

На правах рукописи

Цыбулин Владимир Васильевич

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

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Саратов-2015

Работа выполнена в Волгоградском филиале ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»

Научный руководитель: член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Бородычев Виктор Владимирович**

Официальные оппоненты: **Медведев Геннадий Андреевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ», профессор кафедры растениеводства и кормопроизводства

Чамышев Алексей Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский социально-экономический институт ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», профессор кафедры частного права и экологической безопасности

Ведущая организация: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»

Защита состоится «8» апреля 2015 г. в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.05 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., д.1. E – mail: dissovet01@sgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» и на сайте www.sgau.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2015 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Нарушев Виктор Бисенгалиевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность 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 посвящен 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 наших исследованиях 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 пло-

дородия. 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 определила 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. Установить оптимальный способ 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 минерального 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.

Объект и предмет исследований. Объект исследований – горчица сарептская. Предмет исследований – особенности формирования продуктивности горчицы сарептской в системе рисовых севооборотов Калмыкии.

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 (1985), Е.А. Дмитриева (1979), А.А. Роде (1969), А.Н. Костякова (1961) и др. Многокритериальная оценка результатов полевого эксперимента проводилась с использованием методов вариационного анализа и статистического моделирования.

Основные положения, выносимые на защиту:

– закономерности роста и развития горчицы сарептской в рисовых чеках в зависимости от способа посева, ширины междурядий и уровня минерального питания;

– особенности водообеспеченности и использования почвенной влаги при возделывании горчицы в системе рисового севооборота;

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

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. Основные положения диссертационной работы докладывались на международных научно-практических конференциях «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства» (Рязань, 2011), «Инновационные технологии в мелиорации» (Москва, 2011), «Мелиорация и водное хозяйство XXI века. Наука и образование» (Горки, 2010), «Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур» (Рязань, 2013).

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.

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, заключения, предложений производству, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 208 страницах, содержит 28 таблиц, 21 рисунок, 41 приложение. Список использованной литературы включает 135 источников, в т. ч. 7 иностранных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

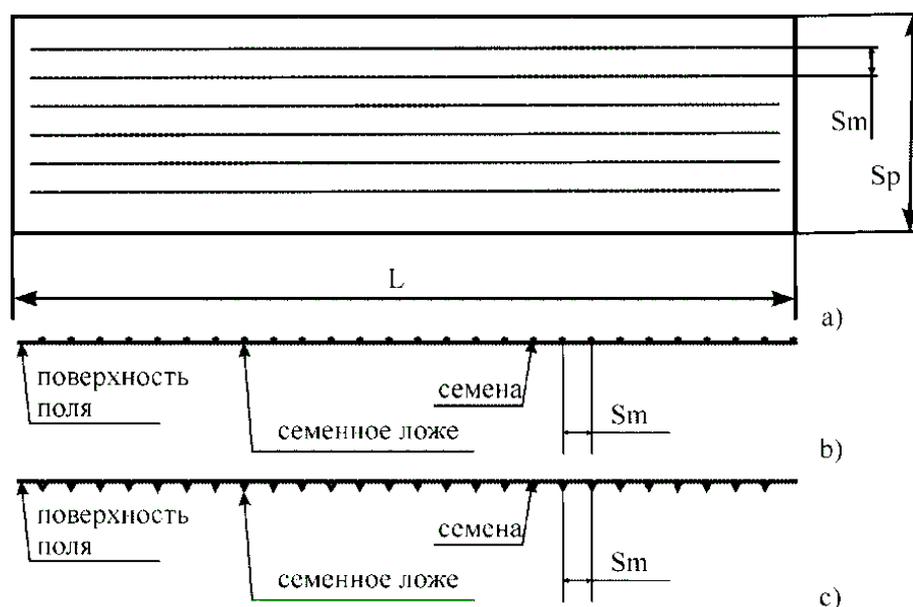
Первая глава «Возделывание горчицы в условиях засухи» посвящена исследованию состояния изученности вопросов биологических особенностей и технологии возделывания горчицы сарептской в регионах с недостаточной естественной влагообеспеченностью территории. Большой вклад в развитие этого направления сельскохозяйственной науки внесли Л.П. Шевцова (2010), Г.А. Медведев (2012), Г.Г. Русакова (2012), В.И. Буйанкин (2009), Д.Е. Михальков (2012), В.М. Лукомец (2003), Е.В. Картамышева (2011), В.С. Трубина (2009), А.Л. Гринин (2010), А.С. Кушнир (2009), Н.Г. Коновалов (2003) и др. Исследованиями В.В. Бородычева (2007), С.Б. Адьяева (2007), Э.Б. Дедовой (2010), Г.Н. Кониевой (2010), А.В. Левиной (2011), И.А. Ниджляевой (2012) подтверждена возможность эффективного использования горчицы в качестве сопутствующей культуры рисового севооборота, изучены особенности технологии посева этой культуры в сверхранние сроки. Изучение указанных вопросов позволило выдвинуть гипотезу о возможности использования горчицы сарептской с посевом по мерзлоталой почве в качестве страховой культуры рисового севооборота, в ситуации, когда в силу объективных причин не удастся провести основную обработку чеков после уборки риса. Был очерчен круг задач, решение которых необходимо для разработки основных элементов технологии возделывания горчицы, как страховой культуры рисового севооборота. В частности, сделан вывод о необходимости совершенствования технологии посева горчицы по мерзлоталой почве, определения потенциальной, климатически обеспеченной продуктивности посевов, разработки и оценки эффективности системы удобрения.

Во второй главе «Методика и условия проведения исследований» определены пути и методы решения поставленных задач, обоснована необходимость и разработана программа проведения экспериментальных исследований, приведены сведения об условиях, в которых проводился полевой эксперимент.

Особое внимание уделено теоретическому обоснованию совершенствования технологии посева горчицы в рисовых чеках по мерзлоталой почве. Установлено, что при исключении основной обработки почвы поверхность рисовых чеков остается достаточно выравненной для проведения посева по мерзлоталой почве. 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 быстро подсыхает с поверхности, в результате чего нарушается контакт семян с влажной почвой, затягивается процесс прорастания. Для решения этой проблемы предлагается под семенное ложе создавать микробороздки, в которые подается семенной материал (рисунок 1). Семена в этом случае попадают в микропонижения, в которых при оттаивании почвы скапливается влага, что создает благоприятные условия для прорастания.

Экспериментальное обоснование эффективности предложенного способа посева проводилось в рамках трехфакторного полевого эксперимента:

- фактор А - технология посева горчицы по мерзлоталой почве (вариант А₁ – посев по мерзлоталой почве по обычной технологии и вариант А₂ – посев предложенным способом);
- фактор В – ширина междурядий (вариант В₁ – 0,15 м, вариант В₂ – 0,30 м и вариант В₃ – 0,45 м);
- фактор С – уровень минерального питания (вариант С₁ – без удобрений, вариант С₂ - внесение удобрений дозой N₄₀P₁₀ на планируемую урожайность 1,5 т/га, вариант С₃ - внесение удобрений дозой N₈₀P₄₀ на планируемую урожайность 2,0 т/га, вариант С₄ – внесение удобрений дозой N₁₂₀P₇₀ на планируемую урожайность 2,5 т/га).



Условные обозначения:

L - длина участка, Sp - ширина участка, Sm - ширина междурядий

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

Рисунок 1 – Технологическая схема вариантов посева горчицы

Опыты проводили в рисовых чеках ОАО «50 лет Октября» Октябрьского района республики Калмыкия с районированным сортом горчицы сарептской Ракета. Почвы опытного участка типичные, - бурые, тяжелосуглинистые с низким содержанием доступных форм азота (21-26 мг/кг почвы), средним - фосфора (36-38 мг/кг почвы) и высоким – калия (385-445 мг/кг почвы). Плотность пахотного слоя 1,26-1,28 т/м³, содержание гумуса – в пределах 0,93-1,22 %. Погодные условия в годы проведения исследований были характерны для региона. Сумма среднесуточных температур воздуха за период с марта по июль включительно достигала 2474- 2712 °С, что выше среднего уровня, а сумма атмосферных осадков находилась в пределах 139-145 мм, что близко к среднемноголетней обеспеченности. Агротехника горчицы в опытах применялась зональная с исключением основной обработки почвы и дополнением вариантами изучаемых приемов. Предшественником во все годы был рис. Опыт заложен методом расщепленных делянок. Площадь учетной 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. В исследованиях применяли общепризнанные ме-

тодики: для определения гранулометрического состава почвы - методика Н.А. Качинского (1970), для исследования наименьшей влагоемкости - методом заливаемых площадок, для определения доступных форм питательных элементов - стандартные методы (ГОСТ 26205, ГОСТ 23213), для определения влажности почвы - термостатно-весовой метод (ГОСТ 20915-75).

В третьей главе «Закономерности роста и развития горчицы сарептской в рисовых чеках» исследованы количественные характеристики роста горчицы в отдельные фазы развития и в целом за вегетационный период.

Исследования показали, что использование предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве при оптимизации условий минерального питания и ширины междурядий обеспечивает повышение полевой всхожести семян до 89,1 % и сохранности растений к уборке – до 89,7 % (таблица 1).

Наибольшее число растений, 94-98 раст./м², при норме высева 1,2 млн. сем./га, к уборке сохранялось на участках, где посев проводили по предложенной технологии, минеральные удобрения вносили дозой N₈₀P₄₀ или N₁₂₀P₇₀ при ширине междурядий 0,3 м. При использовании обычного способа посева в прочих равных условиях полевая всхожесть горчицы снижалась до 66,9 %, а к уборке сохранялось не более 67 раст./м². Повышение уровня минерального питания горчицы при внесении удобрений дозой N₈₀P₄₀ или N₁₂₀P₇₀ не оказывало статистически значимого влияния на полевую всхожесть семян, но в сравнении с неудобренными вариантами увеличивало сохранность растений к уборке на 2,8-5,9 %.

Во все годы исследований использование предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве обеспечивало увеличение силы роста растений, фотосинтетическую активность посева и облегчало адаптацию к неблагоприятным условиям среды. Продолжительность вегетационного периода горчицы при переходе на предложенный способ посева увеличивалась на 2-5 суток и еще на 3-7 суток возрастала при повышении дозы минеральных удобрений до N₈₀P₄₀. В сочетании с посевом горчицы рядками через 0,3 м это обеспечивало увеличение продолжительность периода «всходы – созревание семян» до 96 сут.

Таблица 1 – Показатели роста и формирования агроценоза горчицы сарептской в рисовых чеках

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Полевая всхожесть, %	Сохранность к уборке, %	Вегетационный период, сут.	Средняя высота растений, м	Масса сухих корней, т/га
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	66,7	77,5	87	1,06	1,69
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	67,0	80,9	89	1,12	1,95
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	66,8	83,4	90	1,13	2,02
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	66,8	84,6	90	1,14	2,03
	0,3	C1(0)	67,0	77,2	87	1,08	1,73
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	66,7	81,3	89	1,13	1,99
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	66,9	83,4	91	1,17	2,14
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	67,0	83,4	91	1,17	2,17
	0,45	C1(0)	67,0	73,4	87	1,05	1,7
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	66,8	77,2	88	1,11	1,95
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	67,0	78,4	90	1,12	2,03
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	66,9	78,4	90	1,12	2,05
Вариант А2	0,15	C1(0)	88,8	85,3	89	1,11	2,01
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	89,1	89,1	93	1,19	2,4
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	89,0	90,0	94	1,21	2,7
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	89,3	89,4	94	1,22	2,73
	0,3	C1(0)	89,3	84,8	89	1,12	2,11
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	89,0	88,1	94	1,2	2,48
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	89,0	88,8	96	1,22	2,71
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	89,1	89,7	95	1,23	2,74
	0,45	C1(0)	89,1	82,2	89	1,09	1,97
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	89,2	84,1	93	1,17	2,69
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	89,0	85,0	95	1,19	2,67
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	89,1	85,0	95	1,2	2,71
НСР ₀₅	Фактор А		3,6	3,8	1,8	0,020	0,07
	Фактор В		4,4	4,6	2,2	0,024	0,09
	Фактор С		5,2	5,5	2,6	0,029	0,10
	Сочетание АВС		12,6	13,3	6,3	0,070	0,25

Использование предложенного способа посева в сочетании с увеличением дозы удобрений до N₈₀P₄₀ и ширины междурядий – с 0,15 до 0,3 м обеспечивало формирование наиболее высоких (до 1,22 м) растений с максимально развитой корневой системой (до 2,71 т/га сухой корневой массы) и листовой поверхностью (таблица 2).

Из приведенных в таблице 2 данных видно, что статистически значимое увеличение максимальной площади листьев (на 9,2-11,3 тыс. м²/га), фотосинтетического потенциала (на 398-538 тыс. м²сут./га), продуктивности фотосинтеза (на 0,37-0,45

г/м² в сут.) и накопленной биомассы посева (на 2,15-2,97 т/га) обеспечивает повышение дозы удобрений до N₈₀P₄₀ (в сравнении с вариантами без удобрений).

Таблица 2 – показатели фотосинтетической активности горчицы сарептской при выращивании в рисовых севооборотах

Способ посева	Ширина междурядий, м	Доза удобрений, кг д.в./га	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² сут./га	Продуктивность фотосинтеза, г/м ² в сут.	Общая сухая биомасса посева, т/га	Интенсивность накопления сухого вещества, кг/га в сут.
Вариант А1 (контроль)	0,15	C1(0)	15,9	749	4,25	3,19	37
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	22,7	1024	4,54	4,69	52
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	25,1	1147	4,62	5,34	59
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26,4	1149	4,67	5,40	60
	0,3	C1(0)	16,8	785	4,25	3,35	39
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	23,8	1091	4,60	5,05	56
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	26,3	1208	4,70	5,71	63
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	27,4	1201	4,73	5,72	63
	0,45	C1(0)	15,8	745	4,24	3,17	37
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	22,9	1041	4,49	4,75	53
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	25,5	1153	4,65	5,44	60
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	26,1	1150	4,67	5,44	60
Вариант А2	0,15	C1(0)	17,8	927	4,40	4,08	46
	0,15	C2(N ₄₀ P ₁₀)	25,2	1268	4,71	5,97	64
	0,15	C3(N ₈₀ P ₄₀)	29,0	1440	4,81	6,92	73
	0,15	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	29,8	1436	4,79	6,88	73
	0,3	C1(0)	19,2	978	4,45	4,35	49
	0,3	C2(N ₄₀ P ₁₀)	26,9	1370	4,78	6,54	69
	0,3	C3(N ₈₀ P ₄₀)	29,7	1479	4,88	7,22	75
	0,3	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	30,7	1490	4,85	7,24	75
	0,45	C1(0)	18,6	946	4,42	4,19	47
	0,45	C2(N ₄₀ P ₁₀)	26,5	1330	4,75	6,33	68
	0,45	C3(N ₈₀ P ₄₀)	29,9	1484	4,81	7,16	75
	0,45	C4(N ₁₂₀ P ₇₀)	30,6	1472	4,83	7,14	74
НСР ₀₅	Фактор А		0,71	52	0,06	0,22	2,5
	Фактор В		0,87	63	0,07	0,27	3,0
	Фактор С		1,02	75	0,09	0,32	3,6
	Сочетание АВС		2,49	182	0,21	0,77	8,8

Еще до 1,9-4,5 тыс. м²/га прибавки площади листового аппарата, до 178-331 тыс. м²сут/га увеличения фотосинтетического потенциала, до 0,12-0,26 г/м² в сут. увеличения продуктивности фотосинтеза и до 0,89-1,72 т/га прибавки сухой биомассы посева обеспечивается при переходе на предложенный способ посева. В совокупности применение предложенного способа посева с шириной междурядий 0,3 м и внесение

минеральных удобрений дозой $N_{80}P_{40}$ в опытах обеспечивало формирование наибольшей сухой биомассы посева, 5,94-8,67 т/га, в разные по погодным условиям годы.

В четвертой главе «Накопление и использование ресурсов почвенной влаги при возделывании горчицы сарептской в рисовых чеках» определены условия эффективного использования ресурсов влаги на формирование маслосемян горчицы в рисовых чеках при естественной влагообеспеченности.

Опытным путем установлено, что горчица сарептская в рисовых чеках активно использует запасы почвенной влаги до глубины 1,0 м (таблица 3).

Таблица 3 – Послойное распределение запасов влаги под посевами горчицы в основные периоды роста и развития, $m^3/га$ (при посеве по предложенному способу и сочетании вариантов В2С3)

Горизонт почвы, м	Фаза роста и развития							Использовано за вегетацию, $m^3/га$
	посев	всходы	розетка	ветвление	цветение	зеленый стручок	созревание	
2010 г.								
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
0-1,0	3282	3290	3126	2852	2307	1785	1518	1764
2011 г.								
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
0-1,0	3272	2845	2706	3102	2377	1790	1466	1806
2012 г.								
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
0-1,0	3285	2964	2544	2088	1498	1520	1610	1675

В начальные периоды роста и развития почвенная влага посевами горчицы используется, преимущественно, из верхних горизонтов, однако по мере иссушения пахотного слоя начинается активное использование влагозапасов нижележащих горизонтов почвы.

Исследования показали, что активизация использования почвенных влагозапасов с горизонта 0,5-1,0 м происходит с начала фазы ветвления горчицы. Например, на участках, где посев горчицы с междурядьями 0,3 м проводили по предложенному способу при внесении $N_{80}P_{40}$, запасы влаги в горизонте 0,5-1,0 м за период «розетка-ветвление» снижались на 12-193 м³/га, а за период «ветвление – начало цветения» - на 277-419 м³/га (таблица 4).

Таблица 4 – Водопотребление горчицы в рисовых чеках

Способ посева	Доза удобрений, кг д.в./га	Год исследования	Суммарное водопотребление, м ³ /га	За счет почвенных влагозапасов		Среднесуточное водопотребление, м ³ /га в сут.	Температурные коэффициенты испарения, мм/°С
				м ³ /га	% к суммарному водопотр.		
Вариант А1 (контроль)	С1(0)	2010	2920	1234	42,3	28,1	0,208
		2011	3560	1497	42,1	29,2	0,179
		2012	3210	1378	42,9	27,2	0,143
		Среднее	3230	1370	42,4	28,2	0,177
	С2($N_{40}P_{10}$)	2010	3320	1533	46,2	30,2	0,212
		2011	3770	1659	44,0	30,2	0,182
		2012	3270	1411	43,1	27,5	0,145
		Среднее	3450	1534	44,5	29,3	0,18
	С3($N_{80}P_{40}$)	2010	3460	1622	46,9	30,9	0,214
		2011	3860	1733	44,9	30,4	0,181
		2012	3300	1435	43,5	27,7	0,146
		Среднее	3540	1597	45,1	29,7	0,18
	С4($N_{120}P_{70}$)	2010	3440	1622	47,2	31	0,216
		2011	3880	1755	45,2	30,6	0,182
		2012	3320	1452	43,7	27,9	0,147
		Среднее	3550	1610	45,4	29,8	0,182
Вариант А2	С1(0)	2010	3110	1360	43,7	29,3	0,212
		2011	3670	1585	43,2	29,6	0,18
		2012	3460	1568	45,3	28,1	0,146
		Среднее	3410	1504	44,1	29	0,179
	С2($N_{40}P_{10}$)	2010	3510	1658	47,2	31,1	0,213
		2011	3840	1723	44,9	30,2	0,18
		2012	3630	1621	44,7	28,6	0,146
		Среднее	3660	1667	45,5	30	0,18
	С3($N_{80}P_{40}$)	2010	3650	1763	48,3	31,5	0,211
		2011	3950	1806	45,7	30,6	0,181
		2012	3700	1675	45,3	28,7	0,146
		Среднее	3770	1748	46,4	30,3	0,179
	С4($N_{120}P_{70}$)	2010	3660	1780	48,6	31,6	0,211
		2011	3960	1822	46,0	30,7	0,181
		2012	3700	1685	45,5	28,7	0,146
		Среднее	3770	1762	46,7	30,3	0,179

За вегетационный период посевами горчицы используется 1234-1822 м³/га запасов почвенной влаги, что составляет 42,1-48,6 % от суммарного водопотребления. В среднем, за вегетационный период расход воды на суммарное водопотребление горчицы в рисовых чеках достигает 27,2-31,5 м³/га в сут. или 0,143-0,213 мм/°С. В опытах диапазон изменения суммарного водопотребления по годам достигал 300-640 м³/га, по вариантам опыта – 400-740 м³/га. Установлено, что применение и повышение дозы внесения минеральных удобрений до N₈₀P₄₀ увеличивает суммарное водопотребление горчицы на 6,8-10,5 % и еще на 1,8-12,1 % суммарное водопотребление возрастает при переходе на предложенный способ посева. В этом же направлении на 2,6-6,3 % возрастает доля участия запасов почвенной влаги в формировании суммарного водопотребления горчицы.

Наибольшим суммарным водопотреблением, до 3650-3950 м³/га, опытные посева горчицы отличались на участках, где посев проводили по предложенному способу, а минеральные удобрения вносили дозой N₈₀P₄₀ или N₁₂₀P₇₀.

Таким образом, для формирования наиболее продуктивных посевов горчица использует практически все ресурсы влаги, доступные растениям в рисовых чеках. Для исследования условий эффективного использования ресурсов доступной влаги на формирование урожая маслосемян по опытным данным были получены зависимости коэффициента водопотребления горчицы. Установлено, что наиболее точно распределение опытных данных описывается следующим уравнением (рисунок 2): $K_E = a + bs + cs^2 + dN + eN^2 + fN^3$, 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 по данным, полученным на участках с обычным посевом горчицы по мерзлоталой почве. При использовании предложенного способа посева параметры уравнения имеют следующие значения: $a=3818$, $b=-3357$, $c=5127$, $d=-43,0$, $e=0,457$, $f=-0,0015$.

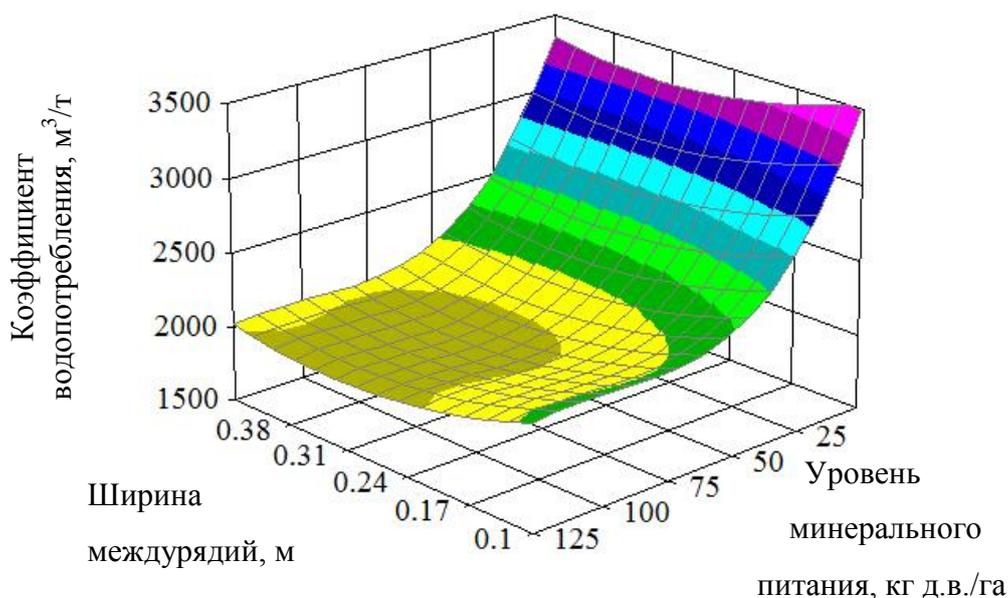


Рисунок 2 –Изменение коэффициента водопотребления горчицы при посеве по мерзлоталой почве обычным способом

Исследование зависимостей показало, что наиболее эффективно, $1985 \text{ м}^3/\text{т}$, на формирование урожая доступные ресурсы влаги посевами горчицы используются при внесении удобрений дозой $\text{N}_{80}\text{P}_{40}$ и использовании предложенного способа посева с междурядьями $0,3 \text{ м}$. При использовании обычного способа посева минимальный расход влаги на формирование урожая маслосемян составил, в среднем, $2392 \text{ м}^3/\text{т}$.

Пятая глава «Потенциал продуктивности и технология возделывания горчицы сарептской в качестве страховой сопутствующей культуры рисового севооборота» посвящена изучению закономерностей формирования урожая горчицы в рисовых чеках с разработкой технологии возделывания в качестве страховой культуры рисового севооборота.

Исследования показали, что внедрение предложенного способа посева горчицы по мерзлоталой почве позволяет улучшить структуру урожая маслосемян за счет статистически значимого увеличения числа сохранившихся растений (на $28\text{-}30 \text{ шт./м}^2$ при $\text{НСР}_{05} = 2,6 \text{ шт./м}^2$), числа сформировавшихся ветвей на растении (на $0,6\text{-}1,5 \text{ ветв./раст.}$ при $\text{НСР}_{05} = 0,21 \text{ ветв./раст.}$) и числа стручков на растении (на $1,1\text{-}8,9 \text{ шт./раст.}$ при $\text{НСР}_{05} = 2,4 \text{ шт./раст.}$). В совокупности это позволило увеличить урожайность маслосемян на $0,21\text{-}0,43 \text{ т/га}$ (рисунок 3, таблица 5).

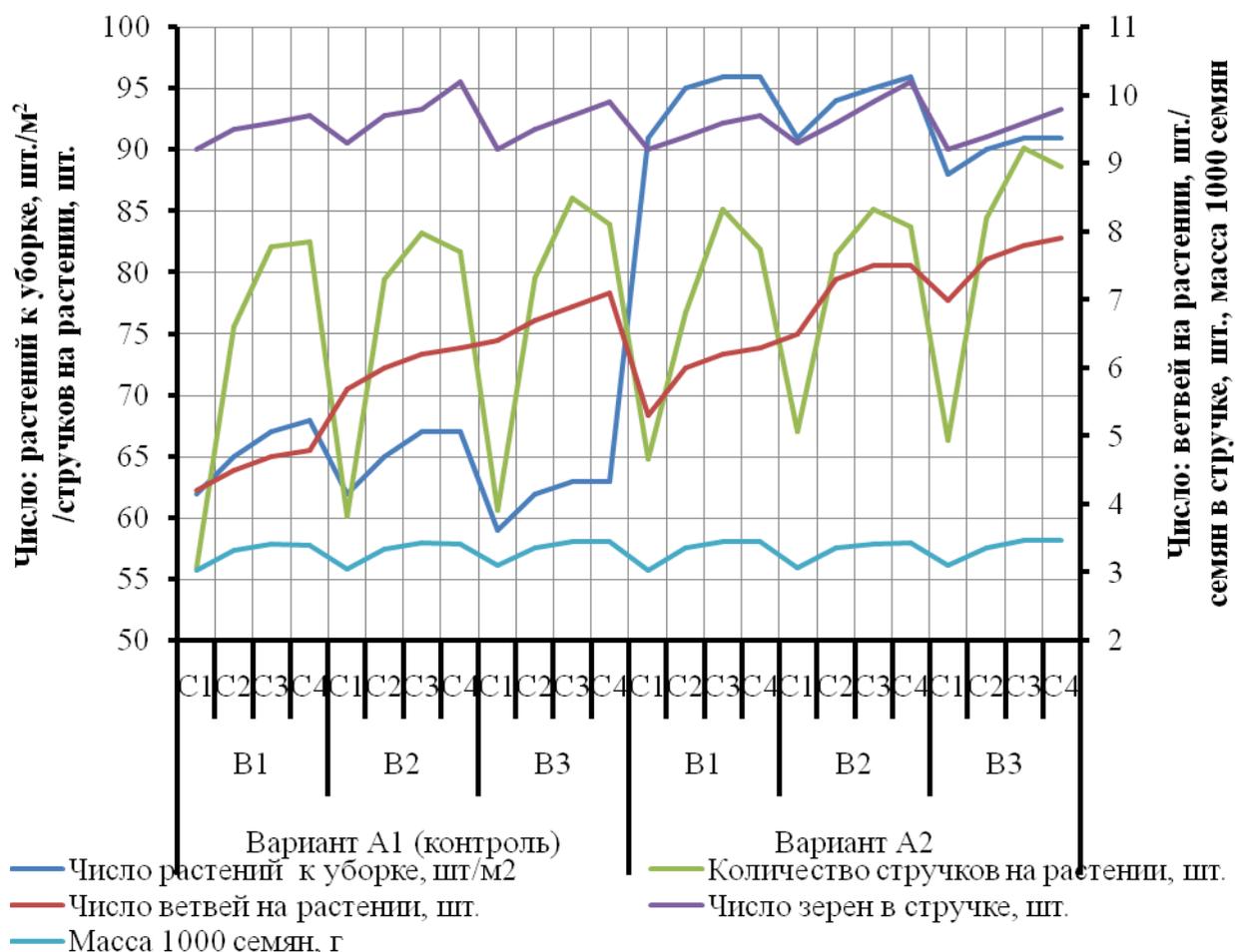


Рисунок 3 – Структура урожая горчицы сарептской при выращивании в рисовых чеках

Посев горчицы с междурядьями 0,3 м позволил существенно активизировать ветвление растений (плюс 1,2-1,5 ветв./раст. при $НСР_{05} = 0,26$ ветв./раст.), что сопровождалось статистически значимым увеличением числа сформировавшихся стручков и прибавкой урожайности маслосемян до 0,16 т/га.

Установленные закономерности формирования урожая горчицы подтверждаются результатами регрессионного анализа опытных данных.

Исследования показали, что наиболее точно распределение урожайных данных описывается следующим уравнением: $Y=a+bs+cs^2+dN+eN^2+fN^3$, где Y – коэффициент водопотребления горчицы, m^3/t , s – ширина междурядий, m , 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 по данным, полученным на участках с обычным посевом горчицы по мерзлоталой почве.

Таблица 5 – Интегральные показатели эффективности возделывания горчицы в качестве страховой культуры рисового севооборота

Способ посева (фактор А)	Ширина междурядий, м (фактор В)	Уровень минерального питания, кг д.в./га (фактор С)	Урожайность, т/га				Чистый дисконтированный доход, тыс. руб./га	Внутренняя норма доходности, %
			Год исследований			Среднее		
			2010	2011	2012			
Вариант А1 (контроль)	0,15	С1(0)	0,78	0,89	0,71	0,79	553,9	53
	0,15	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,32	1,44	0,92	1,23	1116,5	71
	0,15	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,60	1,73	1,01	1,45	1167,7	61
	0,15	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,65	1,78	1,00	1,48	609,5	33
	0,3	С1(0)	0,81	0,96	0,74	0,84	686	62
	0,3	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,43	1,58	0,98	1,33	1380,7	84
	0,3	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,68	1,78	1,12	1,53	1379,1	70
	0,3	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,65	1,83	1,10	1,53	741,6	37
	0,45	С1(0)	0,75	0,96	0,68	0,80	580,3	54
	0,45	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,23	1,63	0,91	1,26	1195,7	75
	0,45	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,55	1,84	0,98	1,46	1194,1	62
	0,45	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,54	1,87	0,98	1,46	556,6	31
Вариант А2 (посев предложенным способом)	0,15	С1(0)	0,99	1,12	0,89	1,00	1065	85
	0,15	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,48	1,69	1,44	1,54	1891,8	107
	0,15	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,77	1,99	1,70	1,82	2101,6	97
	0,15	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,73	2,02	1,68	1,81	1437,6	59
	0,3	С1(0)	1,05	1,17	0,96	1,06	1223,5	96
	0,3	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,65	1,86	1,60	1,70	2314,5	128
	0,3	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,87	2,12	1,73	1,91	2339,3	107
	0,3	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,84	2,16	1,73	1,91	1701,8	68
	0,45	С1(0)	0,99	1,18	0,89	1,02	1117,9	89
	0,45	С2(N ₄₀ P ₁₀)	1,67	1,87	1,42	1,65	2182,4	121
	0,45	С3(N ₈₀ P ₄₀)	1,87	2,17	1,63	1,89	2286,5	105
	0,45	С4(N ₁₂₀ P ₇₀)	1,84	2,21	1,62	1,89	1649	66
НСР ₀₅ ,	Фактор А		0,037	0,056	0,041	–	–	–
	Фактор В		0,045	0,069	0,050	–	–	–
	Фактор С		0,052	0,079	0,057	–	–	–
	Сочетание АВС		0,127	0,194	0,141	–	–	–

При использовании предложенного способа посева параметры уравнения имеют следующие значения: $a=0,73$, $b=2,03$, $c=-3,0$, $d=0,02$, $e=-0,0001$, $f=2,9 \times 10^{-7}$ (рисунок 4). Анализ приведенных зависимостей показал, что наибольшая эффективность от внедрения предложенного способа посева обеспечивается при применении удобрений. Так, на удобренных участках прибавка урожайности маслосемян горчицы от внедрения предложенного способа посева не превышала 0,21-0,22 т/га, при внесении удобрений дозой N₄₀P₁₀ – 0,31-0,39 т/га, а при внесении N₈₀P₄₀ или N₁₂₀P₇₀ – достигала 0,37-0,43 т/га. Максимальный уровень продуктив-

ности 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 $N_{80}P_{40}$.

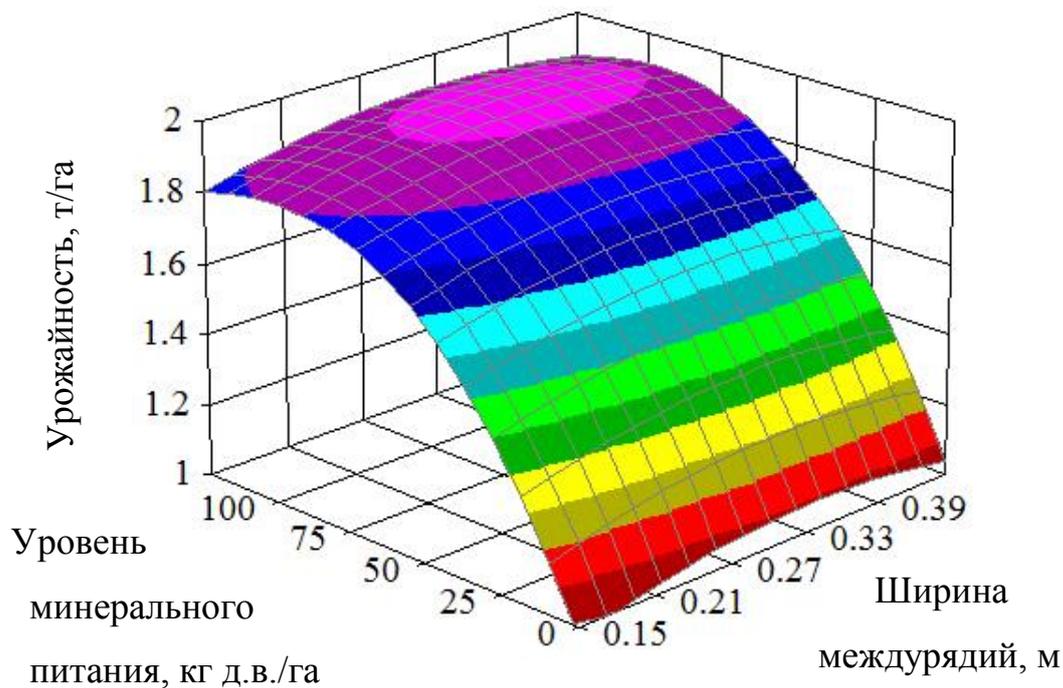


Рисунок 4 – График множественной взаимосвязи урожайности, ширины междурядий и уровня минерального питания горчицы при посеве по мерзлоталой почве предложенным способом

Главной особенностью технологии возделывания горчицы в качестве страховой культуры рисовых севооборотов является вынужденное исключение из технологической схемы основных обработок почвы. Основными условиями эффективного возделывания горчицы в качестве страховой культуры является посев по мерзлоталой почве по предложенному (с поделкой микробороздок) способу с шириной междурядий 0,3 м и внесение минеральных удобрений дозой $N_{80}P_{40}$, рассчитанной на формирование планируемого уровня урожайности 2,0 т/га. Инвестиции в производство горчицы в рисовых чеках при реализации такой технологической схемы экономически оправдано. Расчеты свидетельствуют, что прибавка чистого дисконтированного дохода от внедрения предложенного способа посева 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 предло-

женного способа посева горчицы по мерзлоталой почве с шириной междурядий 0,3 м и внесении минеральных удобрений дозой $N_{80}P_{40}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретическими и экспериментальными исследованиями доказано, что агробиологические 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 растения 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. м²сут./га – фотосинтетический потенциал и на 0,12-0,26 г/м² в сут. – среднюю продуктивность фотосинтеза посева. В совокупности это позволяет сформировать посева, 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 $N_{80}P_{40}$ 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. м²дн./га при росте продуктивности фотосинтеза на 0,37-0,45 г/м². В совокупности это позволяет сформировать посева, 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 внесении 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 наиболее продуктивности обеспечиваются при сохранении 95-96 раст./м², формировании, в среднем, 7,5 ветвей и 83,7-75,2 стручков на растении, 9,9-10,2 семян в стручке при массе 1000 семян 3,42-3,44 г.

Инвестирование средств на внедрение рекомендуемого способа посева горчицы по мерзлоталой почве экономически выгодно. Прибавка чистого дисконтированного дохода от внедрения нового способа для проекта со 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 $N_{40}P_{10}$.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

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:

– использовать способ посева горчицы, включающий нанесение микродеформаций по мерзлоталой поверхности поля в зоне последующей раскладки посевного материала;

– проводить посев в микробороздыс шириной междурядий 0,3 м;

– минеральные удобрения вносить дозой $N_{80}P_{40}$.

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

Список работ, опубликованных по теме диссертации

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Цыбулин, В.В. Продуктивность и качественные показатели семян горчицы сарептской в рисовых севооборотах Калмыкии / В.В. Цыбулин, В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева // Плодородие. – 2012. – №1. – С. 30-32 (0,34 п.л., авт.– 0,1)

2. Цыбулин, В.В. Инновационные приемы возделывания горчицы сарептской в системе рисового севооборота / В.В. Цыбулин, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – №4. – С. 8-12 (0,45 п.л., авт.– 0,35)

3. Цыбулин, В.В. Потенциал продуктивности горчицы сарептской в рисовых чеках // В.В. Цыбулин, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Плодородие. – 2014. – №3. – С. 38-41(0,43п.л., авт.– 0,32)

4. Цыбулин, В.В. Условия эффективного использования ресурсов почвенной влаги при возделывании горчицы в рисовых чеках // В.В. Цыбулин, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – №2. – С. 31-33(0,32п.л., авт.– 0,27)

В прочих изданиях:

5. Рекомендации по возделыванию горчицы сизой (сарептской) в степных регионах России. – Буянкин В.И., Цыбулин В.В. [и др.]. – Волгоград: ИПК «Панорама», 2002. – 43 с. (2,0 п.л., авт.– 0,55)

6. Рекомендации по возделыванию сопутствующих культур рисовых севооборотов Сарпинской низменности. – Демкин О.В., Адьяев С.Б., Дедова Э.Б., Цыбулин В.В. [и др.] – Элиста: издательство Калмыцкого института социально-экономических и правовых исследований, 2007. – 34 с. (1,5 п.л., авт.– 0,33)

7. Цыбулин, В.В. Способ посева горчицы по мерзлоталой почве / В.В. Цыбулин, В.В. Бородычев // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур: матер. межд. научно-практ. конф. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. – С. 45-50 (0,27 п.л., авт.– 0,22)

8. Цыбулин, В.В. Новая технология возделывания горчицы в рисовых чеках Калмыкии / В.В. Цыбулин, В.В. Бородычев // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур: матер. межд. научно-практ. конф. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. – С. 4-9 (0,26 п.л., авт.– 0,2)

9. Цыбулин, В.В. Повышения эффективности возделывания горчицы сарептской в рисовых чеках / В.В. Цыбулин, В.В. Бородычев // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России: матер. межд. конф. 20-21 марта 2013 года. – М.: изд. ВНИИА, 2013. – С. 137-141 (0,25 п.л., авт.– 0,2).