуры, вводимой в севооборот в ситуации, когда невозможно проведение основной обработки почвы после уборки риса. Разработка и внедрение способа посева горчицы по мерзлоталой почве, отличающегося нанесением микродеформаций по мерзлоталой поверхности поля в зоне последующей раскладки посевного материала, обеспечивает возможность получения дружных всходов с формированием оптимальной структуры посева независимо от складывающихся погодных условий. Использование предложенного способа посева в совокупности с внесением минеральных удобрений позволяет при норме высева 1,2 млн. сем/га сохранить к уборке до 95-96 шт/м² продуктивных растений с высокой равномерностью распределения по площади поля. Это на 41-46 % больше, чем при использовании обычного способа посева горчицы по мерзлоталой почве.

Использование предложенного способа посева позволяет активизировать все показатели роста и фотосинтеза горчицы Сарептской, увеличивая на 2-5 суток продолжительность вегетационного периода, на 4-8 см среднюю высоту растений, на 0,32-0,74 т/га – сухую массу корневой системы, на 178-331 тыс. м² дн./га – фотосинтетический потенциал и на 0,12-0,26 г/м² в сут. – среднюю продуктивность фотосинтеза посева. В совокупности это позволяет сформировать посевы, накопленная сухая масса которых на 0,89-1,72 т/га больше, чем при посеве горчицы по мерзлоталой почве обычным способом.

Повышение уровня минерального питания горчицы Сарептской в рисовых чеках за счет внесения минеральных удобрений дозой до N₈₀P₄₀ увеличивает продолжительность вегетационного периода на 3-7 суток, линейный рост растений – на 6,6-9,1 %, массу сухих корней – на 28,4-35,5 %, фотосинтетический потенциал посева – на 398-538 тыс. м² дн./га при росте продуктивности фотосинтеза на 0,37-0,45 г/м². В совокупности это позволяет сформировать посевы, накопленная су-

хая масса которых на 2,15-2,97 т/га больше, чем при возделывании горчицы на фоне естественного плодородия почвы.

Наибольшая фотосинтетическая активность посевов горчицы при возделывании в рисовых чеках Калмыкии обеспечивается при ширине междурядий 0,3 м. Это обеспечивает увеличение фотосинтетического потенциала посева на 32-102 тыс. м²дн./га при совокупном росте продуктивности фотосинтеза на 0,03-0,11 г/м² в сут. в сравнении с посевом горчицы через 0,15 или 0,45 м.

Почвенная влага посевами горчицы Сарептской наиболее активно используется до глубины 1,0 м, потребляя из этих горизонтов, в среднем, 1370-1762 м³/га воды. Это составляет 42,4-46,7 % от суммарного водопотребления посевов. Усиление режима минерального питания горчицы за счет внесения минеральных удобрений дозой до N₈₀P₄₀ и переход на предложенный способ посева по мерзлоталой почве при общем росте биопродуктивности растений сопровождается ростом суммарного водопотребления посевов. Повышение уровня минерального питания сопровождается увеличением суммарного водопотребления на 180-220 м³/га; переход на предложенный способ посева – на 310-360 м³/га. Совокупное увеличение суммарного водопотребления достигает 540 м³/га или 16,7 %.

Наиболее эффективно, 1985-1987 м³/т, вода в рисовых чеках на формирование урожая маслосемян горчицы расходуется при внесении минеральных удобрений дозой, не менее N₈₀P₄₀ и посеве по мерзлоталой почве предложенным способом с шириной междурядий 0,3 м.

Посевы горчицы наибольшей продуктивности, 1,73-2,16 т/га, формируются при посеве по мерзлоталой почве предложенным способом с шириной междурядий 0,3 м и внесением минеральных удобрений дозой N₈₀P₄₀ или N₁₂₀P₇₀. При посеве горчицы по мерзлоталой почве обычным способом с сохранением прочих равных условий урожайность маслосемян формируется на уровне 1,53 т/га. Урожайность горчицы возрастает за счет усиления ветвления растений, увеличения числа сохранившихся стручков на растении, увеличения числа и массы семян в стручке. Посевы наибольшей продуктивности обеспечиваются при сохранении 95-96 раст./м², формировании, в среднем, 7,5 ветвей и 83,7-75,2 стручков на расте-

нии, 9,9-10,2 семян в стручке при массе 1000 семян 3,42-3,44 г.

Инвестирование средств на внедрение предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве экономически выгодно. Прибавка чистого дисконтированного дохода от внедрения предложенного способа для проекта с расчетным сроком реализации 3 года и расчетной площадью 100 га составляет 0,51-1,09 млн. руб. Проекты с наибольшим уровнем чистого дисконтированного дохода, 2,34 млн. руб., можно реализовать при использовании предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве с шириной междурядий 0,3 м и внесении минеральных удобрений дозой $N_{80}P_{40}$. Для реализации проектов с наибольшим индексом доходности дисконтированных затрат, 2,06 и внутренней нормой доходности, 128 %, дозу внесения минеральных удобрений целесообразно снижать до $N_{40}P_{10}$.

С учетом вышеизложенного для формирования урожайности маслосемян на уровне 1,9 т/га и получения наибольшего чистого дисконтированного дохода от инвестирования средств в производство при использовании горчицы Сарептской в качестве страховой культуры в системе рисовых севооборотов рекомендуется соблюдать следующее:

- использовать предложенный способ посева горчицы, отличающийся нанесением микродеформаций по мерзлоталой поверхности поля в зоне последующей раскладки посевного материала, что обеспечивает равномерные дружные всходы и сохранение оптимальной структуры посева к уборке независимо от складывающихся погодных условий;

- посев проводить с шириной междурядий 0,3 м, что обеспечивает лучшие показатели структуры урожая;

- минеральные удобрения вносить дозой $N_{80}P_{40}$, что позволяет существенно активизировать фотосинтетическую деятельность и накопление биомассы посева, тем самым, увеличивая уровень потенциальной продуктивности.

Для обеспечения максимального индекса дисконтированных затрат и внутренней нормы доходности проектов инвестирования производства горчицы в рисовых чеках дозу внесения минеральных удобрений целесообразно снижать до $N_{40}P_{10}$, что обеспечивает формирование урожайности маслосемян на уровне 1,7 т/га.

Литература:

1. Абакумов, И. Размещение масличных культур в России / И. Абакумов // Экономика сельского хозяйства России. – 2011. – N 10. - С. 48-59
2. Агроклиматический справочник Калмыцкой АССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 171 с.
3. Адьяев, С.Б. Стратегия повышения эффективности рисовых оросительных систем в Сарпинской низменности / С.Б. Адьяев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, В.А. Сазанова // Инновационные технологии повышения эффективности мелиоративных систем и безопасности гидротехнических сооружений. - Волгоград: Поволжский институт эколого-мелиоративных технологий. – 2010. - С. 29-33
4. Адьяев, С.Б. Рекомендации по возделыванию сопутствующих культур рисовых севооборотов Сарпинской низменности / С.Б. Адьяев, Г.Н. Кониева, В.В. Цыбулин, И.А. Ниджляева, А.Б. Хаваев – Элиста: КФ ГНУ ВНИИГИМ, 2007. – 34 с.
5. Александрова, Л.Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы / Л.Н. Александрова – М., М. 1957.- 214 с.
6. Алпатьев, А.М. Влагооборот культурных растений / А.М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 248 с.
7. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М: Изд. МГУ, 1961. – 340 с.
8. Асхабов, Р.Ю. Роль пожнивной сидерации в повышении продуктивности насыщенных зерновых севооборотов / Р.Ю. Асхабов – М, 1986. - 17 с.
9. Безднина, С.А. Экосистемное водопользование / С.А. Безднина – М.: изд. «РОМА», 1997. – 137 с.
10. Беляков, А.М. Повышение эффективности адаптивно-ландшафтного земледелия в условиях рынка / А.М. Беляков, В.И. Буянкин, О.Н. Гурова, П.А. Смутнев // Земледелие. – 2011. – N 1. - С. 6-9
11. Борисенко, И.Б. Малозатратная технология возделывания горчицы / И.Б. Борисенко, В.М. Протопопов, В.М. Дринча // Вестник АПК Волгоградской области. – 2009. – N 5. - С. 18-20

12. Бородычев, В.В. Возделывание ярового рыжика и горчицы в рисовых чеках / В.В. Бородычев, С.Б. Адьяев, А.В. Левина, Е.А. Дубина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – N 1. - С. 9-17

13. Бородычев, В.В. Комплексная оценка технологии возделывания сопутствующих культур рисового севооборота / В.В. Бородычев, С.Б. Адьяев, И.А. Ляпкосова // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: проблемы и перспективы. – Минск: Институт мелиорации Национальной академии наук Беларуси, 2007. - С. 41-44

14. Бородычев, В.В. Адаптивные технологии возделывания сопутствующих культур рисовых севооборотов Сарпинской низменности : монография / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, С.Б. Адьяев, Г.Н. Кониева, И.А. Ниджляева – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. - 221 с.

15. Бородычев, В.В. Продуктивность и качественные показатели семян горчицы сарептской в рисовых севооборотах Калмыкии / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, В.В. Цыбулин // Плодородие. – 2013. – N 1. - С. 30-32

16. Бородычев, В.В. Водный режим и продуктивность горчицы сарептской в рисовых чеках / В.В. Бородычев, А.В. Левина, С.Б. Адьяев // Плодородие. – 2011. – N 1. - С. 11-13

17. Бородычев, В.В. Эколого-энергетическая эффективность рисовых агроландшафтов Сарпинской низменности / В.В. Бородычев, А.В. Левина, Э.Б. Дедова, Е.Н. Очирова // Плодородие. – 2011. – N 2. - С. 21-22

18. Бородычев, В.В. Новые сопутствующие культуры в рисовых севооборотах / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, Т.В. Репенко, А.В. Кравченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – N 3. - С. 19-21

19. Бородычев, В.В. Новая технология возделывания горчицы в рисовых чеках Калмыкии / В.В. Бородычев, В.В. Цыбулин // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур: материалы международной научно-практической конференции. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. – С. 4-9

20. Бородычев, В.В. Способ посева горчицы по мерзлоталой почве / В.В. Бородычев, В.В. Цыбулин // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур: материалы международной научно-практической конференции. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. – С. 45-50
21. Буянкин В.И. Новые сорта горчицы сизой на юге России / В.И. Буянкин // Масла и жиры. – 2009. – N 12. - С. 16-17
22. Буянкин, В.И. Рекомендации по возделыванию горчицы Сарептской в Волгоградской области / В.И. Буянкин. – Волгоград: ЗАО «Группа Сарепта», 2000. – 32 с.
23. Вадюнина, А.Ф. Методы исследований физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина – М.: Высшая школа, 1961. – 345 с.
24. Вериго, С.А. Почвенная влага. / С.А. Вериго, Л.А. Разумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 328 с.
25. Виленский, П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. Учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк - М.: Дело, 2004. – 888 с.
26. Вознюк, С.Т. Мелиоративное почвоведение с основами гидрологии / С.Т. Вознюк, П.К. Кузьмич, В.Г. Крыштоф – Львов: Вища шк., 1986. - 264 с.
27. Воложенин, А.Г. К вопросу о севообороте при культуре риса / А.Г. Воложенин - Владивосток, 1931. -157 с.
28. Воробьев, С.А. Практикум по земледелию / С.А. Воробьев. – М.: Колос, 1971. – С. 133-136.
29. Воробьев, С.А. Практикум по земледелию / С.А. Воробьев, В.Е. Егоров. – М.: изд. Колос, 1967. – 318 с.
30. Вуколов, Э.А. Основы статистического анализа: практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов Statistica и Excel / Э.А. Вуколов – М.: Форум, 2004. – 464 с.
31. Галиулин, Р.В. Особенности фитоэкстракции тяжелых металлов из загрязненных почв / Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина // Агрехимия. – 2010. – N 11. - С. 80-84

32. Говоров, С.А. Крестоцветные культуры: роль в агроценозах, технология выращивания и хозяйственное использование / С.А. Говоров – Нальчик: Полиграфсервис, 2005. - 83 с.
33. Горбаченко, Ф.И. Селекция масличных культур на Дону в связи с изменением погодно-климатических условий / Ф.И. Горбаченко, О.Ф. Горбаченко, Е.В. Картамышева, Т.Н. Лучкина // Зерновое хозяйство России. – 2011. – N 5. - С. 41-44
34. Горлов, С.Л. Реализация потенциальной семенной продуктивности завязи горчицы сарептской (*Brassica juncea* L.) при свободном цветении и самоопылении / С.Л. Горлов, В.С. Трубина // Масличные культуры. – 2011. – Вып. 1. - С. 52-54
35. Горчица сарептская в Волгоградской области. – М.: Колос, 1984. - 1 л.
36. ГОСТ 9159-71. Семена горчицы (промышленное сырье). Требования при заготовках и поставках. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. - 4 с.
37. Грингоф, И.Г. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том I: Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия / И.Г. Грингоф, А.Д. Клещенко. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – 808 с.
38. Гринин, А.Л. Сравнительный анализ физиологических механизмов солеустойчивости различных сортов горчицы / А.Л. Гринин, И.А. Коршунов, В.П. Холодова, В.В. Кузнецов // Вестник Российского университета дружбы народов. – Москва. – 2010. – N 1. - С. 27-38
39. Дегтярева, Е.Т. Агропроизводственная группировка и характеристика почв / Е.Т. Дегтярева. – Волгоград: Нижне-Волж. кн. изд-во, 1981. - 160 с.
40. Дедова, Э.Б. Адаптивные технологии возделывания сопутствующих культур в рисовых севооборотах Калмыкии / Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, И.А. Ниджляева // Инновационные технологии повышения эффективности мелиоративных систем и безопасности гидротехнических сооружений Волгоград: Поволжский институт эколого-мелиоративных технологий. – 2010. - С. 128-133
41. Дедова, Э.Б. Солеустойчивость крестоцветных культур на ранних этапах развития / Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева // Международная научная конференция

"Наукоемкие технологии в мелиорации": материалы. – Москва: ВНИИГиМ, 2005.
- С. 295-299

42. Дедова, Э.Б. Технология возделывания горчицы сарептской в рисовых севооборотах Калмыкии / Э.Б. Дедова, Г.Н.Кониева // Биологические основы устойчивого развития Волго-Каспийского природного комплекса. – Москва: ПНИИАЗ, 2006. – Ч. 1. - С. 252-255

43. Дедова Э.Б., Сазанов М.А., Кониева Г.Н., Адьяев С.Б. Сопутствующие культуры в рисовых севооборотах Калмыкии / Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, Г.Н. Кониева, С.Б. Адьяев // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы с.-х. производства. – Рязань: Рязанская ГСХА, 2003. – Вып. 7. – Ч. 1. - С. 96-98

44. Демкин, О.В. Состояние и перспективы развития мелиорации в Республике Калмыкия / О.В. Демкин, Л.В. Руднева // Проблемы мелиорации и орошаемого земледелия юга России.- М.:РАСХН.- 2001.-С.194-205

45. Дмитриев, Е.А. Использование статистических методов при проведении режимных наблюдений / Е.А. Дмитриев // Принципы организации и методы стационарного изучения почв. - М.: Наука, 1979. - С. 302-395

46. Добровольский Г.В., Трофимов С.Я. Систематика и классификация почв / Г.В. Добровольский, С.Я. Трофимов. – М.: МГУ, 1996. – 80 с.

47. Долгов, С.И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений / С.И. Долгов. – М.-Л.: – Изд.: АН СССР, 1948. – 287 с.

48. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1979. - 416 с.

49. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

50. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.

51. Дубенок, Н.Н. Урожайность и оценка агроприемов возделывания горчицы сарептской в рисовых чеках / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, С.Б. Адьяев, Е.А.

Стрижакова, А.В. Левина // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – N 11. - С. 38-41

52. Дурынина, Е.П. Агрохимический анализ почв, растений, удобрений / Е.П. Дурынина, В.С.Егоров. – М.: МГУ, 1998. – 113 с.

53. Злепкин, А.Ф. Влияние концентрата кормового из растительного сырья "Сарепта" на химический состав мяса свиней / А.Ф. Злепкин, В.А. Злепкин, Д.А. Злепкин, Ю.А. Матвеев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – N 1(17). - С. 96-99

54. Зорикова, А.А. Кормовая ценность высокобелковых культур / А.А. Зорикова // Кормопроизводство. – 2010. – N 6. - С. 7-8

55. Интенсивная технология возделывания горчицы сарептской: Рекомендации. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 26 с.

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

57. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 756: Капустные растения рода Brassica L.. –Санкт-Петербург, 2004. - 53 с.

58. Кауричев, И.С. Практикум по почвоведению /И.С. Кауричев.- М.: 1968, - 264 с.

59. Качинский, Н.А. Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1970. – 340 с.

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

61. Классификация и диагностика почв СССР / сост. В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова. – М.: Колос, 1977. – 224 с.

62. Кобзаренко, В.И. Методика и техника полевых опытов с удобрениями / В.И. Кобзаренко, И.Н. Батура. – Москва: Изд-во РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. - 113 с.

63. Ковриго, В.П. Почвоведение с основами геологии / В.П. Ковриго, И.С. Кауричев, Л.М. Бурлакова. – М.: Колос, 2000. – 416 с.
64. Костяков, А.Н. Избранные труды / А.Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1961. – Т. 1, 2. – 743 с.
65. Красавина, Н.Ю. Формирование и функционирование сорной растительности в севооборотах / Н.Ю. Красавина // Адаптивное кормопроизводство: проблемы и решения (к 80-летию ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса). – М: ФГНУ «Росинформагротех», 2002.- С. 146-149
66. Крейера, К.Г. Практикум по агрохимическому анализу почв / К.Г. Крейера. – Спб., 1992. - 83 с.
67. Кружилин, А.С. Корневая система и продуктивность орошаемых культур / А.С. Кружилин. – М.: Наука, 1983. – 235 с.
68. Кружилин, И.П. Агротелиоративная оценка влагообеспеченности территории Нижнего Поволжья / И.П. Кружилин. – Волгоград, 1976. – 65 с.
69. Кузнецов, М.Ф. Химический анализ почв и растений в экологических исследованиях / М.Ф. Кузнецов. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 1997. - 102 с.
70. Кушнир, А.С. Особенности технологии возделывания горчицы сизой на семена / А.С. Кушнир // Сборник научных докладов 9-й международной школы молодых ученых "Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства". – Волгоград: Нижне-Волжский НИИСХ, 2009. - С. 113-117
71. Кушнир, А.С. Резервы увеличения масличной продукции в Волгоградской области / А.С. Кушнир // Научно-агрономический журнал. – 2011. – N 1. - С. 39-40
72. Лакин, Г.Ф. Биометрия: издание четвертое, переработанное и дополненное / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.
73. Лопаткина, Е.Д. Урожайность и питательная ценность промежуточных культур / Е.Д. Лопаткина, О.В. Эсенкулова, Т.В. Петрова // Инновационному раз-

виту АПК и аграрному образованию - научное обеспечение – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2012. – Т. 1. - С. 104-108

74. Лосев, А.П. Практикум по агрометеорологическому обеспечению растениеводства / А.П. Лосев. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1994. – 245 с.

75. Лошаков, В.Г. Роль пожнивной сидерации в биологизации земледелия / В.Г. Лошаков, Ю.Н. Синих, С.С. Солдатова // Доклады ТСХА. – 2010. – Вып. 282. – Ч. 1. - С. 313-317

76. Лукомец, В.М. Научное обеспечение производства масличных культур в России / В.М. Лукомец. – Краснодар: ВНИИМК, 2006. - 100 с.

77. Лукомец, В.М. Перспективная ресурсосберегающая технология производства горчицы : методические рекомендации / В.М. Лукомец. – Москва: Росинформагротех, 2010. - 55 с.

78. Лукомец, В.М. Н.Г. Практическое руководство по возделыванию яровой горчицы сарептской / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев, Н.Г. Коновалов. – Краснодар, 2003. - 24 с.

79. Лукомец, В.М. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов, В.Т. Пивень, Уго Торо Корреа, И.И. Шуляк // Краснодар: ВНИИМК, 2007. - 112 с.

80. Медведев, Г.А. Особенности возделывания горчицы на каштановых почвах Волгоградской области / Г.А. Медведев, Н.Г. Екатериничева, Д.Е. Михальков // Вестник АПК Волгоградской области. – №6. -С. 2-3.

81. Медведев, Г.А. Горчица / Г.А. Медведев, Н.Г. Екатериничева, Д.Е. Михальков. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. – 151 с.

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

83. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – Ленинград.: Колос, 1980. – 168 с.

84. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, зернобобовые, масличные и кормовые культуры. – М.: Колос, 1971. – 240 с.
85. Методика полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: Колос, ВНИИ кормов им Вильямса В.Р. – 1972. – 153 с.
86. Минкевич, И.А. Масличные культуры / И.А. Минкевич, В.М. Барковский. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 426 с.
87. Михальков, Д.Е. Совершенствование технологий возделывания масличных культур в Волгоградской области / Д.Е. Михальков, Е.В. Мищенко // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2010. – № 3. – С. 27-29
88. Монастырский, В.А. Рост, развитие сидеральных культур и их влияние на агрохимические свойства орошаемых черноземов ростовской области / В.А. Монастырский, А.Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – № 2(10). – С. 21-31
89. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович. – М.: АН СССР, 1961. – 136 с.
90. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А.А. Ничипорович. // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 20.
91. Обухов, В.М. Урожайность и метеорологические факторы. / В.М. Обухов – М.: Госпланиздат, 1949. – 95 с.
92. Одум, Ю.Г. Основы экологии / Ю.Г. Одум. – М.: Мир, 1975. – 150 с.
93. Осик, Н.С. Особенности химического состава семян и масла горчицы Сарептской / Н.С. Осик, И.П. Шведов // Известия вузов: пищевая технология. – 2000. – №4. – С. 20-23
94. Осик, Н.С. Метод быстрой оценки общего содержания глюкозинолатов в семенах капустных для целей селекции / Н.С. Осик, В.П. Швецова // Бюллетень НТИ ВНИИМК. — 1995. — Вып. 6. — С. 98-99.

95. Павлова, М.С. Практикум по агрометеорологии / М.С. Павлова. – М.: 1974. – 214 с.
96. Плохинский, Н.А. Алгоритмы биометрии / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Московского университета, 1980. – 150 с.
97. Плюснин, И.И. Мелиоративное почвоведение / И.И. Плюснин, А.И. Голованов. – Москва: Колос, 1983. - 318 с.
98. Подольская, Т.В.. Динамика грунтовых вод в посевах сопутствующих культур рисового севооборота / Т.В. Подольская, А.В. Левина // Интеграционные процессы в науке, образовании и аграрном производстве - залог успешного развития АПК. – Волгоград: ВолГАУ. – 2011. – Т.1. - С. 242-244
99. Поляков, Ю.П. Улучшение использования мелиорируемых земель. / Ю.П. Поляков // Вестник с.-х. науки. – 1978. – № 2. – С. 75-92
100. Практикум по физиологии растений: 3-е издание, переработанное и дополненное/ под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
101. Процко, М.Т. Лабораторно-практические занятия по агрономическому и мелиоративному почвоведению / М.Т. Процко, А.И. Цуканова. – Волгоград: ВСХИ, 1979 – 40 с.
102. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Изд. Колос. – 1964. – 316 с.
103. Роде, А.А. Основы учения о почвенной влаге / А.А. Роде. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 287 с.
104. Романенко, Г.А. Агропромышленный комплекс России. Состояние, место в АПК мира / Г.А Романенко, А.И Тютюнников, В.Г Поздняков, А.А. Шутьков. – М. РАСХН, 1999.- 540 с.
105. Русакова, Г.Г. Горчица / Г.Г. Русакова. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. - 597 с.
106. Русакова, Г.Г. Семена горчицы и продукты их переработки - ценный корм для сельскохозяйственных животных и птицы / Г.Г. Русакова. - Волгоград: ИКЦ ООО “Фирма Л.Б.Ф.”, 1998. — 92 с.
107. Семенов, В.А. Качественная оценка сельскохозяйственных земель / В.А. Семенов. – Л.: Колос, 1970. – 113 с.

108. Синих, Ю.Н. Воспроизводство плодородия дерново-подзолистых почв при использовании пожнивной горчицы и соломы в полевых севооборотах Центрального Нечерноземья / Ю.Н. Синих. – Москва: ВНИИА, 2011. - 208 с.
109. Синих, Ю.Н. Промежуточные культуры - фактор экологически безопасного земледелия / Ю.Н. Синих // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – № 3. - С. 33-37
110. Справочник “Земельные ресурсы Республики Калмыкия”. – Элиста, Калмыцкое предприятие ЮжНИИгипрозем, 1999.-126 с.
111. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. М.: Колос, 1964. – 280 с.
112. Стернзат, М.С. Метеорологические приборы и измерения. / М.С. Стернзат. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 386 с.
113. Трубина, В.С. Эффективность использования принудительного самоопыления в селекции озимой горчицы сарептской / В.С. Трубина // Сборник материалов 5-й международной конференции молодых ученых и специалистов "Перспективные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур". – Краснодар: ВНИИМК, 2009. - С. 233-236
114. Уджуху, А.Ч. Почвенное плодородие и продуктивность культур в рисовом севообороте / А.Ч. Уджуху, В.А. Масливец – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 377 с.
115. Уджуху, А.Ч. Регулирование почвенного плодородия в рисовых севооборотах / А.Ч. Уджуху, В.Ф. Шащенко. - Краснодар. - 2003.-238 с.
116. Филин, В.И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая / В.И. Филин. – Волгоград: ВГСХА, 1994. – 274 с.
117. Фисюнов, А.В. Справочник по борьбе с сорняками / А.В. Фисюнов – М.: Колос, 1984. – 255 с.
118. Харченко, Л.Н. Влияние географических зон выращивания на содержание жирного и эфирного масел в семенах / Л.Н. Харченко, В.Ф. Шавло // Бюллетень НТИ ВНИИМК. — Краснодар, 1975. — № 3. – С. 46-49.

119. Центральная база статистических данных [электронный ресурс], 2011. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi> (дата обращения 8.11.2013)

120. Шатилов, И.С. Руководство по программированию урожаев / И.С. Шатилов, А.И. Столяров. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 151 с.

121. Шевелуха, В.С. Закономерности ростовых процессов и продуктивности сельскохозяйственных растений / В.С. Шевелуха // Физиологические основы повышения продуктивности зерновых культур. – М.: Колос, 1975. – С. 25-34.

122. Шевцова, Л.П. Биологический потенциал и продуктивность горчицы сарептской в степном Поволжье / Л.П. Шевцова // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства. – Саратов: СГАУ, 2010. - С. 221-223

123. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 2005. - 430 с.

124. Шеин, Е.В. Методы оценки и прогноза агрофизического состояния почв / Е.В. Шеин, С.И. Зинченко, М.В. Банников, М.А. Мазиров, А.И. Поздняков – Владимир: ГНУ Владимирский НИИСХ, 2009. - 106 с.

125. Шурупов, В.Г. Горчица сарептская / В.Г. Шурупов, Е.В. Картамышева – Ростов н/Д: Всероссийский НИИ масличных культур, 1997. - 53 с.

126. Эседуллаев, С.Т. Сравнительная эффективность способов внесения минеральных удобрений под капустные культуры в Верхневолжье / С.Т. Эседуллаев // Кормопроизводство. – 2012. – N 9. - С. 18-19

127. Юдин, Ф.А. Методика агрохимических исследований / Ф.А. Юдин – М.: Колос, 1980. – 366 с.

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

129. Ali, A. Bio-efficacy of some plant leaf extracts against mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. on Indian mustard, *Brassica juncea* / A. Ali, P.Q. Rizvi, F.R. Khan // Inst.

of plant protection, Polish acad. of science. - Poznan-Warsaw. – 2010. – Vol. 50. – N 2. - P. 130-132

130. Badr-uz-Zaman Role of Ca²⁺ on Growth of Brassica campestris L. and B. juncea (L.) Czern & Coss under Na⁺ Stress / Badr-uz-Zaman, M. Salim, R. Asghar // Journal of integrative Plant Biology. – 2010. – Vol.52. –N 6. - P. 549-555.

131. Islam, M.S. Correlation and path coefficient analysis in fat and fatty acids of rapeseed and mustard / M.S. Islam, L. Rahman, M.S. Alam // Bangladesh J. agr. Res.. – 2009. – Vol.34. – N 2. - P. 247-253

132. Kurowski, T.P. The effectiveness of the biological control of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in Brassicaceae plants / T.P. Kurowski, B. Majchrzak, E. Kowalska // Phytopathologia. – 2009. – 52. - P. 5-12

133. Mahimairaja, S. Phytoremediation of Arsenic-Contaminated Soil and Water / S. Mahimairaja, N.S. Bolan // Pedologist. – 2011. – Vol.54. – N 3. – P. 241-248

134. Smolinska, U. Effect of rape and mustard seed meals on Verticillium wilt of pepper / U. Smolinska, B. Kowalska, W. Kowalczyk, M. Horbowicz // Vegetable crops research bull. – Skierniewice, 2010. – Vol. 73. - P. 119-132

135. Stenitzer, E. Ein numerisches Model zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes und des Pflanzenertrages eines Standortes / E. Stenitzer – Petzenkirchen, 1988. - 203 c.

Результаты дисперсионного анализа числа взошедших растений
горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2010 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	15266,57	95			
А	8664,0	1	8664,00	94,48	3,97
В	0,0	2	0,00	0,00	3,12
С	0,0	3	0,00	0,00	2,73
А×В	0,0	2	0,00	0,00	3,12
А×С	0,0	3	0,00	0,00	2,73
В×С	0,0	6	0,00	0,00	2,22
В×В×С	0,0	6	0,00	0,00	2,22
Ошибка	6602,6	72	91,70		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	2,0	3,2
В	Ширина междурядий	2,4	3,9
С	Уровень минерального питания	2,8	4,6
Для частных средних		6,8	11,2

Результаты дисперсионного анализа числа взошедших растений
горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2011 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	14112,79	95			
А	7350,0	1	7350,00	78,55	3,97
В	1,3	2	0,67	0,01	3,12
С	3,3	3	1,11	0,01	2,73
А×В	0,0	2	0,00	0,00	3,12
А×С	8,7	3	2,89	0,03	2,73
В×С	6,7	6	1,11	0,01	2,22
В×В×С	5,3	6	0,89	0,01	2,22
Ошибка	6737,5	72	93,58		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	2,1	3,3
В	Ширина междурядий	2,5	4,0
С	Уровень минерального питания	2,9	4,7
Для частных средних		6,9	11,4

Результаты дисперсионного анализа числа взошедших растений
горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2012 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	49642,08	95			
А	45414,0	1	45414,00	776,54	3,97
В	0,3	2	0,17	0,00	3,12
С	0,7	3	0,22	0,00	2,73
А×В	1,0	2	0,50	0,01	3,12
А×С	11,3	3	3,78	0,06	2,73
В×С	2,3	6	0,39	0,01	2,22
В×В×С	1,7	6	0,28	0,00	2,22
Ошибка	4210,7	72	58,48		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	1,6	2,6
В	Ширина междурядий	1,9	3,2
С	Уровень минерального питания	2,2	3,6
Для частных средних		5,4	8,9

Результаты дисперсионного анализа числа сохранившихся к фазе цветения растений горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2010 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	12324,54	95			
А	10004,2	1	10004,17	400,01	3,97
В	246,3	2	123,17	4,92	3,12
С	256,5	3	85,50	3,42	2,73
А×В	10,3	2	5,17	0,21	3,12
А×С	1,8	3	0,61	0,02	2,73
В×С	3,0	6	0,50	0,02	2,22
В×В×С	1,7	6	0,28	0,01	2,22
Ошибка	1800,7	72	25,01		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	1,0	1,7
В	Ширина междурядий	1,3	2,1
С	Уровень минерального питания	1,4	2,4
Для частных средних		3,5	5,9

Результаты дисперсионного анализа числа сохранившихся к фазе цветения растений горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2011 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	15307,54	95			
А	12321,5	1	12321,50	387,11	3,97
В	350,3	2	175,17	5,50	3,12
С	325,8	3	108,61	3,41	2,73
А×В	3,0	2	1,50	0,05	3,12
А×С	8,5	3	2,83	0,09	2,73
В×С	5,7	6	0,94	0,03	2,22
В×В×С	1,0	6	0,17	0,01	2,22
Ошибка	2291,7	72	31,83		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	1,2	1,9
В	Ширина междурядий	1,4	2,3
С	Уровень минерального питания	1,6	2,7
Для частных средних		4,0	6,6

Результаты дисперсионного анализа числа сохранившихся к фазе цветения растений горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2012 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	48500,32	95			
А	46640,2	1	46640,17	2425,52	3,97
В	240,3	2	120,17	6,25	3,12
С	217,8	3	72,61	3,78	2,73
А×В	4,3	2	2,17	0,11	3,12
А×С	1,8	3	0,61	0,03	2,73
В×С	7,7	6	1,28	0,07	2,22
В×В×С	3,7	6	0,61	0,03	2,22
Ошибка	1384,5	72	19,23		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,9	1,4
В	Ширина междурядий	1,1	1,8
С	Уровень минерального питания	1,3	2,1
Для частных средних		3,1	5,1

Результаты дисперсионного анализа числа сохранившихся к уборке растений горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2010 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	11102,31	95			
А	8664,0	1	8664,00	355,18	3,97
В	367,0	2	183,50	7,52	3,12
С	288,7	3	96,22	3,94	2,73
А×В	13,0	2	6,50	0,27	3,12
А×С	1,3	3	0,44	0,02	2,73
В×С	10,3	6	1,72	0,07	2,22
В×В×С	1,7	6	0,28	0,01	2,22
Ошибка	1756,3	72	24,39		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	1,0	1,6
В	Ширина междурядий	1,2	2,0
С	Уровень минерального питания	1,4	2,4
Для частных средних		3,5	5,8

Результаты дисперсионного анализа числа сохранившихся к уборке растений горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2011 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	13036,96	95			
А	10086,0	1	10086,00	318,93	3,97
В	304,0	2	152,00	4,81	3,12
С	318,7	3	106,22	3,36	2,73
А×В	12,0	2	6,00	0,19	3,12
А×С	14,0	3	4,67	0,15	2,73
В×С	21,3	6	3,56	0,11	2,22
В×В×С	4,0	6	0,67	0,02	2,22
Ошибка	2277,0	72	31,62		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	1,1	1,9
В	Ширина междурядий	1,4	2,3
С	Уровень минерального питания	1,6	2,7
Для частных средних		4,0	6,6

Результаты дисперсионного анализа числа сохранившихся к уборке растений горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2012 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	53908,78	95			
А	51894,0	1	51894,00	2720,43	3,97
В	320,3	2	160,17	8,40	3,12
С	302,0	3	100,67	5,28	2,73
А×В	13,0	2	6,50	0,34	3,12
А×С	0,7	3	0,22	0,01	2,73
В×С	1,0	6	0,17	0,01	2,22
В×В×С	4,3	6	0,72	0,04	2,22
Ошибка	1373,4	72	19,08		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,9	1,4
В	Ширина междурядий	1,1	1,8
С	Уровень минерального питания	1,3	2,1
Для частных средних		3,1	5,1

Продолжительность межфазных периодов роста
и развития горчицы в 2010 году, дней

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития						
			Посев-всходы	Всходы-ро-зетка	Розет-зет-ка-ветв-ление	Ветв-ле-ние-це-вление	Цве-те-ние-зеле-ный-стру-чок	Зеле-ный-стру-чок-созре-вание	Всхо-ды-созре-вание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	26	16	11	21	16	14	78
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	26	17	12	23	17	14	83
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	26	17	13	24	17	14	85
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26	18	13	25	16	13	85
	0,3	C1(0)	26	16	11	21	16	14	78
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	26	17	12	24	17	14	84
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	26	17	13	25	17	14	86
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26	18	13	25	16	13	85
	0,45	C1(0)	26	16	11	21	16	14	78
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	26	17	12	23	16	14	82
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	26	17	13	24	17	13	84
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26	18	13	24	16	13	84
Вариант А2	0,15	C1(0)	26	16	11	22	17	14	80
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	26	17	12	24	18	14	85
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	26	18	12	25	19	14	88
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26	18	13	25	18	14	88
	0,3	C1(0)	26	16	11	22	17	14	80
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	26	17	12	25	19	14	87
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	26	18	12	26	20	14	90
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26	18	13	26	19	14	90
	0,45	C1(0)	26	16	11	22	17	14	80
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	26	17	12	25	19	14	87
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	26	18	12	26	20	14	90
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26	18	13	26	19	14	90

Результаты дисперсионного анализа продолжительности вегетационного периода горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2010 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	3052,56	95			
А	308,2	1	308,17	13,61	3,97
В	146,3	2	73,17	3,23	3,12
С	907,2	3	302,39	13,35	2,73
А×В	20,3	2	10,17	0,45	3,12
А×С	25,8	3	8,61	0,38	2,73
В×С	6,3	6	1,06	0,05	2,22
В×В×С	7,7	6	1,28	0,06	2,22
Ошибка	1630,7	72	22,65		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, дн.	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , дн.
Код	Наименование		
А	Способ посева	1,0	1,6
В	Ширина междурядий	1,2	2,0
С	Уровень минерального питания	1,4	2,3
Для частных средних		3,4	5,6

Продолжительность межфазных периодов роста
и развития горчицы в 2011 году, дней

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития						
			Посев-всходы	Всходы-ро-зетка	Розет-зетка-ветвление	Ветвление-цветение	Цветение-зеленый стручок	Зеленый стручок-созревание	Всходы-созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	32	18	12	24	20	16	90
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	32	19	12	25	21	16	93
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	32	19	13	25	21	16	94
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	32	19	13	25	21	16	94
	0,3	C1(0)	32	18	12	24	20	16	90
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	32	19	12	25	21	16	93
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	32	19	13	26	21	16	95
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	32	19	13	26	21	16	95
	0,45	C1(0)	32	18	12	24	20	16	90
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	32	19	12	25	21	16	93
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	32	19	13	26	21	16	95
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	32	19	13	26	21	16	95
Вариант А2	0,15	C1(0)	32	18	13	24	20	16	91
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	32	19	13	25	21	16	94
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	32	19	13	26	21	16	95
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	32	19	14	26	20	16	95
	0,3	C1(0)	32	18	13	25	20	16	92
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	32	19	13	26	21	16	95
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	32	19	13	27	22	16	97
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	32	19	14	26	22	16	97
	0,45	C1(0)	32	18	13	25	20	16	92
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	32	19	13	26	21	16	95
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	32	19	13	27	22	16	97
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	32	19	14	26	22	16	97

Результаты дисперсионного анализа продолжительности вегетационного периода горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2011 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	2162,32	95			
А	106,7	1	106,67	4,48	3,97
В	121,3	2	60,67	2,55	3,12
С	208,7	3	69,56	2,92	2,73
А×В	5,3	2	2,67	0,11	3,12
А×С	0,0	3	0,00	0,00	2,73
В×С	5,3	6	0,89	0,04	2,22
В×В×С	0,0	6	0,00	0,00	2,22
Ошибка	1715,0	72	23,82		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, дн.	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , дн.
Код	Наименование		
А	Способ посева	1,0	1,6
В	Ширина междурядий	1,2	2,0
С	Уровень минерального питания	1,4	2,3
Для частных средних		3,4	5,7

Продолжительность межфазных периодов роста
и развития горчицы в 2012 году, дней

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития						
			Посев-всходы	Всходы-ро-зетка	Розет-зетка-ветвление	Ветвление-цветение	Цветение-зеленый стручок	Зеленый стручок-созревание	Всходы-созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	27	13	15	23	21	19	91
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	27	13	16	23	21	19	92
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	27	13	16	23	21	19	92
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	27	13	16	23	21	19	92
	0,3	C1(0)	27	13	15	23	21	19	91
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	27	13	16	23	21	19	92
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	27	13	16	23	21	19	92
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	27	13	16	23	21	19	92
	0,45	C1(0)	27	13	15	23	21	19	91
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	27	13	16	23	21	19	92
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	27	13	16	23	21	19	92
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	27	13	16	23	21	19	92
Вариант А2	0,15	C1(0)	27	14	15	25	22	19	95
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	27	15	17	25	23	19	99
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	27	15	17	26	23	19	100
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	27	15	18	26	22	19	100
	0,3	C1(0)	27	14	16	25	22	19	96
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	27	15	17	26	23	19	100
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	27	15	17	27	24	19	102
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	27	15	18	27	23	19	102
	0,45	C1(0)	27	14	15	25	22	19	95
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	27	15	17	25	23	19	99
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	27	15	17	26	23	19	100
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	27	15	18	26	23	19	101

Результаты дисперсионного анализа продолжительности вегетационного периода горчицы Сарептской по вариантам опыта в 2012 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	3176,76	95			
А	1190,7	1	1190,67	60,82	3,97
В	210,3	2	105,17	5,37	3,12
С	271,3	3	90,44	4,62	2,73
А×В	10,3	2	5,17	0,26	3,12
А×С	81,3	3	27,11	1,38	2,73
В×С	1,7	6	0,28	0,01	2,22
В×В×С	1,7	6	0,28	0,01	2,22
Ошибка	1409,4	72	19,58		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, дн.	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , дн.
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,9	1,5
В	Ширина междурядий	1,1	1,8
С	Уровень минерального питания	1,3	2,1
Для частных средних		3,1	5,2

Рост и развитие листового аппарата горчицы в 2010 году, тыс. м²/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития					
			Всходы	Розетка	Ветвление	Цветение	Зеленый стручок	Созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	1,1	2,4	7,8	17,5	13,7	5,1
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,1	2,6	9,8	23,7	15,7	5,6
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,1	2,8	11,2	24,5	15,2	5,4
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,1	2,9	12,1	25,2	13,7	5,1
	0,3	C1(0)	1,1	2,4	7,8	18,4	14,1	5,5
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,1	2,6	10,4	24,3	16,0	5,6
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,1	2,8	11,4	25,0	15,4	5,2
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,1	2,9	12,1	25,2	13,7	5,1
	0,45	C1(0)	1,1	2,4	7,8	16,7	13,3	5,1
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,1	2,6	8,7	22,1	15,0	5,1
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,1	2,8	10,3	24,0	15,2	5,4
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,1	2,9	11,1	24,5	13,7	5,1
Вариант А2	0,15	C1(0)	1,5	4,3	11,2	19,1	13,5	4,7
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,5	4,4	13,5	24,1	13,7	4,5
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,5	4,5	14,2	25,3	13,2	4,1
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,5	4,5	15,0	26,2	11,1	3,4
	0,3	C1(0)	1,5	4,3	11,7	21,3	13,7	4,7
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,5	4,4	14,1	25,2	13,5	4,5
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,5	4,5	14,4	25,5	13,2	4,1
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,5	4,5	16,2	26,2	11,1	3,4
	0,45	C1(0)	1,5	4,3	11,2	19,1	13,5	4,7
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,5	4,4	13,7	24,9	13,7	4,5
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,5	4,5	14,5	26,3	12,9	4,1
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,5	4,5	15,0	26,2	12,1	3,4

Результаты дисперсионного анализа
максимальной площади листьев горчицы в 2010 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	914,65	95			
А	55,82	1	55,82	45,09	3,97
В	14,46	2	7,23	5,84	3,12
С	727,63	3	242,54	195,92	2,73
А×В	7,77	2	3,89	3,14	3,12
А×С	4,90	3	1,63	1,32	2,73
В×С	10,20	6	1,70	1,37	2,22
В×В×С	4,74	6	0,79	0,64	2,22
Ошибка	89,14	72	1,24		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, тыс. м ² /га	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , тыс. м ² /га
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,23	0,38
В	Ширина междурядий	0,28	0,46
С	Уровень минерального питания	0,32	0,53
Для частных средних		0,79	1,31

Рост и развитие листового аппарата горчицы в 2011 году, тыс. м²/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития					
			Всходы	Розетка	Ветвление	Цветение	Зеленый стручок	Созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	0,8	1,6	6,7	16,4	15,1	4,3
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,8	1,8	8,7	25,7	19,7	5,4
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,8	2,0	9,6	29,4	24,2	7,3
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,8	2,1	9,8	32,1	22,7	5,1
	0,3	C1(0)	0,8	1,5	6,9	17,4	15,5	4,8
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,8	1,7	9,0	27,4	22,7	5,5
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,8	1,8	9,9	30,4	25,6	6,2
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,8	2,0	9,9	33,4	24,2	4,7
	0,45	C1(0)	0,8	1,4	6,7	17,2	15,3	4,8
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,8	1,6	9,0	28,3	23,9	6,2
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,8	1,7	10,0	32,3	25,0	6,0
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,8	1,8	10,0	33,7	24,2	4,7
Вариант А2	0,15	C1(0)	1,2	3,7	9,2	19,1	17,2	5,9
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,2	4,0	10,0	27,3	23,4	6,4
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,2	4,2	11,7	33,4	25,1	6,1
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,2	4,2	12,7	34,4	24,0	5,5
	0,3	C1(0)	1,2	3,6	9,2	20,3	17,6	6,4
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,2	3,8	10,0	29,1	26,1	6,9
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,2	4,1	11,7	34,4	25,5	6,3
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,2	4,1	13,0	36,2	24,0	5,1
	0,45	C1(0)	1,2	3,3	9,0	21,2	17,6	6,4
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,2	3,7	10,0	30,0	26,1	6,9
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,2	4,0	12,0	35,6	25,0	6,0
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,2	4,0	13,0	37,0	24,5	5,0

Результаты дисперсионного анализа
максимальной площади листьев горчицы в 2011 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	4074,12	95			
А	196,08	1	196,08	86,17	3,97
В	77,96	2	38,98	17,13	3,12
С	3612,78	3	1204,26	529,22	2,73
А×В	0,72	2	0,36	0,16	3,12
А×С	14,19	3	4,73	2,08	2,73
В×С	5,64	6	0,94	0,41	2,22
В×В×С	2,90	6	0,48	0,21	2,22
Ошибка	163,84	72	2,28		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, тыс. м ² /га	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , тыс. м ² /га
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,31	0,51
В	Ширина междурядий	0,38	0,62
С	Уровень минерального питания	0,43	0,72
Для частных средних		1,07	1,77

Рост и развитие листового аппарата горчицы в 2012 году, тыс. м²/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития					
			Всходы	Розетка	Ветвление	Цветение	Зеленый стручок	Созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	0,8	1,1	4,2	13,7	13,1	4,7
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,8	1,1	5,7	18,6	16,2	5,2
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,8	1,2	6,3	21,5	17,4	5,0
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,8	1,2	6,7	21,8	16,3	4,2
	0,3	C1(0)	0,8	1,1	4,2	14,5	14,4	5,2
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,8	1,1	5,8	19,8	17,4	5,5
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,8	1,2	6,7	23,4	19,2	5,3
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,8	1,2	7,1	23,7	17,8	4,2
	0,45	C1(0)	0,8	1,1	4,0	13,4	13,0	4,7
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,8	1,1	5,5	18,3	16,1	5,2
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,8	1,2	6,0	20,1	17,2	5,0
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,8	1,2	6,3	20,1	16,8	5,0
Вариант А2	0,15	C1(0)	1,5	3,9	7,8	15,2	13,5	5,0
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,5	4,1	9,2	24,2	21,2	7,1
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,5	4,1	10,3	28,4	24,7	7,1
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,5	4,3	11,6	28,8	23,8	7,1
	0,3	C1(0)	1,5	3,9	8,4	16,1	14,1	5,0
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,5	4,2	9,8	26,4	23,0	7,0
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,5	4,1	10,7	29,2	21,4	5,2
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,5	4,3	11,6	29,8	21,1	5,0
	0,45	C1(0)	1,5	3,8	7,5	15,5	13,3	5,0
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,5	4,0	9,0	24,5	21,0	6,5
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,5	4,0	10,0	27,9	24,1	6,5
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,5	4,0	11,2	28,5	21,1	4,2

Результаты дисперсионного анализа
максимальной площади листьев горчицы в 2012 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	2862,69	95			
А	717,23	1	717,23	291,33	3,97
В	57,14	2	28,57	11,61	3,12
С	1777,63	3	592,54	240,68	2,73
А×В	5,40	2	2,70	1,10	3,12
А×С	114,84	3	38,28	15,55	2,73
В×С	7,78	6	1,30	0,53	2,22
В×В×С	5,41	6	0,90	0,37	2,22
Ошибка	177,26	72	2,46		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, тыс. м ² /га	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , тыс. м ² /га
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,32	0,53
В	Ширина междурядий	0,39	0,65
С	Уровень минерального питания	0,45	0,75
Для частных средних		1,10	1,84

Накопление сухой биомассы посевами горчицы в 2010 году, т/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития					
			Всходы	Розетка	Ветвление	Цветение	Зеленый стручок	Созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	0,08	0,14	0,41	1,91	2,90	3,20
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,08	0,15	0,52	2,76	4,21	4,55
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,08	0,16	0,64	3,24	4,67	4,99
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,08	0,17	0,71	3,59	4,85	5,10
	0,3	C1(0)	0,08	0,14	0,41	1,98	3,02	3,32
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,08	0,15	0,54	3,02	4,50	4,84
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,08	0,16	0,65	3,45	4,92	5,24
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,08	0,17	0,71	3,59	4,85	5,10
	0,45	C1(0)	0,08	0,14	0,41	1,88	2,77	3,06
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,08	0,15	0,48	2,53	3,65	3,97
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,08	0,16	0,61	3,12	4,48	4,78
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,08	0,17	0,67	3,30	4,51	4,76
Вариант А2	0,15	C1(0)	0,10	0,19	0,63	2,59	3,72	4,00
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,10	0,21	0,78	3,49	4,89	5,15
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,10	0,22	0,83	3,88	5,35	5,59
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,10	0,23	0,93	4,15	5,36	5,48
	0,3	C1(0)	0,10	0,19	0,65	2,82	4,03	4,31
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,10	0,21	0,81	3,79	5,37	5,59
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,10	0,22	0,84	4,07	5,71	5,94
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,10	0,23	1,00	4,49	5,78	5,89
	0,45	C1(0)	0,10	0,19	0,63	2,59	3,72	4,00
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,10	0,21	0,80	3,74	5,24	5,50
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,10	0,22	0,85	4,16	5,65	5,85
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,10	0,23	0,93	4,28	5,59	5,71

Результаты дисперсионного анализа
суммарной накопленной сухой биомассы горчицы в 2010 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	79,15	95			
А	17,002	1	17,00	117,51	3,97
В	1,942	2	0,97	6,71	3,12
С	47,763	3	15,92	110,04	2,73
А×В	1,127	2	0,56	3,89	3,12
А×С	0,237	3	0,08	0,55	2,73
В×С	0,159	6	0,03	0,18	2,22
В×В×С	0,500	6	0,08	0,58	2,22
Ошибка	10,417	72	0,14		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, т/га	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , т/га
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,08	0,13
В	Ширина междурядий	0,10	0,16
С	Уровень минерального питания	0,11	0,18
Для частных средних		0,27	0,45

Накопление сухой биомассы посевами горчицы в 2011 году, т/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития					
			Всходы	Розетка	Ветвление	Цветение	Зеленый стручок	Созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	0,07	0,11	0,35	1,98	3,25	3,59
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,07	0,12	0,43	3,11	5,36	5,81
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,07	0,12	0,52	3,65	6,36	6,91
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,07	0,13	0,56	3,91	6,57	6,99
	0,3	C1(0)	0,07	0,11	0,35	2,10	3,43	3,78
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,07	0,12	0,44	3,31	5,85	6,36
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,07	0,12	0,53	3,97	6,80	7,33
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,07	0,12	0,55	4,27	7,07	7,51
	0,45	C1(0)	0,07	0,10	0,34	2,08	3,39	3,74
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,07	0,11	0,44	3,42	6,09	6,64
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,07	0,11	0,53	4,17	7,11	7,60
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,07	0,12	0,56	4,35	7,20	7,62
Вариант А2	0,15	C1(0)	0,11	0,19	0,64	2,72	4,20	4,58
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,11	0,21	0,73	3,76	6,32	6,87
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,11	0,22	0,81	4,68	7,67	8,21
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,11	0,22	0,91	5,01	7,74	8,20
	0,3	C1(0)	0,11	0,18	0,63	2,92	4,47	4,85
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,11	0,20	0,71	4,07	6,91	7,52
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,11	0,21	0,80	4,98	8,15	8,67
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,11	0,22	0,92	5,22	8,31	8,77
	0,45	C1(0)	0,11	0,18	0,61	2,96	4,55	4,93
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,11	0,20	0,71	4,15	7,04	7,65
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,11	0,21	0,81	5,16	8,37	8,88
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,11	0,21	0,90	5,32	8,52	8,98

Результаты дисперсионного анализа
суммарной накопленной сухой биомассы горчицы в 2011 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	285,16	95			
А	33,749	1	33,75	113,78	3,97
В	6,426	2	3,21	10,83	3,12
С	222,492	3	74,16	250,04	2,73
А×В	0,025	2	0,01	0,04	3,12
А×С	0,272	3	0,09	0,31	2,73
В×С	0,772	6	0,13	0,43	2,22
В×В×С	0,066	6	0,01	0,04	2,22
Ошибка	21,356	72	0,30		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, т/га	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , т/га
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,11	0,18
В	Ширина междурядий	0,14	0,23
С	Уровень минерального питания	0,16	0,26
Для частных средних		0,39	0,64

Накопление сухой биомассы посевами горчицы в 2012 году, т/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития					
			Всходы	Розетка	Ветвление	Цветение	Зеленый стручок	Созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	0,05	0,09	0,27	1,37	2,46	2,78
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,05	0,09	0,34	1,87	3,33	3,70
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,05	0,09	0,37	2,14	3,75	4,13
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,05	0,09	0,38	2,19	3,77	4,12
	0,3	C1(0)	0,05	0,09	0,27	1,42	2,59	2,94
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,05	0,09	0,34	1,98	3,56	3,96
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,05	0,09	0,38	2,33	4,14	4,56
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,05	0,09	0,39	2,39	4,16	4,54
	0,45	C1(0)	0,05	0,09	0,26	1,33	2,40	2,71
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,05	0,09	0,33	1,82	3,26	3,63
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,05	0,09	0,36	2,01	3,56	3,94
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,05	0,09	0,37	2,06	3,57	3,94
Вариант А2	0,15	C1(0)	0,09	0,13	0,53	2,09	3,32	3,65
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,09	0,14	0,67	3,12	5,32	5,89
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,09	0,14	0,73	3,75	6,35	6,96
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,09	0,15	0,85	4,00	6,39	6,95
	0,3	C1(0)	0,09	0,13	0,58	2,27	3,57	3,90
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,09	0,14	0,70	3,49	5,90	6,50
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,09	0,14	0,76	4,02	6,56	7,05
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,09	0,15	0,86	4,25	6,61	7,06
	0,45	C1(0)	0,09	0,13	0,51	2,08	3,31	3,63
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,09	0,14	0,66	3,09	5,29	5,84
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,09	0,14	0,71	3,67	6,19	6,76
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,09	0,14	0,81	3,91	6,28	6,72

Результаты дисперсионного анализа
суммарной накопленной сухой биомассы горчицы в 2012 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	225,29	95			
А	112,320	1	112,32	677,48	3,97
В	2,934	2	1,47	8,85	3,12
С	84,364	3	28,12	169,62	2,73
А×В	0,015	2	0,01	0,05	3,12
А×С	13,068	3	4,36	26,27	2,73
В×С	0,240	6	0,04	0,24	2,22
В×В×С	0,408	6	0,07	0,41	2,22
Ошибка	11,937	72	0,17		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, т/га	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , т/га
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,08	0,14
В	Ширина междурядий	0,10	0,17
С	Уровень минерального питания	0,12	0,20
Для частных средних		0,29	0,48

Среднесуточные приросты сухого вещества горчицы в 2010 году, т/га в сут.

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития					
			Всходы-роsetка	Розетка-ветвление	Ветвление-цветение	Цветение-зеленый стручок	Зеленый стручок-созревание	Всходы-созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	4	25	71	62	21	41
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4	31	97	85	24	55
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	5	37	108	84	23	59
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5	42	115	79	19	60
	0,3	C1(0)	4	25	75	65	21	43
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4	33	103	87	24	58
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	5	38	112	86	23	61
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5	42	115	79	19	60
	0,45	C1(0)	4	25	70	56	21	39
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4	28	89	70	23	48
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	5	35	105	80	23	57
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5	38	110	76	19	57
Вариант А2	0,15	C1(0)	7	40	89	66	20	50
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	8	48	113	78	19	61
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	8	51	122	77	17	64
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	8	54	129	67	9	62
	0,3	C1(0)	7	42	99	71	20	54
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	8	50	119	83	16	64
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	8	52	124	82	16	66
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	8	59	134	68	8	65
	0,45	C1(0)	7	40	89	66	20	50
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	8	49	118	79	19	63
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	8	53	127	75	14	65
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	8	54	129	69	9	63

Среднесуточные приросты сухого вещества горчицы в 2011 году, т/га в сут.

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития					
			Всходы-розетка	Розетка-ветвление	Ветвление-цветение	Цветение-зеленый стручок	Зеленый стручок-созревание	Всходы-созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	2	20	68	64	21	40
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2	26	107	107	28	62
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2	31	125	129	34	74
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	3	33	134	127	26	74
	0,3	C1(0)	2	20	73	67	22	42
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2	27	115	121	32	68
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2	32	132	135	33	77
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2	33	143	133	28	79
	0,45	C1(0)	1	20	73	66	22	42
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	2	28	119	127	34	71
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2	32	140	140	31	80
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2	34	146	136	26	80
Вариант А2	0,15	C1(0)	6	35	87	74	24	50
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	7	40	121	122	34	73
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	7	45	149	142	34	86
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	7	49	158	137	29	86
	0,3	C1(0)	6	35	92	78	24	53
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	6	39	129	135	38	79
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	7	45	155	144	33	89
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	7	50	165	140	29	90
	0,45	C1(0)	6	33	94	80	24	54
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	6	39	132	138	38	81
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	7	46	161	146	32	92
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	7	49	170	145	29	93

Среднесуточные приросты сухого вещества горчицы в 2012 году, т/га в сут.

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Фаза роста и развития					
			Всходы-розетка	Розетка-ветвление	Ветвление-цветение	Цветение-зеленый стручок	Зеленый стручок-созревание	Всходы-созревание
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	1	12	48	52	17	31
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1	16	67	70	19	40
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1	18	77	77	20	45
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1	18	79	75	18	45
	0,3	C1(0)	1	12	50	56	18	32
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1	16	71	75	21	43
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1	18	85	86	22	50
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1	19	87	84	20	49
	0,45	C1(0)	1	11	47	51	16	30
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1	15	65	69	19	39
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1	17	72	74	20	43
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1	18	73	72	19	43
Вариант А2	0,15	C1(0)	4	27	62	56	17	38
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4	31	98	96	30	59
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4	35	116	113	32	70
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5	39	121	109	29	70
	0,3	C1(0)	4	28	68	59	17	41
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4	33	107	105	32	65
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4	36	121	106	26	69
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	5	39	126	103	24	69
	0,45	C1(0)	4	25	63	56	17	38
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	4	31	97	96	29	59
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	4	34	114	110	30	68
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	4	37	119	103	23	67

Результаты дисперсионного анализа числа сохранившихся к уборке растений горчицы Сарептской по вариантам опыта (за 2010-2012 гг.)

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	24584,95	95			
А	19022,7	1	19022,67	327,28	3,97
В	433,0	2	216,50	3,72	3,12
С	925,3	3	308,44	5,31	2,73
А×В	2,3	2	1,17	0,02	3,12
А×С	2,7	3	0,89	0,02	2,73
В×С	9,7	6	1,61	0,03	2,22
В×В×С	4,3	6	0,72	0,01	2,22
Ошибка	4184,9	72	58,12		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт./м ²	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт./м ²
Код	Наименование		
А	Способ посева	1,6	2,6
В	Ширина междурядий	1,9	3,2
С	Уровень минерального питания	2,2	3,7
Для частных средних		5,4	8,9

Результаты дисперсионного анализа числа ветвей на стандартном растении горчицы Сарептской по вариантам опыта (за 2010-2012 гг.)

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	131,46	95			
А	29,927	1	29,93	78,92	3,97
В	62,920	2	31,46	82,97	3,12
С	9,120	3	3,04	8,02	2,73
А×В	1,453	2	0,73	1,92	3,12
А×С	0,660	3	0,22	0,58	2,73
В×С	0,040	6	0,01	0,02	2,22
В×В×С	0,040	6	0,01	0,02	2,22
Ошибка	27,302	72	0,38		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт.	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт.
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,13	0,21
В	Ширина междурядий	0,15	0,26
С	Уровень минерального питания	0,18	0,30
Для частных средних		0,44	0,72

Результаты дисперсионного анализа числа стручков на стандартном растении горчицы Сарептской по вариантам опыта (за 2010-2012 гг.)

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	12524,26	95			
А	333,0	1	333,02	6,42	3,97
В	606,3	2	303,14	5,84	3,12
С	7625,9	3	2541,96	49,01	2,73
А×В	14,6	2	7,28	0,14	3,12
А×С	97,8	3	32,61	0,63	2,73
В×С	68,6	6	11,43	0,22	2,22
В×В×С	43,8	6	7,30	0,14	2,22
Ошибка	3734,4	72	51,87		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт.	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт.
Код	Наименование		
А	Способ посева	1,47	2,44
В	Ширина междурядий	1,80	2,99
С	Уровень минерального питания	2,08	3,45
Для частных средних		5,09	8,45

Результаты дисперсионного анализа числа зерен в стручке стандартного растения горчицы Сарептской по вариантам опыта (за 2010-2012 гг.)

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	30,92	95			
А	0,027	1	0,03	0,08	3,97
В	1,243	2	0,62	1,93	3,12
С	6,033	3	2,01	6,25	2,73
А×В	0,023	2	0,01	0,04	3,12
А×С	0,040	3	0,01	0,04	2,73
В×С	0,357	6	0,06	0,18	2,22
В×В×С	0,030	6	0,00	0,02	2,22
Ошибка	23,171	72	0,32		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, шт.	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , шт.
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,12	0,19
В	Ширина междурядий	0,14	0,24
С	Уровень минерального питания	0,16	0,27
Для частных средних		0,4	0,67

Результаты дисперсионного анализа веса 1000 семян горчицы
Сарептской по вариантам опыта (за 2010-2012 гг.)

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	5,35	95			
А	0,007	1	0,0067	0,16	3,97
В	0,033	2	0,0163	0,38	3,12
С	2,237	3	0,7458	17,52	2,73
А×В	0,003	2	0,0015	0,04	3,12
А×С	0,002	3	0,0007	0,02	2,73
В×С	0,005	6	0,0008	0,02	2,22
В×В×С	0,004	6	0,0006	0,01	2,22
Ошибка	3,065	72	0,0426		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, г	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , г
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,04	0,07
В	Ширина междурядий	0,05	0,09
С	Уровень минерального питания	0,06	0,10
Для частных средних		0,15	0,24

Урожайность маслосемян горчицы в 2010 году, т/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./Га	Повторность			
			I	II	III	IV
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	0,75	0,74	0,79	0,84
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,32	1,30	1,37	1,29
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,41	1,61	1,68	1,70
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,57	1,56	1,80	1,67
	0,3	C1(0)	0,71	0,80	0,85	0,87
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,41	1,34	1,64	1,33
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,49	1,59	1,86	1,78
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,48	1,69	1,77	1,67
	0,45	C1(0)	0,68	0,71	0,83	0,78
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,07	1,24	1,22	1,38
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,54	1,54	1,67	1,46
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,51	1,54	1,63	1,48
Вариант А2	0,15	C1(0)	0,91	0,94	1,01	1,11
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,46	1,46	1,60	1,39
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,58	1,77	1,96	1,77
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,69	1,77	1,94	1,52
	0,3	C1(0)	1,01	1,06	1,06	1,06
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,63	1,60	1,71	1,65
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,74	1,85	1,89	2,00
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,77	1,81	1,83	1,95
	0,45	C1(0)	0,90	1,00	1,05	1,00
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,57	1,56	1,90	1,66
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,76	1,77	1,96	1,99
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,70	1,91	1,91	1,83

Результаты дисперсионного анализа урожайности горчицы
Сарептской по вариантам опыта в 2010 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	13,24	95			
А	1,2696	1	1,270	108,35	3,97
В	0,1236	2	0,062	5,27	3,12
С	10,7910	3	3,597	306,97	2,73
А×В	0,1204	2	0,060	5,14	3,12
А×С	0,0209	3	0,007	0,60	2,73
В×С	0,0232	6	0,004	0,33	2,22
В×В×С	0,0427	6	0,007	0,61	2,22
Ошибка	0,8437	72	0,012		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, т/га	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , т/га
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,022	0,037
В	Ширина междурядий	0,027	0,045
С	Уровень минерального питания	0,031	0,052
Для частных средних		0,077	0,127

Урожайность маслосемян горчицы в 2011 году, т/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./Га	Повторность			
			I	II	III	IV
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	0,87	1,03	0,78	0,89
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,35	1,47	1,44	1,51
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,75	1,78	1,66	1,73
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,73	1,95	1,72	1,72
	0,3	C1(0)	0,96	1,06	0,90	0,92
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,61	1,62	1,53	1,56
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,67	2,10	1,65	1,70
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,86	1,98	1,62	1,86
	0,45	C1(0)	0,95	0,96	0,85	1,08
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,67	1,94	1,63	1,28
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,84	2,07	1,82	1,64
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,78	2,20	1,80	1,70
Вариант А2	0,15	C1(0)	1,09	1,32	0,99	1,07
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,67	1,84	1,49	1,76
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,85	2,38	1,93	1,80
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2,05	2,38	1,76	1,89
	0,3	C1(0)	1,15	1,30	1,10	1,14
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,86	2,18	1,62	1,77
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2,07	2,27	2,04	2,10
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2,23	2,24	2,18	1,99
	0,45	C1(0)	1,10	1,38	1,13	1,11
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,89	1,99	1,76	1,84
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	2,13	2,31	1,95	2,29
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	2,18	2,57	2,04	2,05

Результаты дисперсионного анализа урожайности горчицы
Сарептской по вариантам опыта в 2011 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	17,48	95			
А	1,7822	1	1,782	65,19	3,97
В	0,3096	2	0,155	5,66	3,12
С	13,3277	3	4,443	162,50	2,73
А×В	0,0093	2	0,005	0,17	3,12
А×С	0,0322	3	0,011	0,39	2,73
В×С	0,0365	6	0,006	0,22	2,22
В×В×С	0,0126	6	0,002	0,08	2,22
Ошибка	1,9684	72	0,027		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, т/га	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , т/га
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,034	0,056
В	Ширина междурядий	0,041	0,069
С	Уровень минерального питания	0,048	0,079
Для частных средних		0,117	0,194

Урожайность маслосемян горчицы в 2012 году, т/га

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Повторность			
			I	II	III	IV
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	0,72	0,72	0,71	0,69
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,86	0,99	0,97	0,86
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,95	1,00	1,12	0,97
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,96	1,19	0,90	0,96
	0,3	C1(0)	0,71	0,74	0,81	0,70
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,98	1,09	0,88	0,98
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,10	1,18	1,20	1,00
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,14	1,16	1,10	1,01
	0,45	C1(0)	0,66	0,78	0,61	0,67
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	0,85	1,05	0,89	0,85
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	0,95	1,08	0,97	0,92
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	0,93	1,01	1,01	0,97
Вариант А2	0,15	C1(0)	0,83	0,94	0,91	0,88
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,37	1,51	1,49	1,39
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,70	1,86	1,73	1,50
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,63	1,75	1,67	1,68
	0,3	C1(0)	0,91	1,02	0,99	0,91
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,51	1,92	1,54	1,42
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,71	2,07	1,48	1,65
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,63	2,05	1,55	1,69
	0,45	C1(0)	0,88	0,99	0,83	0,85
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	1,47	1,67	1,18	1,36
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	1,64	1,74	1,59	1,55
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,57	1,86	1,51	1,53

Результаты дисперсионного анализа урожайности горчицы
Сарептской по вариантам опыта в 2012 году

Фактор	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				фактический	теоретический для уровня значимости 05
Общая вариация	13,18	95			
А	6,3243	1	6,324	439,88	3,97
В	0,1920	2	0,096	6,68	3,12
С	4,7778	3	1,593	110,77	2,73
А×В	0,0014	2	0,001	0,05	3,12
А×С	0,8088	3	0,270	18,75	2,73
В×С	0,0137	6	0,002	0,16	2,22
В×В×С	0,0243	6	0,004	0,28	2,22
Ошибка	1,0352	72	0,014		

Наименьшая существенная разность для парных оценок

Фактор		Стандартная ошибка, т/га	Наименьшая существенная разность, НСР ₀₅ , т/га
Код	Наименование		
А	Способ посева	0,024	0,041
В	Ширина междурядий	0,030	0,050
С	Уровень минерального питания	0,035	0,057
Для частных средних		0,085	0,141