МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР» (ФГБНУ ФРАНЦ)

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ НА ЧЕРНОЗЁМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ В АГРОЛАНДШАФТАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Монография

п. Рассвет, 2021 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»
(ФГБНУ ФРАНЦ)

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ НА ЧЕРНОЗЁМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ В АГРОЛАНДШАФТАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

(Монография)

п. Рассвет, 2021

УДК: 633.351:631.452: 470.61
ББК 42.112
Т 38

Т 38 **Технология возделывания чечевицы на чернозёмах обыкновенных в агроландшафтах Ростовской области:** монография / Н.Н. Вошедский, И.Н. Ильинская, В.А. Кулыгин, С.В. Пасько, А.В. Федюшкин, Э.А. Гаевая / ФГБНУ ФРАНЦ. Рассвет: Изд-во «АзовПринт» 2021. – 120 с.
ISBN 978-5-6047358-1-7
DOI 10.34924/FRARC.2021.17.39.001

Ответственный редактор: И.Н. Ильинская, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник ФГБНУ ФРАНЦ.

В подготовке данных полевых опытов принимали участие сотрудники лаборатории: С.А. Тарадин, М.А. Рычкова, Е.Н. Нежинская, А.В. Мищенко.

Рецензенты:

А.И. Грабовец, член-кор. РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ ФРАНЦ.
К.И. Пимонов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства ФГБОУ «Донской ГАУ».

Технологические приёмы возделывания чечевицы разработаны на основании обзора литературных источников и результатов научных исследований, проведённых в ФГБНУ ФРАНЦ в 2018-2020 гг. на опытных стационарах агрохимии, эрозии и сортовой агротехники, где изучалось влияние способов обработки почвы, норм высева и уровней минерального питания растений на продуктивность сорта чечевицы Донская селекции ФГБНУ ФРАНЦ.

Монография предназначена для руководителей и специалистов агрономической службы сельскохозяйственных предприятий всех форм собственности, научных сотрудников и студентов сельскохозяйственных высших учебных заведений.

ISBN 978-5-6047358-1-7
DOI 10.34924/FRARC.2021.17.39.001

© ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», 2021.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 5

1 Общие сведения 8

1.1 Морфологическая характеристика чечевицы 8
1.2 Требования чечевицы к условиям произрастания 10

2 Основные элементы технологии возделывания чечевицы 15

2.1 Место чечевицы в севообороте 15
2.2 Противоэрозионная защита и способы подготовки почвы 16
2.3 Подготовка семян к посеву 17
2.4 Сроки и способы посева, нормы высева семян 20
2.5 Применение удобрений 22
2.6 Система защиты растений 23
2.7 Уборка урожая чечевицы 42
2.8 Подготовка семян к реализации и хранению 44

3 Обоснование исследований и условия их проведения 54

3.1 Обоснование исследований 45
3.2 Схема опытов и методика исследований 51
3.3 Почвенно-климатические и погодные условия проведения исследований 53

4 Технологические приёмы возделывания чечевицы сорта Донская в условиях плакорно-равнинного агроландшафта 57

4.1 Запасы продуктивной почвенной влаги при возделывании чечевицы на плакорных землях 57
4.2 Урожайность чечевицы на плакорных землях в зависимости от способа обработки почвы, нормы высева семян и фона питания 59
4.3 Особенности водопотребления чечевицы на плакорных землях 63

4.4 Химический состав растений чечевицы в фазе цветения 65
4.5 Структура урожая чечевицы на плакорных землях в зависимости от нормы высева и фона минерального питания 68
4.6 Урожайность и качество урожая чечевицы на плакорных землях в зависимости от нормы высева и фона минерального питания 73

5 Технологические приёмы возделывания чечевицы сорта Донская в условиях эрозионно-опасного агроландшафта 78

5.1 Агроэкологические свойства почвы при возделывании чечевицы на эродированных землях 78
5.2 Эрозионная устойчивость почв на склоне 86
5.3 Почвенные влагозапасы и водный баланс посевов на склоне 87
5.4 Урожайность, качество урожая и засорённость посевов чечевицы на эродированном склоне 91

6 Эффективность технологических приёмов возделывания чечевицы сорта Донская на плакорных и эродированных землях 98

6.1 Агрохимическая и экономическая эффективность возделывания чечевицы сорта Донская на плакорных землях 98
6.2 Экономическая и биоэнергетическая оценка возделывания чечевицы сорта Донская на эродированном склоне 102
6.3 Сравнительная оценка экономических показателей при возделывании чечевицы на плакорных и склоновых землях 106

Заключение 108

Рекомендации производству 112

Список использованных источников 113

ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых распространённых растений, принадлежащих к семейству бобовых, является чечевица. Это растение является одним из самых древних в сельском хозяйстве, что подтверждается археологическими находками. Считается, что впервые чечевица появилась в Юго-Западной Азии. Она очень популярна в Индии, Турции, Китае и других странах Азии, Австралии, Канаде и США, в Европе и Украине, в России и Казахстане [1].

Интерес к чечевице вызывают её несомненные преимущества. Она является хорошим предшественником, так как обогащает почву азотом. Как и другие зернобобовые культуры, в процессе роста чечевица связывает из воздуха до 80 кг/га азота в действующем веществе. Она производит большое количество белка на единицу площади, по сравнению с другими культурами. Белок, получаемый из зернобобовых (из чечевицы), является одним из самых дешёвых и легкоусваиваемых. Кроме того, хорошо развитая корневая система чечевицы, проникающая на глубину до 100 см, обладает способностью разлагать труднодоступные для других растений фосфаты почвы [2-4].

Бобы чечевицы обладают полезными свойствами, превышающими те же показатели у других культур. По содержанию белка, витаминов, микроэлементов, в частности железа, чечевице нет равных. Зерно чечевицы содержит достаточно много необходимых организму незаменимых аминокислот и фолиевой кислоты. При этом этот продукт очень хорошо усваивается организмом человека. Чечевица не накапливает в себе нитраты и радионуклиды, поэтому она всегда и везде остаётся экологически чистым продуктом [5, 6].

Чечевица – это уникальное растение, которое в своё время спасало от голода целые страны. Это растение богато белками, на 100 г чечевицы приходится до 35 г белка. Зерна чечевицы хорошо развариваются, по сравнению с другими представителями семейства бобовых, а их белок гораздо лучше усваивается, чем белок, получаемый из мяса.

Имея высокие лекарственные свойства, чечевица находит применение в медицинской отрасли: как при производстве ряда лекарственных препаратов, так и в народной медицине [7]. Биохимический состав чечевицы выводит её в разряд важнейших диетических культур, используемых в питании. Среди зернобобовых культур по вкусовым качествам и питательности чечевица занимает одно из первых мест. Ряд сортов культуры содержат в 100 граммах продукта до 280-310 ккал, превосходя по калорийности фасоль и горох [5].

Культура хорошо востребована в животноводстве: её семена, зелёная масса, солома и полова являются ценным кормом для скота, богата легкоусваиваемым белком, которого в ней содержится до 13 %.

Известно также, что на мировом рынке чечевица экспортных кондиций оценивается в 3–4 раза дороже лучших сортов пшеницы. Все это показывает экономическую востребованность и перспективность производства чечевицы в современных реалиях рыночной экономики [8,9].

Данная культура обладает высокой засухоустойчивостью и жаростойкостью, хорошо приспособлена к стрессовым условиям частых засух. По этим показателям чечевица превосходит многие зернобобовые культуры – сою, горох, фасоль и др., уступая лишь нуту. Чечевица слабо поражается вредителями и болезнями, не полегает. Прикрепление нижних бобов на высоте 15-16 см благоприятно для механизированной уборки. При современной тенденции усиления аридности климата чечевица становится одной из перспективных яровых культур для возделывания в засушливых условиях.

Во всем мире посевы чечевицы занимают около двух миллионов гектаров. Особенно популярной она является в странах Азии и в Средиземноморье. Также повышается спрос на чечевицу в Центральной Европе, что, скорее всего, обусловлено наплывом мигрантов. На сегодняшний день лидирующие позиции в производстве данного зерна занимают США, Китай, Турция, Индия, Непал, Австралия, Сирия, Эфиопия и Марокко. Вклад других стран в производство чечевицы незначителен [1].

Однако фактическая продуктивность чечевицы, возделываемой в зоне недостаточного увлажнения Ростовской области, значительно

ниже потенциальной продуктивности культуры. Это подтверждают статистические данные Минсельхозпрода Ростовской области, по которым средняя урожайность чечевицы в области на площади 763-1070 га в 2019-2020 гг. не превышала 6,9-7,2 ц/га. Приведённые данные отражают тенденцию недостаточного раскрытия потенциала культуры в почвенно-климатических условиях Юга России.

Среди причин низкой урожайности чечевицы следует выделить: дефицит интенсивных, адаптивных к местным условиям сортов данной культуры; недостаток научных рекомендаций по технологии её возделывания; слабое внедрение достижений науки в производство. Эти тенденции обусловливают актуальность исследований по выявлению особенностей новых, перспективных сортов чечевицы, установлению оптимального сочетания способов основной обработки почвы, фона минерального питания и норм высева семян, обеспечивающих получение высоких, стабильных урожаев данной культуры в условиях Ростовской области.

В производстве при возделывании чечевицы пользуются общими для культуры агротехническими приёмами [10-13]. Однако каждый сорт, имея общие закономерности в развитии с другими сортами, обладает свойствами, присущими только ему. Поэтому при внедрении новых сортов в производство большое значение имеет разработка сортовой агротехники, которая даёт возможность наиболее полно проявить потенциальные возможности сорта.

В связи с вышесказанным, целью исследований являлось установление оптимального сочетания ключевых технологических приёмов: способа основной обработки почвы, нормы высева семян и фона удобрений, а также особенностей водопотребления данной культуры для повышения продуктивности чечевицы в богарных условиях приазовской зоны Ростовской области в условиях плакорно-равнинных и эрозионно-опасных агроландшафтов.

Исследования проводились на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ. При проведении исследований использовались: Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989), Методика полевого опыта (1987) и другая литература [14, 15].

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Морфологическая характеристика чечевицы

Чечевица – однолетнее растение, принадлежащее к семейству бобовых, высотой 30-60 см с прямостоячим или полулежащим четырехгранным стеблем. Количество стеблей может отличаться в зависимости от густоты стояния растений, так как чечевица достаточно хорошо кустится. Листья парноперистые, с 2-8 парами листочков, заканчиваются усиком или его зачатком [1,3,4] (рисунок 1).

Рисунок 1 – Растение чечевицы

Корневая система стержневая, хорошо развитая, проникает в почву на глубину до 1 м, но основная масса корней размещается в слое до 30 см. Цветки мелкие 4-8 мм, различные по цвету, в зависимости от подвида, но чаще всего белые, парус с синими прожилками.

Растение очень красиво в период цветения. Многие виды чечевицы являются самоопыляемыми. Перекрёстное опыление можно встре-

тить только у некоторых сортов этого растения. Цветение начинается с нижних ветвей и при благоприятных погодных условиях продолжается до самого созревания. Основной урожай формируется на ветвях нижнего и среднего ярусов. Боб двустворчатый, почти ромбической формы с 1-3 семенами. Семена имеют характерную, линзообразную форму, 2-9 мм в диаметре, масса 1000 зёрен 20-90 г. Семенная оболочка может быть зелёной, жёлтой, чёрной, коричневой, однотонной или с рисунком и др. [1]

Растение бывает двух разновидностей: крупносемянное; мелкосемянное. Первый вид характеризуется более высоким ростом, стебель может достигать 70 сантиметров, его бобы более крупные, а семена достигают в диаметре 9 мм. Период созревания такого растения составляет от 80 до 120 дней.

Мелкосемянная чечевица обычно не вырастает более 50 сантиметров в высоту, ее бобы и семена гораздо мельче. Преимуществом данного вида является высокая устойчивость к недостаточному количеству влаги. Для того чтобы семена проросли, понадобится устойчивая температура не менее 4 градусов. Первые всходы могут появиться в течение 8–12 дней. Цветение наступает примерно через 45 дней с момента появления первых всходов. До бутонов этот представитель семейства бобовых растёт достаточно медленно, а после цветения хорошо идёт в рост и начинает ветвиться [1].

Следует учитывать, что чечевица созревает неравномерно. Сначала созревают бобы на нижних ярусах растения, а затем плоды появляются на верхних ветвях. Плоды представлены в форме бобов. Они различаются по цвету. Стебель чечевицы довольно ветвистый, листья парноперистые. Самым неприхотливым считается мелкосеменной сорт (рисунок 2).

Наибольшее распространение получили такие формы: зеленая, красная египетская, краснозёрная Донская, коричневая, желтая, черная мелкая, французская. Их можно разделить на два подвида – крупносеменные (макросперма, семена диаметром 6-9 мм) и мелкосеменные (микросперма, до 6 мм).

Рисунок 2 – Семена чечевицы

Подвид макросперма характеризуется большими семенами (масса 1000 семян – 45-90 г), бобы большие, плоские (длиной 15-20 мм, в ширину 7-11 мм), цветки крупные, белого цвета с голубыми жилками на парусе. Цветоносы несут 2-3 цветка. Подвид микросперма выделяется мелким или средним семенами (масса 1000 семян меньше 45 г) линзовидной формы. Бобы мелкие (длиной 6-15 мм, в ширину – 7,5-10,5 мм). Цветки мелкие, разного цвета. Из-за формы семени крупносеменную чечевицу также называют тарелочной. Сорта тарелочной чечевицы имеют более высокий стебель (40-70 см) [1].

1.2 Требования чечевицы к условиям произрастания

Требования к температуре. Чечевица наиболее продуктивна при её выращивании в условиях умеренно тёплой погоды, средней за период вегетации температуре воздуха 15-18°С и сумме осадков за период от всходов до хозяйственной спелости 100-180 мм (средний урожай 1,6-2,0 т/га). Чечевица начинает прорастать при температуре

3-5°С, но дружные всходы появляются лишь при посеве в почву, прогретую в слое 10 см до 7-10°С, через 7-10 дней. Хозяйственная спелость чечевицы наступает при накоплении суммы температур 1400-1900°С, причём в засушливые годы эта сумма на 100-150°С меньше, чем во влажные. Мелкосеменные формы чечевицы реагируют на укороченный день сильнее и, как правило, более резко, чем крупносеменные. Заморозки в 5-6°С всходы переносят легко. К заморозкам устойчивы не только молодые, но и взрослые растения чечевицы. После появления всходов чечевица более требовательна к теплу, нормально растёт и развивается при среднесуточной температуре 17-19°С. В период налива и созревания семян оптимальной является температура 19-20°С. Стоит ещё отметить неприхотливость и способность переносить непродолжительные заморозки в период роста. Молодые растения способны выдерживать небольшие заморозки (-5-6°С), что позволяет высевать её рано весной. В почве чечевица легко может переносить весенние заморозки до 10 градусов ниже нуля. Также растение характеризуется высокой жароустойчивостью, благодаря чему выращивать его можно в любом регионе. Оптимальная температура произрастания чечевицы около 20 градусов [3,7].

Требования к влаге. Чечевицу следует сеять сразу после наступления физической спелости почвы, потому что в этот период ей необходимо большое количество влаги. В последующие фазы развития требования растения к влаге снижаются, и небольшой недостаток её в почве чечевица переносит значительно лучше, чем горох. По засухоустойчивости она уступает только чине и нуту. Период до цветения является для чечевицы в отношении влаги критическим. Если до цветения влаги в почве достаточно для нормального роста и укоренения растений, то в период цветения-созревания чечевица переносит засуху сравнительно легко и даёт хороший урожай семян высокого качества. Крупносеменные сорта чечевицы являются более чувствительными к засухе в период до цветения, чем мелкосеменные. Почвенную засуху в период цветения чечевица переносит легче, чем атмосферную. Особенно большой вред в это время наносят суховеи, под воздействием которых цветоножки растений быстро подсыхают и скру-

чиваются. Это влечёт за собой опадание бутонов и цветков и, как следствие, снижение урожая. Однако если после засухи выпадают осадки, то возможно вторичное цветение и нивелирование последствий водного дефицита, если будет возможность дозревания до уборочных кондиций. В период налива-созревания семян избыток влаги в почве для чечевицы неблагоприятен, так как в этом случае удлиняется ее вегетационный период, она сильно поражается болезнями (ржавчина, аскохитоз, фузариоз и серая гниль), развивает большую вегетативную массу, и, как следствие, урожайность семян и их качество резко снижаются. Учитывая эти биологические особенности чечевицы, необходимо оценить запасы продуктивной влаги в течение вегетации культуры и их влияние на условия произрастания и урожайность [3, 7].

Культура хорошо адаптирована к полузасушливому прохладному климату. Однако довольно суровые засухи резко снижают её урожайность. Оптимальное количество осадков в течение вегетационного периода составляет 150-200 мм. В случае сильных дождей и высокого уровня увлажнения почвы, из-за переувлажнения происходит чрезмерный рост вегетативной массы, это приводит к сильному полеганию, падению урожайности и снижению качества семян.

Требования к почвам. Наилучших результатов в выращивании чечевицы можно достигнуть при её культивировании на почвах с уровнями pH 6,0-8,0. Эта культура плохо переносит закислённые почвы. Она может перенести переувлажнение или почвы с повышенной солёностью. Чечевица хорошо приспособлена к чернозёмам южным, но более высокую урожайность формирует на чернозёмах обыкновенных и может возделываться на тёмно-каштановых почвах [3, 7].

Чечевица хорошо растёт на почвах рыхлых, лёгких, супесчаных почвах, суглинистых и песчаных разностях чернозёмов и каштановых почвах. Вместе с тем для чечевицы непригодны почвы, избыточно богатые азотом, на которых при выращивании она развивает мощную зелёную массу в ущерб семенной продуктивности. По этим же причинам чечевица не выносит свежего навоза и высоких доз азотных минеральных удобрений. Вегетация чечевицы также будет затягиваться на паровых полях в ущерб семенной продуктивности [3, 7].

Требования к элементам питания. На чечевице, как и на других культурах, при применении удобрений в первую очередь нужно руководствоваться результатами почвенного анализа на содержание нужных химических элементов. Однако в целом следует иметь в виду, что чечевица слабо откликается на применение удобрений и при высоком содержании азота в почве фиксация атмосферного азота не происходит [7,16].

Азот. При высоком содержании азота в почве и при значительном количестве доступной влаги происходит избыточный рост вегетативной массы, а количество бобов и семян при этом образуется весьма незначительно. При нормальной азотфиксации чечевица может обеспечить до 50-80% своей потребности в азоте за счёт фиксации азота клубеньковыми бактериями, а недостающее она возьмёт из почвы. Однако при содержании азота в почве менее 17 кг/га, начальный рост растений будет медленным, растения будут жёлтыми в течение определённого периода времени из-за нехватки азота. Поэтому при посеве на таких полях желательно вносить от 15 до 30 кг/га азота. Хотя начальная доза азота на начальной стадии развития растений будет способствовать их лучшему росту, существенной прибавки урожая может и не быть. Так как чечевица имеет достаточно короткий вегетационный период, большая вегетативная масса, полученная с помощью внесённого азота, не будет способствовать существенному увеличению урожая семян [7,16,26].

Низкие температуры, засуха или избыточная влага тормозят фиксацию атмосферного азота. Внесение азота более 30 кг/га существенно сдерживает фиксацию атмосферного азота. Стартовая доза азота способствует лучшему развитию вегетативной массы, однако, при влажной погоде это может быть причиной более сильного заражения болезнями, так как в густой вегетативной массе, которая плохо проветривается, создаются благоприятные условия для развития грибных болезней. Благодаря более интенсивному росту растений в начальные стадии роста и соответственно большей высоте растений нижние бобы будут прикреплены выше, что в определенной степени может облегчить сбор урожая [7,16,26].

Фосфор. Фосфор способствует лучшему развитию корневой системы и лучшему общему развитию растений. Также фосфор играет важную роль в азотфиксации и способствует более быстрому и одновременному созреванию растений. Поэтому, если результаты анализа почвы указывают на недостаток фосфора в почве, нужно вносить фосфорные удобрения. Дозу удобрений нужно снижать при посеве в недостаточно влажную почву. Для минимизации токсического эффекта можно увеличивать дозу внесения фосфора под культуру, которая сеялась в предыдущий год, или вносить его с осени. Внесение грибкового инокулята, путём обработки семян перед посевом, повышает доступность фосфора в почве [7,16,26].

Калий. Калий обычно содержится в достаточном количестве в большинстве почв. Но при этом прежде всего нужно руководствоваться результатами почвенного анализа по содержанию этого элемента. Для формирования 2 т/га урожая семян чечевицы нужно более 84 кг/га калия, поэтому при его дефиците в почве, рекомендуется внесение калия при посеве вместе с семенами, с соблюдением технологии внесения [7,16,26].

Сера. Для развития чечевицы также требуется сера в достаточно существенном количестве. Для создания урожая 2 т/га семян нужно 9-11 кг/га серы. Если результаты почвенного анализа указывают на нехватку этого элемента в почве, нужно применять минеральные удобрения, в частности сульфат аммония, содержащий серу в доступной для растений форме. Дефицит микроэлементов на чечевице встречается довольно редко [8,16].

2 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ

2.1 Место чечевицы в севообороте

Чечевицу нежелательно размещать на полях, засоренных многолетними и однолетними сорняками, особенно двудольными, после предшественников с общими заболеваниями (рапс, подсолнечник, лён, бобовые травы и зернобобовые культуры), на засоленных, кислых, избыточно влажных и плохо аэрируемых почвах, после гербицидов, имеющих последействие.

Из практики учёных ФГБНУ ФРАНЦ и зарубежных специалистов, имеют место последействия гербицидов, применяемых на предшествующей культуре с действующими веществами: атразин, метсульфурон-метил (34 месяца), хлорсульфурон (36 месяцев), триасульфурон (4 месяца), сульфосульфурон (22 месяца), клопиралид (16-22 месяца), йодосульфурон, просульфурон (22 месяца). Последействие клопиралида на чечевицу также может быть причиной существенных проблем. Этот набор нежелательных условий невозможно компенсировать, их можно только избежать [11, 16].

Производство чечевицы наиболее благоприятно при выращивании в севообороте с зерновыми колосовыми культурами (озимая и яровая пшеница), пропашные культуры, такие как кукуруза, сахарная свекла, картофель, гречиха. Не допускается сеять чечевицу после возделывания бобовых, подсолнечника, рапса, горчицы, льна.

На прежнее место чечевицу возвращают не ранее, чем через 4-5 лет, чтобы избежать распространения грибковых заболеваний, а также нематоды, паразитирующей на ее корнях. Вместе с тем, чечевица – хороший предшественник для многих культур, в том числе озимых [11]. Согласно исследованиям Научно-производственного центра зернового хозяйства им. А.И. Бараева, для урожая зерновых культур, возделываемых по стерне, чечевица является лучшим предшественником после гороха.

При посеве культуры нужно соблюдать пространственную изоляцию, размещать не ближе 1-1,5 км от других зернобобовых культур и многолетних трав с целью предотвращения поражения болезнями и вредителями.

Почвы с высоким содержанием азота могут послужить причиной излишнего роста вегетативной массы в период образования семян, особенно в благоприятные по погодным условиям годы. Главное требование – поле должно быть чистым от сорняков. Семена от падалицы яровой пшеницы и ярового ячменя трудноотделимы из семян чечевицы, поэтому в посевах чечевицы их рекомендуется контролировать гербицидами [16].

2.2 Противоэрозионная защита и способы обработки почвы

В системе почвозащитных мероприятий при возделывании чечевицы на склонах одним из важных элементов является противоэрозионная организация территории на основе контурно-полосного размещения культур и агрофонов. Суть данного приёма заключается в том, что поле занимается не одной культурой, а двумя, и размещаются они не сплошными массивами, а чередуются между собой отдельными полосами шириной от 50 до 100 м в зависимости от крутизны склона. Чередование культур и агрофонов проводится так, чтобы в полосах сменялись рыхлая и уплотнённая пашня. В летний период одни полосы должны заниматься эрозионно устойчивыми культурами сплошного сева (озимые, однолетние и многолетние травы), а другие – эрозионно неустойчивыми (чистый пар или пропашные культуры) [17].

Основная особенность этого мероприятия, выгодно отличающегося от других почвозащитных мер, заключается в том, что при его проведении не требуется специальных машин и каких-либо изменений в приёмах обработки почвы и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Результаты исследований показали, что контурно-полосное размещение культур противостоит развитию процес-

сов эрозии как в период стока талых вод, так и во время выпадения ливневых дождей. Защита почв от смыва осуществляется за счёт разновременности таяния снега в полосах, различных водно-физических свойств почвы, использования противоэрозионной функции растительного покрова, высеваемых в полосах культур, а также создания на границах полос в процессе их обработки валов с широким основанием.

Обработку почвы под чечевицу следует проводить с учетом предшественника, почвенно-климатических условий, степени засоренности поля и видового состава сорняков. Обработка почвы под чечевицу обычная для ранних яровых культур: одно-два дискования предшественника, основная обработка почвы, весеннее закрытие влаги или предпосевная культивация [16].

Очень важно сразу же после уборки предшественника провести дискование стерни, что способствует сохранению влаги, уничтожению вегетирующих сорняков и провоцирует прорастание семян сорняков. При засорении многолетними корневищными сорняками поле два-три раза дискуют с периодичностью через 10-15 дней. Через две-три недели после последнего дискования, при условии отрастания многолетних сорняков, проводим обработку гербицидами глифосатной группы. Глубокая вспашка проводится через 20 дней после гербицидной, которая разрыхляет почву, при этом создаются благоприятные условия для накопления влаги и хорошей аэрации [18,19].

Поле, где планируется посев чечевицы, должно быть тщательно подготовлено, особенно хорошо выровнено. Очищенные поля от сорняков и падалицы предшественников идеально подходят для выращивания чечевицы.

2.3 Подготовка семян к посеву

Для получения высокого урожая следует использовать высококачественное сертифицированное зерно. Особое внимание нужно обращать на наличие в посевном материале такого злостного загрязнителя, как плоскосемянная вика, которая трудно отделяется от чечевицы [2].

Для предупреждения болезней семена чечевицы непосредственно перед посевом протравливают качественными протравителями, рекомендованными для данной культуры в списке разрешённых препаратов. В процессе вегетации при значительном распространении инфекции применяют рекомендованные для бобовых культур фунгициды.

Подготовка семян начинается заблаговременно и заключается в тщательной очистке и обработке их протравителями. Обработка семян фунгицидными протравителями необходима по следующим причинам:

- сокращение ротации севооборота (возвращение чечевицы на поле менее чем через 4-5 лет);
- ранние сроки сева (посев в непрогретую почву);
- использование для посева зараженных болезнями семян (всхожесть семян чечевицы должна быть не менее 85%);
- насыщение севооборота культурами (подсолнечник, лен, рапс, бобовые травы и т.д.), имеющими схожие заболевания;
- много растительных остатков на почве с минимальной обработкой или без обработки может быть причиной более длительного его прогрева и соответственно более поздних сроков появления всходов чечевицы.

Фунгицидные протравители можно применять одновременно в смеси с инсектицидным протравителем однако, необходимо предварительно провести тест на совместимость препаратов. Обработка семян фунгицидными протравителями позволяет контролировать семенную и почвенную инфекцию с ранних стадий развития чечевицы до фазы бутонизации, в дальнейшем фунгицидное действие препаратов уменьшается и требуется опрыскивание культуры фунгицидами по вегетации [2].

Чечевица очень отзывчива на обработку семян клубеньковыми бактериями. Обработанная бактериями (Rhizobium leguminosarum) чечевица может обеспечить свою потребность в азоте на 80 % за счёт фиксации атмосферного азота. Обработанные клубеньковыми бактериями растения более устойчивы к засухе и имеют более высокое содержание азота в семенах. При использовании инокулянтов необхо-

димо соблюдать все регламенты применения, хранения и перевозки, рекомендуемые на тарной этикетке препарата [2,12,20].

Если клубеньковые бактерии активно фиксируют атмосферный азот, то они будут красными или розовыми на поперечном срезе. Клубеньковые бактерии (как на семенах, так и в упаковке) погибают при воздействии таких экстремальных факторов внешней среды, как высокие температуры, сухой ветер, прямые солнечные лучи. Поэтому до использования их нужно хранить в прохладном и темном месте, они должны быть использованы до окончания срока годности. Обрабатывать семена клубеньковыми бактериями нужно непосредственно в день посева или за сутки. После обработки семян их нужно скорее посеять во влажную почву. Клубеньковые бактерии на семенах, которые попали в сухую почву, погибнут [2,12,20].

Необходимо помнить, что клубеньковые бактерии чувствительны к гранулированным формам удобрений. Поэтому размещение удобрений при посеве вести ниже или рядом с семенами, а не непосредственно возле них. Никогда нельзя смешивать инокулум с удобрениями. Протравители ОЛИМП, КС, ОЛИМП ГРАНД, КС, рекомендуемые для протравки семян чечевицы, не влияют на образование клубеньков бобовых культур и их можно применять вместе с инокулянтами [2,12,20].

Как и другие зернобобовые культуры, чечевица способна усваивать азот из воздуха в количестве 60-80 и более кг/га азота в действующем веществе путем симбиоза с клубеньковыми бактериями *Rhizobium leguminosarum*. Важно отметить, что для каждой из зернобобовых культур существует специфический род этого вида бактерий, который вступает в симбиотические отношения только с определенными видами растений, то есть если это препарат для гороха, то он не будет эффективным на посевах чечевицы, сои или нута. Поэтому, выбирая бактериальные удобрения, следует это иметь в виду.

При инокуляции семян активными штаммами *R. leguminosarum* на корнях растений чечевицы формируется до 70 пузырьков, которые при благоприятных условиях способны накопить до 200 кг/га азота в действующем веществе, их сухая масса достигает 1,2-1,6 мг. Клубеньки на корнях растений появляются на 6-7-й день после появле-

ния всходов. Затем в них синтезируется фермент легемоглобин, который дает розовую окраску содержания пузырьков, что свидетельствует об активном симбиотическом процессе. Основная масса пузырьков размещена в слое 8-15 см. Активность азотфиксации существенно зависит от условий, которые складываются в течение вегетационного периода, особенно от влажности почвы. При его переувлажнении клубеньки могут загнивать, и их количество уменьшается [2,12,20].

2.4 Сроки и способы посева, нормы высева семян

Чечевица относится к группе растений раннего срока сева. По устойчивости к заморозкам в различные фазы развития она приближается к гороху. Сроки сева устанавливаются таким образом, чтобы фазы максимального роста растений совпадали с периодами выпадения осадков (конец июня – начало июля). Всходы чечевицы могут перенести поздние весенние заморозки. Даже если заморозок достаточно силен и привел к гибели основного побега, растение чечевицы может возобновить свой рост из узла у поверхности земли или ниже её [1, 21].

Сеют чечевицу в ранние сроки, обычно совпадающие с началом сева ранних зерновых культур. Чечевица, как и горох, относится к растениям длинного дня, поэтому опоздание с посевом приводит к затягиванию вегетационного периода и снижению высоты растений [1, 21].

Предпосевную обработку почвы проводят так же, как и для других зернобобовых культур ранних сроков сева, но необходимо учитывать, если почва с осени выровнена культиватором, предпосевная культивация не обязательна, так как она кроме иссушения почвы ничего не даёт [1, 21, 43,45,55].

В производственных условиях чечевицу, как правило, высевают обычным рядовым способом при ширине междурядий 15 см. Оптимально загущенные посевы меньше засоряются, лучше отзываются на удобрения, меньше изреживаются при бороновании и дружнее созревают [1, 21,43,45,55].

Чечевицу в условиях Ростовской области, по рекомендации ФГБНУ ФРАНЦ, высевают нормой 2,0-2,5 млн. всхожих семян/га. При очень засушливых условиях норму высева уменьшают на 10-15%. При выращивании чечевицы нужно помнить, что по мере загущения посева возрастает вероятность полегания посевов. Поэтому оптимальной густоте нужно уделять особое внимание [22].

Поскольку верхний слой почвы после предпосевной обработки быстро пересыхает, достаток влаги обеспечивается только при относительно глубокой заделке семян, которую чечевица хорошо выдерживает, так как из-за особенностей прорастания не выносит семядоли на поверхность почвы. Важным условием получения дружных всходов является равномерная заделка семян на одинаковую глубину и во влажный слой почвы [1, 21, 43,45,55].

Однако, как при чрезмерно глубокой, так и мелкой заделке семян снижается полевая всхожесть, хуже развивается корневая система. Оптимальная глубина заделки семян чечевицы составляет 4-7 см, на легких почвах глубину заделки семян можно увеличивать, на тяжелых – уменьшить. Эффективным мероприятием для получения равномерных и дружных всходов, особенно в засушливых условиях, является прикатывание кольчато-шпоровыми катками.

Для прорастания семян нужна температура +4-5°С. При оптимальных условиях всходы появляются через 7-8 дней после посева, а в прохладную погоду – через 2-3 недели. За этот период прорастает значительное количество сорняков, которые уничтожаются в период, когда проростки чечевицы еще не появились на поверхности (рисунок 3).

При уходе за посевами чечевицы важную роль играет послепосевное боронование лёгкими или средними зубовыми боронами до и после всходов при массовом появлении нитевидных проростков сорняков [1, 21,43,45].

Возможно довсходовое применение гербицидов: селектина, заразина, прометрина или гезагарда, 50-55 % с. п. – 3-4 кг/га.

В зоне недостаточного увлажнения, где расположена Ростовская область, главным лимитирующим фактором формирования урожай-

ности чечевицы является влага. Поэтому большое значение имеют оптимальные сроки посева.

Рисунок 3 – Всходы чечевицы

Чтобы предотвратить потери в процессе уборки при полегании посевов рекомендуется применять смеси с другими культурами, которые выделяются высокой устойчивостью к полеганию. Однако по срокам созревания они должны совпадать с чечевицей и не должны быть конкурентами в процессе роста и развития. Полученный урожай должен легко разделяться на составные компоненты на семяочистительных машинах. Чаще всего для этого используют горчицу. Доказано, что высокий урожай чечевицы получают тогда, когда смеси высевают в такой пропорции: чечевица 75 % + поддерживающая культура 25% или в соотношении компонентов 50 + 50 % [2].

2.5 Применение удобрений

Чечевица относится к зернобобовым культурам, которые путем симбиотической фиксации азота из воздуха обеспечивают основные потребности в этом элементе. Поэтому незначительное количество азота (20-30 кг/га) целесообразно вносить только при условии эффектив-

ного действия клубеньковых бактерий. Следует знать, что чрезмерные дозы азота приводят к сильному росту вегетативной массы, способствуют полеганию и снижают урожайность. Для получения максимального урожая в почве должно быть 50-60 кг/га фосфора и 100-120 кг/га калия. Обычно их вносят под зяблевую вспашку. Можно применить 15-20 кг/га фосфорных удобрений одновременно с посевом [23-26].

Результаты исследований минерального питания сортов чечевицы в условиях Ставропольской возвышенности показали, что, максимальную урожайность чечевицы сорт Веховская (2,17 т/га) обеспечила расчетная доза минеральных удобрений $N_{25}P_{45}K_{18}$, что выше показателя сорта Канадская на 0,43 т/га [26].

2.6 Система защиты растений

Защита чечевицы от вредителей. Прорастающие семена и всходы чечевицы повреждают многоядные вредители: луговой мотылек, совка гамма, люцерновая совка, ростковая муха, проволочники, личинки пластинчатоусых жуков, медведка. Всходы чечевицы могут повреждать люцерновая и гороховая тля, серый, черный, зеленый, люцерновый, клубеньковые и другие виды долгоносиков, минеры, степной сверчок, чечевичная зерновка [27-29].

Вредителями в процессе вегетации чечевица повреждается незначительно. Иногда на посевах культуры можно увидеть чечевичную зерновку, клубеньковых долгоносиков, тли, огневки, лугового мотылька, клопов, совок, трипсов. При значительном количестве вредителя посевы чечевицы опрыскивают раствором инсектицидов [27-29].

Одним из основных вредителей для чечевицы являются зерновки. Данные паразиты – это черные жучки, размером 3-3,6 мм. Среди прочих похожих жуков их можно отличить по крупным коричневым или серым волоскам, размещенным возле крыльев. Зиму зерновки обычно проводят внутри поврежденных плодов. Реже – вне их. На полях, которые засеяны чечевицей, они собираются перед самым началом цветения. Яйца паразитами откладываются обычно на молодые бобы.

Когда из яйца появится личинка, она проникает внутрь боба, после чего в молодые семена, где поддерживают жизнь, питаясь содержимым плодов. После завершения развития личинок они превращаются в куколок, а из них, в свою очередь, появляются жучки [27-29].

Еще одним серьезным вредителем для чечевицы считается луговой мотылек. Особую опасность он представляет в периоды увеличения численности и массового размножения, что обычно происходит каждые 10-12 лет. Своими действиями они способны снижать урожайность от 50 до 100 %, из-за чего гибнут растения [27-29].

Чечевице довольно часто вредят ещё совки-гаммы из семейства чешуекрылых. Гусеницы этого вредителя поражают листочки. При этом они выедают отверстия или обгрызают лист по краям. В некоторых случаях листья гусеницами съедаются целиком. Зимуют они обычно в верхних слоях почвы. Когда гусеница превращается в бабочку, то она начинает питаться нектаром. Яйца откладываются чаще на нижнюю сторону листочков. Новые паразиты появляются из отложенных яиц уже через 3-8 дней. Для борьбы с этим вредителем используют междурядные обработки. Кроме того, эффективна зяблевая вспашка, уничтожение сорных растений, на которых могут быть отложены яйца, а также посев льна [27-29].

Тли: люцерновая (Aphiscraccivora) и гороховая (Acyrthosiphonpisum Harris.) одни из основных вредителей чечевицы. Встречаются повсеместно (рисунок 4).

Рисунок 4 – Гороховая тля (*AcyrthosiphonpisumHarris*)

Тли питаются высасывая сок из молодых побегов, листьев, соцветий, бобов. Для чечевицы более вредным является *Aphiscraccivora*. При благоприятных условиях их колонии расширяются очень быстро. На поврежденных посевах они выделяются в виде пятен. Хотя тли имеют достаточно много естественных врагов, в случае их значительного распространения необходимо проводить обработку посевов чечевицы инсектицидами. Экономический порог вредоносности (ЭПВ) на семенных посевах 3-7 экз./растение, на продовольственных – 4-11 экз./растение при 10-15 % заселении [27-29].

Численность гороховой тли *(AcyrthosiphonpisumHarris.)* легко учитывается энтомологическим сачком. При данном типе учета ЭПВ составляет 30-50 особей на 10 взмахов сачком. В годы массового заселения тлей, особенно до начала созревания бобов, нужно провести две-три обработки инсектицидами с интервалом 7-10 дней.

Клубеньковые долгоносики – вредители зернобобовых культур. Несколько видов жуков рода *Sitona* из семейства долгоносиков развиваются в клубеньках бобовых культур, поэтому им дано общее название «клубеньковые долгоносики» (рисунок 5).

Рисунок 5 – Клубеньковый долгоносик (*S. lincalus L*)

Среди них выделяются две биологические группы. Одни виды зимуют в фазе взрослого насекомого неполовозрелыми, приносят

большой вред однолетним зернобобовым культурам. Другие виды откладывают яйца в летне-осенний период, вышедшие из яиц личинки зимуют. Размер жуков отдельных видов составляет от 3 до 9 мм; основной цвет серый [27-29].

Клубеньковые долгоносики наносят двойной вред бобовым культурам: жуки повреждают листья, а личинки – клубеньки. По краю листа жуки выедают полукруглые углубления, отчего лист становится зубчатым. При появлении всходов в жаркую погоду листья могут быть уничтожены полностью. Повреждение листьев жуками, несомненно, угнетает растение, задерживает его рост, снижает урожай зерна и стеблевой массы [27-29].

Среди клубеньковых долгоносиков ***полосатый долгоносик*** *(S. lincalus L)* наиболее многочисленный и широко распространенный по европейским и азиатским материкам.

Зона массового размножения совпадает с районом возделывания однолетних зернобобовых культур. Развитие вредителей проходит на горохе, вике, чечевице и меньше на клевере, люцерне, эспарцете. Зимовка происходит на стадии взрослого жука в поверхностном слое почвы и под растительными остатками на полях, где возделываются многолетние бобовые растения. В начале апреля, при наступлении температуры 3-5°С, начинают выходить из мест зимовки. При температуре 6-8°С начинают питаться многолетними бобовыми травами, а с появлением всходов однолетних растений переходят на них и откладывают яйца, не прекращая питаться [27-29].

Яйца обычно откладывают на почву, иногда на нижние листья, с которых они падают на землю. Плодовитость самки максимум составляет 2700 яиц. Эмбриональное развитие длится на протяжении 7-8 суток. Вылупившись из яйца, личинка спускается к корню и повреждает клубеньки. Период развития личинки длится около 29-40 суток. За это время личинка способна уничтожить в среднем от четырех до семи клубеньков. Завершив активное питание, личинка окукливается в грунте на глубине около 6-30 см. Куколка развивается на протяжении 9-13 суток [27-29].

В степной зоне насекомые начинают появляться в конце июня и продолжается более чем два месяца. Клубеньковый долгоносик очень

хорошо себя чувствует в годы с теплыми и влажными весной и летом. В июле-августе наиболее активный период питания жуков, после чего они мигрируют в места зимовки. В течениение года дают одно поколение [27-29].

Кроме полосатого клубенькового долгоносика встречается ***щетинистый долгоносик*** *(S. crinitusHrbst.)*, с длиной тела 2,8-4,5 мм. Яйцо овальное, длиной 0,25 мм, шириной 0,2 мм. Личинка по внешнему виду сходна с предыдущим видом. На головотрубке имеются три пары волосков, а по бокам головы – восемь волосков [27-29].

Наиболее рациональным способом борьбы с клубеньковыми долгоносиками является предпосевная обработка семян чечевицы инсектицидным протравителем семян КАЛИБР, КС (клотианидин 600 г/л) в дозировке 0,3-0,35 л/т. Период защитного действия оставляет от 4 до 6 недель в зависимости от дозировки препарата. При заселении в более поздние сроки необходимо проводить обработки по вегетации культуры системно-контактными инсектицидами, разрешёнными к применению. К примеру: ТЕРРАНО, КС (имидаклоприд 210 г/л + бета-цифлутрин 90 г/л и др. [27-29].

Проволочники и ложнопроволочники. В связи с насыщенностью севооборотов злаковыми культурами, возрастает роль опасных вредителей чечевицы – личинок жуков-щелкунов семейства *Elateridae* (проволочников). Виды щелкунов широко распространены во всех почвенно-климатических зонах, но значительная вредоносность проявляется на юге РФ [27-29].

Наиболее вредоносными считаются представители родов *Agriotes (Agrioteslineatus, Agriotessputato, Agriotesobscurus)*, *Selatosomus (Selatosomusaeneus, Selatosomuslatus)*, *Melanotus*, а также других (рисунок 6).

Биологический цикл развития может наблюдаться в течение 2-5 лет, на продолжительности которого влияют погодно-климатические условия тех или иных лет. Характерной особенностью проволочников является способность к длительному голоданию. В поисках пищи личинки мигрируют в почве в разных направлениях, и в зависимости от влажности почвы, некоторые виды щелкунов мо-

гут мигрировать в нижние слои (поэтому вредоносность их в жаркую погоду уменьшается), другие виды остаются в верхнем слое почвы и вредят на протяжении всего вегетационного периода [27-29].

Рисунок 6 – Степной щелкун (*Agriotesgurgistanus*)

Пороги вредоносности по проволочникам сильно зависят от множества факторов: почвы, выращиваемой культуры и способа ее посева. Особая вредоносность щелкунов проявляется в личиночном возрасте, экономический порог вредоносности на чечевице составляет 3-5 личинок на 1 м^2, при этом с учетом того, что 1 личинка повреждает до 5 растений чечевицы на 1 м^2, что составляет 10-17 % [27-29].

Одним из способов борьбы с проволочником является предпосевная обработка семян чечевицы инсектицидным протравителем семян КАЛИБР, КС (клотианидин 600 г/л) в дозировке 0,3-0,35 л/т, который позволяет помимо контроля почвенных вредителей (благодаря системному действию клотианидина) обеспечивать защиту надземных органов чечевицы против грызущих и сосущих насекомых. Период защитного действия составляет 3-5 недель в зависимости от дозы препарата и вида вредного объекта [27-29].

Люцерновая совка. *(Heliothisviriplaca Hofn.).* Расширение посевов льна в Ростовской области повлияло на развитие численности люцерновой совки. Вредоносность растениям чечевицы причиняют гусеницы, питаясь листьями, цветами, молочными семенами (рисунок 7).

Рисунок 7 – Совка люцерновая (*Heliothisviriplaca Hufn*)

Совка-гамма *(Phytometragamma L.).* Может наносить значительный вред посевам чечевицы. Многоядный вредитель, имеет от одного до трех поколений, вредоносной фазой в биологическом цикле вредителя являются гусеницы длиной до 32 мм, появляются на растениях во время цветения и поедают их нежные части, а также стебли и цветы. Цвет гусениц – зеленовато-желтый, и они имеют только три пары брюшных ног, чем и отличаются от других совок. Вдоль спины гусеницы проходят восемь светлых линий, а по бокам – по одной желтой. Гусеницы питаются растениями в посевах чечевицы, предпочитая осот, редьку дикую, сурепку [27-29] (рисунок 8).

К мерам борьбы с совкой-гаммой относятся: проведение глубокой зяблевой вспашки, применение средств защиты растений в процессе вегетации.

Рисунок 8 – Совка-гамма (*Autographa gamma L.)*

Минирующие мухи или минеры. Минер многоядный – *PhytomyzaatricornisMg.* Космополит. Распространён повсеместно, обитает в различных биотопах. Личинки многоядны, повреждают горох, нут, люпин, чечевицу, люцерну, клевер, эспарцет, морковь, сельдерей, пастернак, картофель, лук, капусту, горчицу, рапс, тыкву, огурцы, подсолнечник, сафлор, хмель, мак, алтей, валериану, лен, коноплю и др. [27-29] (рисунок 9).

Рисунок 9 – Минер многоядный (*Phytomyzaatricornis Mg).*

Мина бывает как в верхней, так и в нижней стороне листовой пластинки или, начинаясь с верхней стороны, переходит на нижнюю.

Экскременты расположены редкими точками в один ряд. В зависимости от района и культуры в течение вегетационного периода дает несколько поколений. В среднем 4-5 поколений. Лёт первого поколения начинается в начале лета, различные поколения накладываются одно на другое. Окукливание в конце мины на нижней стороне листа под тонким слоем кутикулы. В середине лета происходит лёт мух второго поколения, а с июля по сентябрь развивается еще два-три поколения [27-29].

Чечевичная зерновка. В зерне чечевицы развивается чечевичная зерновка. Жук 3 – 3,5 мм, чёрный, надкрылья в очень густых коричнево-серых или реже серых волосках со многими светлыми, расплывчатыми продолговатыми пятнами, сливающимися у середины надкрылий в две поперечные неясные перевязи. Передние ноги и средние голени желтовато-красные, средние бедра черные [27-29] (рисунок 10).

Рисунок 10 – Чечевичная зерновка (*Bruchus lentis*)

Зимуют жуки внутри поврежденных зерен или вне их. На поля, засеянные чечевицей, они собираются перед началом цветения. Самки откладывают яйца на молодые бобы чечевицы. Отродившиеся личинки проникают внутрь боба, а затем в молодые семена, где питаются их содержимым, заканчивая развитие, превращаются в куколок, а последние – в жуков нового поколения, которые зимуют. Вредит только в поле [27-29] (рисунок 11).

Наиболее рациональным способом борьбы с чечевичной зерновкой является предпосевная обработка семян чечевицы инсектицидным протравителем, как описано выше в борьбе с проволочником.

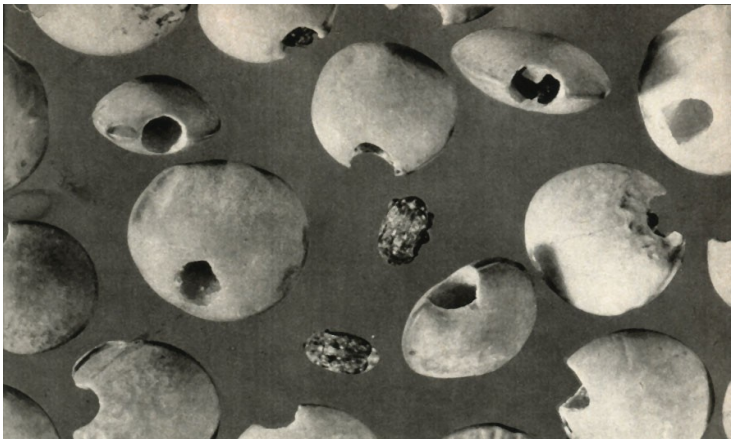

Рисунок 11 – Семена, поражённые личинками чечевичной зерновки

Для контроля вредителей по вегетации чечевицы рекомендуется для использования инсектицидов как пиретроидов, так и фосфорорганических соединений, разрешённых к применению при двукратной обработке посевов в начале цветения и в конце цветения культуры [27-29].

Также вред чечевице наносят различные паразиты: улитки и слизняки, которые не дают растению взойти, объедая молодые побеги. Для борьбы с ними необходимо использовать различные химические средства.

Защита от болезней. Наибольшее экономическое значение для чечевицы имеют такие болезни, как фузариоз, аскохитоз, мучнистая роса, ржавчина, белая и серая гнили, бактериозы и вирусные заболевания.

Аскохитоз *(Ascochytarabiei Lab r)* представляет собой грибковое заболевание, которое характеризуется появлением на листьях темных пятен разной формы и размера, края этих пятен имеют четкие контуры [27-29]. На стеблях поврежденных культур заметны мелкие удлинённые или точечные язвы. На бобах грибок оставляет выпуклые пятна темно-коричневого оттенка. Из-за повреждения створок не образуются плоды. Семена пораженных растений вялые, легковесные, с темными пятнами. Инкубационный период грибка протекает от 3 до 5 дней. Особенно хорошо развивается в период большого выпадения осадков [27-29].

Аскохитоз проявляется в фазах цветения-плодообразования на листьях, стеблях, бобах и семенах. Сначала болезнь имеет очаговый характер, а впоследствии распространяется по всему полю. Интенсивно способна распространяться при теплой дождливой погоде, которая способствует высвобождению и переносу пикноспор. На поражённых органах формируются округлые мелкие пятна желтоватого или темно-коричневого цвета с бурым узким ободком по периферии. Всхожесть семян при поражении этим патогеном снижается на 10-15 % [27-29] (рисунок 12).

Рисунок 12 – Аскохитоз (*Ascochytaboltshauseri Sacc*)

Ржавчина *(Uromycesfabae)* поражает растения чечевицы после цветения, наибольшее её развитие приходится на период созревания бобов, у больных растений нарушается фотосинтез, листья преждевременно желтеют и опадают. Ржавчина поражает растения чечевицы в течение всей вегетации. Весной на нижней стороне листьев формируется эцидиальная стадия гриба *Uromycesfabae,* в фазах бутонизации-цветения на листьях, стеблях и бобах появляются мелкие, красновато-белые пустулы, которые перед созреванием бобов становятся темно-бурыми, в них развиваются телиоспоры. Болезнь снижает качество семян, приводит к потере урожая. На поздних посевах вредоносность болезни существенно возрастает [27-29] (рисунок 13).

Рисунок 13 – Ржавчина чечевицы базидиальный гриб (*Uromycesfabae D.B. f. Lentis*)

Корневая гниль вызывается грибами (*Fusarium, Pythium и Rhizoctonia*) сразу после посева. Фузариоз проявляется как на начальных этапах роста, так и позже. Сначала болезнь поражает семяна и корневую систему, затем распространяется на надземную часть растений и вызывает увядание. Источником инфекции являются семена, почва, растительные остатки. Наибольший вред болезнь наносит в период всходов, вызывая угнетение роста растений. Пораженные растения желтеют, отстают в росте, нижние листья опадают. Корневая система загнивает и растение погибает [27-29] (рисунок 14).

Рисунок 14 – Корневая система чечевицы, повреждённая грибными болезнями

Мучнистая роса вызывается грибом *(Erysiphe communis),* болезнь проявляется на всех посевах чечевицы. Быстро распространяется путем переноса конидий от больных растений к здоровым. Первичным источником инфекции являются растительные остатки. Признаки болезни в виде мучнистого налета появляются в начале цветения, в дальнейшем развитии болезнь длится до конца вегетации. Оптимальными условиями развития болезни являются влажность воздуха 40-60 % и температура 20-28°С [27-29] (рисунок 15).

Рисунок 15 – Мучнистая роса на чечевице *(Erysiphe communis)*

Серая гниль (*Botrytis cinerea*) Возбудитель сохраняется в инфицированных растительных остатках и почве. Болезнь очень опасна в прохладные дождливые годы. Пораженные места в виде сухих язв становятся бурыми и загнивают, затем покрываются серым мицелием, конидиеносцы и конидиями гриба. Листья опадают, а растения надламываются. Значительное количество цветков и бобов опадают; на бобах, которые завязались, возникают язвы, семена формируется мелкие, с пониженной всхожестью [27-29] (рисунок 16).

Рисунок 16 – Гнили чечевицы:
Серая гниль *(Botrytis cinerea),* Белая гниль (*Sclerotiniasc lerotiorum)*

Белая гниль (*Sclerotiniasc lerotiorum*) является также полифагом и поражает почти все бобовые культуры. Проявляется в период созревания при влажной погоде. У основания стебля растений чечевицы образуются влажные пятна, где позже развивается белый мицелий гриба. Стебли надламываются, и растения погибают [27-29].

Для борьбы с болезнями по вегетации чечевицы предлагаются следующие фунгициды: ВАРРО, КС (тебуконазол 500 г/л + карбендазим 50 г/л), РИДЕЛЬ, КС (пираклостробин 97 г/л + тебуконазол 400 г/л) и другие препараты, разрешённые к применению [30].

Фунгициды рекомендуется применять в фазу конца стеблевания – начала бутонизации. Именно в эти фазы чечевица уже формирует основную биомассу и применение фунгицида будет максимально эффективно [27-29].

Рекомендуется первую обработку проводить профилактически, независимо от проявления симптомов заболеваний. Быстрое проникновение в растение и ярко выраженный стоп-эффект в ранней фазе развития заболевания позволяют обеспечить хорошую защиту на ранних стадиях развития чечевицы. Через 15-20 дней после первой фунгицидной обработки рекомендуется повторно обработать чечевицу. Проведение двух профилактических фунгицидных обработок по веге-

тации обычно достаточно для защиты чечевицы от основных заболеваний [27-29].

Защита чечевицы от сорняков. Чечевица, вследствие малой листовой массы и низкого роста, неконкурентоспособна против сорняков. Предохранение от засорения её посевов – важный залог успешного выращивания и получения хороших урожаев чечевицы. Критический период – 6-8 недель после всходов. Особенно опасно засорение ***плоскосемянной викой*** (*Viciacrassa*), так как примеси семян вики сильно снижают пищевые и вкусовые качества чечевицы и трудно отделяются от зерен чечевицы при очистке. Может быть целесообразным осторожное, щадящее посевы чечевицы боронование до всходов и после всходов, так как чечевица очень чувствительна к механическим повреждениям. Оптимальный срок сева, объединённый с оптимальной плотностью растений – наилучший способ обеспечить возможность конкуренции культуры с сорняками [27-29].

Одним из основных мероприятий в борьбе с сорняками – осенние обработки, когда многолетние сорняки после отрастания сформировали настоящие листья. Качественная основная обработка почвы под чечевицу позволяет осенью решить две проблемы, с которыми часто сталкиваются весной. Максимальное очищение поля от сорняков (особенно многолетних) – первоочередная задача. Выравнивание поля – вторая, достаточно важная задача.

Эффективное уничтожение корнеотпрысковых сорняков после уборки предшественников обеспечивает сочетание лущения стерни, основной обработки почвы и внесения системных гербицидов. Многолетние сорняки возможно уничтожить лишь в том случае, когда удается уничтожить их корневища. Гербициды должны разрушить «базу» сорняков, уничтожение надземной части дает только временный эффект. А попасть из обработанных препаратом листьев в корни действующее вещество гербицида может только с нисходящим (по флоэме) потоком соков растения. Интенсивное движение сока «сверху вниз» происходит дважды в течение вегетационного периода: перед цветением и перед уходом в зиму [27-29].

Осенью многолетние сорняки «перекачивают» все питательные вещества из надземной части в подземные «хранилища». Надземная

часть погибает с первыми холодами, а подземная «база» засыпает до весны. Своевременно внесенный осенью гербицид оказывается в корневой системе вместе с «эвакуируемыми» углеводами [27-29].

В осенний период, когда многолетние сорняки находятся в фазе двух и более листьев, применяются гербициды сплошного действия на основе глифосатной группы, гибель сорняков достигает до 90 % вегетирующих на момент обработки. Но их необходимо использовать с учетом времени проникновения, направления течения и скорости перемещения. Так как осенняя обработка против многолетних сорняков проводится минимум за полгода до посева чечевицы, возможно использование баковых смесей глифосатов с другими гербицидами. Например, с гербицидами, содержащими эфиры 2,4Д или вещества группы имидазолинонов (имазетапир, имазапир, имазомокс). Препараты, содержащие 2,4Д в виде эфира эффективно «пробивают» восковый налет на листьях вьюнка полевого, молочая лозного и горчака розового. Это повышает эффективность глифосатов, используемых в баковой смеси как минимум на 30 %. Действие комбинации гербицидов усиливается за счет разного механизма действия препаратов и их синергизма [27-29].

При обилии злаковых сорняков хороший эффект обеспечивает баковая смесь глифосата с граминицидом (около 35-50% гектарной нормы) на основе хизалофоп-п-этила или хизалофоп-п-тефурила. Однако не все гербициды можно использовать в качестве «партнеров» для глифосатов. Необходимо учитывать последействие на культуру, поэтому не рекомендуется использовать сульфонилмочевины с длительным периодом полураспада (тифенсульфурон, римсульфурон, никосульфурон) и препаратов, содержащих клопиралид, пиклорам и аминопиралид [27-29].

Для того чтобы упростить задачу, сразу же после уборки целесообразно провести лущение на глубину 5-6 см. Этот простой прием решает две задачи: стимулируется прорастание сорняков (однолетних и многолетних), а также уничтожаются некоторые сорняки до обсеменения. После массового появления розеток сорняков и первой пары настоящих листьев (через 10-15 дней) проводят гербицидную обработку поля. При этом уничтожаются всходы однолетних сорняков и корневища многолетних сорняков. Через 12-15 дней после такой об-

работки можно проводить вспашку, глубокое дискование или обработку глубокорыхлителем. Если же в осенний период времени по какой-то причине не удалось провести мероприятия по борьбе с сорняками, описанные выше, то целесообразно их провести весной [27-29].

Эффективным способом очистки поля перед посевом чечевицы является предпосевная или довсходовая обработка гербицидами на основе глифосата. При этом необходимо учитывать следующие особенности:

1. Обработку рекомендуется проводить минимум за пять дней до появления всходов.

2. Препарат поглощается через листовую поверхность, поэтому лучше всего контролируются хорошо развитые растения сорняков. Обработка по семядольным листьям сорных растений малоэффективна.

3. Соли глифосата очень хорошо растворяются в воде, но плохо в органических воскоподобных веществах. Поэтому сорняки с мощным «восковым налетом» на листьях (молочай лозный, вьюнок полевой, марь белая и т.д.) сложно уничтожить глифосатами. Ситуацию улучшает добавление в рабочий раствор адьювантов (прилипателей) или азотных удобрений (сульфата аммония, аммиачной селитры).

4. Гербициды на основе глифосатов имеют лучшую эффективность при более высокой концентрации рабочего раствора – не менее 2% по препарату. Поэтому при внесении 2-2,5 л/га (весной доза увеличивается до 3,5 л/га) препарата рекомендуется использовать не более 100 л/га рабочего раствора.

5. При применении гербицидов на основе глифосатов нельзя использовать грязную, жесткую и щелочную воду. В щелочную для подкисления рекомендуется добавить 1,0-1,5 кг сульфата аммония или 2,0-3,0 кг аммиачной селитры на каждые 100 л рабочего раствора. Общее правило: чем хуже качество воды, тем выше должна быть концентрация рабочего раствора (норма расхода 50-80 л/га) и меньше время от его приготовления до внесения.

В связи с тем, что действующие вещества глифосата быстро разлагаются при попадании в почву и после применения гербицидов, нет ограничений при возделывании культур в севообороте. Уже через 7-12 дней после обработки можно высевать любую культуру, в том

числе и чечевицу. Глифосат блокирует синтез незаменимых ароматических аминокислот во всех органах растения, что ведет к гибели всего растения [27-29].

Исходя из многолетних данных, в весенний период времени, предпосевная обработка гербицидами на основе глифосатов (360-540 г/л, в кислотном эквиваленте) позволяет уничтожить от 40 до 55 % вегетирующих многолетних сорняков и примерно 30-40 % однолетних и зимующих, но 50-60 % сорняков остаются в посевах, поэтому необходимо применять гербициды по вегетации чечевицы.

Для контроля однолетних злаковых и двудольных сорных растений в посевах чечевицы применяется гербицид ПРОЛАЙН, КЭ (метрибузин 600 г/л). Гербицид ПРОЛАЙН, КЭ рекомендуется к применению в дозировке 0,4-0,6 л/га в посевах чечевицы на ранних стадиях развития культуры, при росте растений не выше 15 см. Это гербицид системного действия, проникает в растение преимущественно через корни и перераспределяется в надземную часть, однако может проникать и через листовую поверхность. В зависимости от температуры, типа и влажности почвы препарат обеспечивает защиту посевов до 6-8 недель [27-29].

Для снижения фитотоксичности на чечевицу рекомендуется дробное внесение гербицида ПРОЛАЙН, КЭ, т.е. при прорастании культуры рекомендуется обработка по всходам в дозировке 0,4 л/га, затем через одну-две недели проводится повторное внесение гербицида в дозировке 0,2 л/га. Очень важно при обработке гербицидом ПРОЛАЙН, КЭ посевов чечевицы учесть глубину заделки семян, она должна быть не менее 4 см, иначе в случае обильных осадков возможно промывание гербицида на уровень семян чечевицы, что может негативно отразиться на развитии культуры [30].

Для защиты чечевицы от многолетних и однолетних злаковых сорняков, а также падалицы пшеницы и ячменя, предлагаются граминициды с действующим веществом (клетодим 240 г/л, Центурион, КЭ и др.), для обработки по вегетации культуры. Гербицид полностью поглощается с поверхности листьев в течение 1 часа после обработки и переносится к точкам роста, корням и корневищам. Гербицид нарушает процесс фотосинтеза, в результате чего приостанавливается рост надземной массы и корневой системы сорняков, появляется хлороз.

Растения теряют тургор (вянут), их ткани высыхают, приобретая красноватую антоциановую окраску. Обработку гербицидом рекомендуется проводить, когда однолетние злаковые сорняки находятся в фазе от 2-го листа до начала кущения, а многолетние злаковые сорняки имеют высоту 10-15 см. Действующее вещество клетодим в гербициде быстро перемещается к точкам роста надземных и подземных органов сорняков и уничтожает их, исключая повторное отрастание многолетних злаковых сорняков, в том числе пырея ползучего. Видимые признаки воздействия проявляются как изменение окраски вегетативных частей растений уже через 3 дня. Полная гибель злаковых сорняков наступает в течение 7-21 дня в зависимости от условий произрастания. Препараты на основе клетодима 240 г/л применяются в смеси с адьювантом, который обеспечивает стабильность в биологической эффективности, лучшую прилипаемость к поверхности растения и быстрое проникновение в листовую поверхность сорного растения [27-29].

Технология Клеарфилд на чечевице: исследования, проведенные в 1990-х годах в Канаде, показали, что послевсходовое применение гербицидов с действующим веществом имазетапир вызывало угнетение растений чечевицы, а применение препаратов с действующим веществом имазамокс оказывало меньшее негативное действие. Они отличаются также по спектру действия: имазамокс лучше контролирует злаковые сорняки, а имазетапир – двудольные. Для того чтобы безопасно использовать страховые гербициды с этими действующими веществами, необходимы сорта чечевицы, устойчивые к имидазолиноновой группе (IMI) [27-29].

В случае применения гербицидов системы Клеарфилд в посевах чечевицы необходимо знать о медленном разложении и длительной сохранности имидазолинонов в почве, особенно в засушливых условиях, что может негативно отразиться на росте и развитии последующих культур в севообороте.

Очень большое значение придаётся агротехническим методам борьбы с сорной растительностью при выращивании чечевицы. Сразу после посева поле прикатывают, при появлении сорняков в фазу «белой нити» поле боронуют до всходов легкими или средними зубовыми боронами. Опоздание с боронованием приводит к укоренению сорняков.

В фазе вилочки (5-6 узлов) проводится повсходовое боронование. Это мероприятие проводят только в сухую погоду по диагонали поля, скос зубов борон должен быть направлен в сторону движения агрегата, а скорость не превышать 4-5 км/ч. Боронование желательно выполнять в теплую солнечную погоду, когда у растений снизится тургор. К сожалению, путем боронования часто не удается полностью избежать засорённости полей, поскольку на начальных фазах роста проростков чечевицы семена теплолюбивых сорняков еще не проросли. Кроме того, непогода часто не позволяет своевременно провести эти работы [28].

2.7 Уборка урожая чечевицы

Чечевица не прекращает цвести никогда и созревает ярусами. Первый ярус осыпается, следующий дозревает, в третьем происходит образование бобиков, а последний ярус в это время цветет. Поэтому чечевица нуждается в проведении десикации перед уборкой. Для этого рекомендуется опрыскивать посевы чечевицы десикантом СПОРТАК, ВР (дикват 300 г/л). Препарат контактного действия СПОРТАК®, действуя на растения через листья, вызывает отклонение электрона в фотосинтетической электрон-транспортной системе от своего обычного пути, акцептируя его от фотосинтетической пигментной системы. Восстановленный гербицид реокисляется молекулярным кислородом, в результате чего образуется высоко реактивный супероксид-анион, который обладает сильными фототоксическими свойствами. Он вызывает повреждение клеточных мембран вследствие перекисной трансформации насыщенных жирных кислот, входящих в их состав. Нарушение полупроницаемости мембран ведет к высвобождению внутренних элементов клеточных органелл и их полной деструкции. Действующее вещество препарата адсорбируется живыми клетками растения, включается в процессы метаболизма растения и образует соединения, разрушающие мембраны клеток растения. В результате клетки погибают и происходит подсушивание растений [1, 30].

Эффективность десикации зависит от нормы расхода препарата, культуры, которая обрабатывается, густоты стояния растений и по-

годных условий на момент проведения десикации. Для наземного опрыскивания необходимо от 250 до 400 л/га рабочего раствора и минимум (50-70 л/га) для авиационных обработок с тем условием, чтобы рабочий раствор попал не только на верхнюю часть растения чечевицы, но и на уровень второго междоузлия. При обработке используют только чистую воду. Обработку лучше проводить вечером или днем в облачную погоду, так как в солнечных и жарких погодных условиях десикация проходит менее эффективно. Утром обрабатывать не рекомендуется. Оптимальная температура для применения препарата 10-20°С. Применение препарата в условиях пониженных температур (менее +10°С) замедляет проявление признаков действия препарата на растения, однако не влияет на эффективность его действия. Дождь через 15-30 минут после внесения препарата не снижает эффективность его действия на растения. Пыль, роса на поверхности растений, а также неблагоприятные условия (засушливые условия, суховеи) снижают эффективность действия препарата на растения, поэтому не рекомендуется применять препарат при этих условиях.

Бобы у чечевицы созревают неодновременно, к тому же они низко крепятся от поверхности почвы, что затрудняет механизацию уборки. Высокостебельные сорта чечевицы скашивают в валки при созревании около 50% бобов свальными жатками, переоборудованными на низкий срез. Скошенную массу просушивают в валках 2-4 дня, а затем обмолачивают самоходными комбайнами с подборщиками. Следует отметить, что подсушенная масса требует быстрого обмолота, за 1-2 дня необходимо высушенную массу подобрать и обмолотить. При подсыхании растений бобы могут растрескиваться, и семена высыпаются, кроме того, при задержке с обмолотом семена буреют и их товарные качества снижаются. Прямым комбайнированием убирают чистые от сорняков посевы в полную спелость при пожелтении и побурении 80-90 % бобов. Во всех случаях уборки необходимо отрегулировать скорость вращения барабана и отверстия между подбарабаньем и барабаном, чтобы избежать дробления зерна [1].

Подбор и обмолот проводят при повышенной влажности воздуха (в ночные или утренние часы, когда плодоножки неломкие) при ща-

дящем режиме. На току ворох сразу же очищают, просушивают и складируют, не допуская потери блеска и появления «загара» семян под действием солнца или вторичного увлажнения [1].

2.8 Подготовка семян к реализации и хранению

Семена чечевицы, поступающие от комбайнов, сразу же пропускают через машины предварительной очистки от остатков сорняков и других примесей. Остаток в ворохе даже небольшого количества зеленых остатков приводит к увеличению влажности семян, самонагреванию и существенному снижению как посевных, так и товарных качеств семян. В процессе очистки сложнее отделить такую примесь, как семена плоскосемянной вики, для чего следует использовать решета с продолговатыми отверстиями, ширина которых составляет 2,2-3,0 мм [20].

Если влажность семян превышает 17 %, то после предварительной очистки их сушат на сушилках активного вентилирования или сушилках шахтного типа. Чаще всего это случается тогда, когда уборка чечевицы проходит с выпадением осадков [20].

В процессе сушки необходимо следить за температурой воздуха. Если влажность семян составляет 16-19 %, то температура воздуха, которым сушат, не должна превышать 40°С. При влажности семян 25-30 % температуру теплоносителя снижают до 30°С и процесс сушки выполняют за несколько пропусков. Семена, высушенные до кондиционной влажности (14 %), очищенные и отсортированные, хранят в сухих проветриваемых помещениях по причине большой гигроскопичности семян в закромах с высотой насыпи не более 2,5 м [20].

Поскольку чечевицу собирают летом, то самым дешевым является просушка на открытом воздухе в солнечную погоду. Семена рассыпают тонким слоем на асфальтированной площадке и перелопачивают. Очищенные и высушенные семена сохраняют в мешках при высоте штабеля не более 2,5 м или насыпью с аналогичной высотой. Влажность семян не должна превышать 14 % [20].

3 ОБОСНОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И УСЛОВИЯ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

3.1. Обоснование исследований

При современной тенденции усиления аридности климата чечевица становится одной из перспективных яровых культур для возделывания в засушливых условиях. Чечевица обладает высокой засухоустойчивостью, жаростойкостью, хорошо приспособлена к стрессовым условиям частых засух и при современной тенденции усиления аридности климата становится одной из перспективных яровых культур для возделывания в засушливых условиях Ростовской области. По этим показателям чечевица уступает лишь нуту, но превосходит сою, горох, фасоль и другие зернобобовые [36].

Опыт передовых хозяйств Юга России показывает, что при научной постановке вопроса реально получать урожайность зерна чечевицы до 2,60-2,66 т/га и более. Рентабельной чечевица считается при урожае зерна от 1,0 т/га [37]. Однако средняя урожайность чечевицы в условиях Юга России остаётся низкой [38]. Среди причин низкой урожайности – дефицит новых урожайных сортов, недостаточная современная разработка основных элементов технологии её возделывания для конкретных почвенно-климатических условий.

Дискуссионными остаются вопросы оптимальных норм удобрений под чечевицу, целесообразность применения азотного питания [25,26,39-40], рациональные способы основной обработки почвы [(18,19,41,42] и нормы высева семян [21, 43,44], вопросы агротехники, защиты растений и др. [12, 45].

Фактически потенциал возделывания чечевицы в условиях Ростовской области используется недостаточно. В условиях усиливающейся аридности климата региона чечевица является одной из перспективных и востребованных для выращивания на юге России зернобобовых культур. Как показывает практика, в условиях жёстких за-

сух чечевица на фоне применения научно обоснованных технологий возделывания способна давать высокие и стабильные урожаи зерна при меньших затратах на её возделывание, чем соя, горох, фасоль и др. [10, 11, 23, 46].

Современными селекционерами достигнуты определённые успехи в селекции чечевицы, выведен ряд перспективных, урожайных сортов, в числе которых чечевица Донская, и которые потенциально могут быть хорошо адаптированы к местным условиям. В то же время большинство вопросов агротехники возделывания чечевицы в конкретных почвенно-климатических условиях остаются слабо разработанными. В связи с этим актуальной становится разработка и совершенствование ключевых элементов технологии выращивания чечевицы в конкретных почвенно-климатических условиях с целью повышения урожайности этой культуры.

Одним из важнейших вопросов реализации биологического потенциала продуктивности новых сортов сельскохозяйственных культур состоит в установлении влияния предшественников, способов основной обработки почвы (отвальной, комбинированной, чизельной,), рациональных уровней минерального питания как на плакорных, так и на эродированных почвах.

Агротехника возделывания сорта, учитывая специфику реакции сорта на почвенно-климатические условия, предшественник, обработку почвы, нормы высева, уровень минерального питания и другие средства повышения продуктивности и качества зерна, позволяет соединить на практике достижения селекции, земледелия, агрохимии. Сортовая агротехника позволит перейти на адаптированные системы выращивания чечевицы, что в значительной мере повысит конкурентоспособность этой культуры и является важным условием расширения её площадей.

В связи с этим, разработка технологии возделывания перспективного сорта чечевицы Донская, созданного селекционерами ФГБНУ ФРАНЦ, в настоящее время имеет актуальное значение. Ключевыми элементами технологии возделывания чечевицы являются рациональные способы основной обработки почвы, оптимальная норма высева семян и эффективный фон минерального питания культуры.

Обработка почвы. Считается, что обработку почвы под посев чечевицы лучше всего проводить как для ранних яровых культур: лущение стерни (дискование) в один-два следа, вспашка, выравнивание зяби; весной – закрытие влаги и предпосевная культивация. Чечевица слабо произрастает в условиях уплотнённой почвы. Глубокая вспашка (до 25-27 см) разрыхляет почву, способствует лучшему накоплению влаги и хорошей аэрации, что позитивно отражается на развитии клубеньковых бактерий, от которых зависит урожайность культуры [47-49]. Результаты исследований в восточной части Индии в рисовых севооборотах с использованием чечевицы в качестве сопутствующей культуры показали хорошие результаты как при обычной обработке почвы, так и при нулевой [50].

В то же время известно, что чечевица является культурой раннего сева, для формирования всходов и благоприятных условий роста которой важную роль играет наличие достаточного количества запасов продуктивной почвенной влаги [18,37]. При этом, как показывает практика, большее количество продуктивных почвенных влагозапасов в ранневесенний период обеспечивается менее интенсивными, ресурсосберегающими (безотвальной, поверхностной, комбинированной и др.) основными обработками. По данным ряда исследователей, при менее интенсивных способах основной обработки почвы урожайность чечевицы не имеет существенных отличий от показателей в условиях отвальной вспашки, при значительно меньших энергетических и материальных затратах [51, 52].

При определении оптимального способа основной обработки почвы отмечаются определённые противоречия. Общепринятая отвальная вспашка на 25-27 см способствует созданию благоприятного водно-воздушного режима в пахотном горизонте почвы, создаёт стимулирующие условия для быстрого укоренения и развития корневой системы чечевицы. Однако такой способ обработки сопряжён со значительными энергетическими затратами. Поэтому ряд исследователей указывают на перспективность менее энергоёмких приёмов [10,52,53]. Минимальные основные обработки способствуют не только снижению производственных энергозатрат, но и лучшему сохранению поч-

венной влаги в ранневесенний период, что создаёт оптимальные условия для прорастания семян чечевицы после посева. Но при менее интенсивных основных обработках практически всегда отмечается большая засорённость посевов, что обуславливает необходимость проведения дополнительных мероприятий против сорной растительности. В связи с этим, кроме традиционных основных обработок под чечевицу, изучались и ресурсосберегающие.

Однако степень влияния вышеуказанных ресурсосберегающих приёмов на условия вегетации и продуктивность чечевицы в практике Юга России изучена недостаточно. В связи с этим, актуальным является исследование влияния разных способов основной обработки почвы (включая энергосберегающие) на условия вегетации и урожайность зерна при возделывании чечевицы на плакорных и эродированных почвах.

Норма высева. Один из важнейших приемов агротехники чечевицы – применение оптимальных норм высева семян. В научной литературе встречаются лишь общие указания: при выборе оптимальных норм высева следует учитывать почвенно-климатические условия конкретных районов, биологические особенности сорта, а также применяемую агротехнику. Указано, что норма высева семян зависит от зоны выращивания. По данным ряда авторов, норма высева семян чечевицы для разных условий выращивания находится в широком диапазоне: от 1,8 до 3,5 млн шт./га [18, 21,54-56].

Однако результаты некоторых исследований показывают, что при оправданном снижении нормы высева чечевицы экономические показатели (рентабельность, чистый доход, стоимость продукции) увеличиваются, а себестоимость продукции снижается [57, 21]. В ходе исследований в разных условиях ландшафтов установлено, что чечевица слабо реагирует на изменение нормы высева в ряде почвенно-климатических зон, и только во влажные годы с её увеличением урожайность культуры возрастает [58].

Полевые испытания в Канаде (Альберта), проведённые в течение 2012–2015 гг., с целью определения потенциальной продуктивности и оптимальной нормы высева двух сортов красной чечевицы показали,

что средний потенциал урожайности чечевицы варьировал от 3000 до 3700 кг/га. Максимальный урожай был стабильно получен, когда плотность растений превышала 90 растений на 1 м^2. Урожай чечевицы при этом не зависел от инокуляции семян, количества азотных удобрений или их взаимодействия [58].

Целью исследования в условиях Канады было определение оптимальной нормы высева для органического производства чечевицы с учётом ряда факторов, включая урожайность, подавление сорняков, концентрацию азота и фосфора в почве, поглощение фосфора растениями и экономическую отдачу. Полевой эксперимент проводился в течение 4 лет. Обработка включала нормы высева 15, 38, 94, 235 и 375 семян на 1 м^2. Урожай семян увеличивался с увеличением нормы высева до 1290 кг/ га. В результате биомасса сорняков была уменьшена на 59 % при самой высокой норме высева по сравнению с самой низкой нормой высева. Уровни фосфора и азота в почве после сбора урожая были одинаковыми при обработке нормы высева. Экономическая отдача была максимизирована до $ 952 га при самой высокой плотности из 229 растений на 1 м^2, достигнутой при норме высева 375 семян на 1 м^2. При этом возросла прибыльность и обеспечилось лучшее подавление сорняков [59].

Результаты исследований, проведённых также в Канаде, показали, что максимальная урожайность чечевицы была достигнута при норме высева до 30 кг/га, дальнейшее увеличение нормы высева от 30 до 90 кг/га на урожайность чечевицы влияло незначительно [60].

Данные специальной литературы отражают существенные расхождения разных авторов при определении оптимальной нормы высева семян чечевицы, что диктует необходимость дополнительных исследований.

Удобрения. Следует отметить, что в Ростовской области слабо изучены вопросы питания культуры, отмечается дефицит рекомендаций по применению минеральных удобрений под чечевицу. Из литературных источников известно, что чечевица прежде всего нуждается в фосфорных и калийных удобрениях [49]. Потребность культуры в азоте меньшая и удовлетворяется клубеньковыми бактериями, кото-

рые фиксируют атмосферный азот из воздуха. С повышением температуры почвы клубеньковые бактерии начинают усиленно размножаться, на корнях растений образуются активные клубеньки, увеличивается фиксация атмосферного азота. Тем не менее, для удовлетворения потребностей растений в азоте ряд авторов считает целесообразным вносить небольшие дозы азотных удобрений (если инокуляция семян не проводилась), которые оказывают положительное влияние на рост и развитие растений, особенно в первые фазы вегетации [61]. Высокая потребность в питательных веществах происходит при цветении и наливе зерна. Фосфорные и калийные удобрения рекомендуется вносить под основную обработку (хотя допускается и весеннее внесение), азотные – под предпосевную культивацию, или с подкормкой. При этом норма внесения удобрений под культуру варьируется в зависимости от содержания этих элементов в почве и по выносу их на планируемую урожайность [5,62,34].

Азотфиксирующая способность чечевицы делает неперспективным внесение высоких доз азотных удобрений, которые ограничивают способность культуры накапливать в почве биологический азот [5,62]. В то же время известно, что в засушливых условиях избыточный азот не способствует чрезмерному развитию вегетативной массы у растений. Поэтому азотное удобрение в опытах применялось в ограниченных нормах. Следует отметить, что в Ростовской области слабо изучены вопросы питания культуры, отмечается дефицит рекомендаций по применению минеральных удобрений. Недостаточно обоснованным остаётся и вопрос оптимизации минерального питания культуры [23,25,40] о сроках, дозах и необходимости внесения азотных подкормок [49,61], в связи с чем необходимы специальные исследования.

Недостаточно изучено и комплексное влияние разных элементов технологии возделывания на продуктивность культуры. В частности, недостаточно разработаны и эффективные приёмы защиты растений чечевицы от засорённости посевов, вредителей и болезней [10, 31, 60].

Важным направлением в повышении урожайности чечевицы является использование высокоурожайных сортов, с разработкой технологий, применительно к конкретным условиям выращивания. В связи

с этим, объектом наших исследований являлся перспективный сорт чечевицы Донская селекции ФГБНУ ФРАНЦ. Сорт среднеспелый, имеет высокую устойчивость к полеганию и осыпанию, устойчив к болезням и засухе. Внесён в Госреестр селекционных достижений по Северокавказскому региону [63].

В целом, анализ литературных источников показал, что в рекомендациях по ключевым элементам технологии возделывания чечевицы отмечаются определённые противоречия. В Ростовской области данная проблема исследована недостаточно, особенно на эродированных склонах, чем обусловлена необходимость проведения исследований по установлению оптимального фона минерального питания, способов основной обработки почвы и нормы высева семян при возделывании перспективного сорта чечевицы Донская на плакорных и эродированных землях.

3.2 Схема опытов и методика исследований

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ. Объектом исследований являлся районированный сорт чечевицы Донская селекции ФГБНУ ФРАНЦ (авторы сорта: А.И. Грабовец, член-кор. РАН; В.П. Волков, А.М. Шевченко и др.), его урожайность в зависимости от нормы высева, способа основной обработки почвы и уровня минерального питания.

Исследования вели на чернозёмах обыкновенных по трём блокам полевых опытов. 1-й и 2-й – в условиях плакорно-равнинного агроландшафта и 3-й блок – в условиях эрозионно-опасного агроландшафта.

Блок 1. – Установление оптимального сочетания элементов технологии возделывания перспективного сорта чечевицы Донская – способов основной обработки почвы, фона минерального питания, норм высева семян в условиях плакорно-равнинного агроландшафта.

Варианты опыта в пространстве располагали в трёхкратной повторности. При этом на варианты с обработками наложены варианты

с нормой высева семян и фоном удобрений. Опыт трехфакторный: 1) способы основной обработки почвы; 2) фон минерального питания и 3) норма высева семян для новых сортов изучаемых культур.

Способ обработки почвы (фактор А) – поверхностная обработка на глубину 12-14 см (АКВ-4; БДМ 3х4), комбинированная (поверхностная на 14-16 см + щелевание на 40-45 см при помощи ЩН-1), отвальная вспашка 25-27 см (ПЛН-5-35). Нормы высева (фактор Б): 1,4 млн/га; 1,8 млн/га; и 2,2 млн/га всхожих семян. Нормы удобрений под чечевицу (фактор С): $N_{15}P_{40}K_{40}$, $N_{30}P_{80}K_{80}$, контроль без удобрения.

Блок 2. Для изучения влияния уровней минерального питания на продуктивность сельскохозяйственных культур при отвальной основной обработке почвы, накопления основных элементов питания в растениях, показателей выноса питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур, влияния разных уровней минерального питания на изменение основных показателей структуры урожая сельскохозяйственных культур в условиях равнины был заложен двухфакторный опыт по следующей схеме.

Фактор А: Норма высева семян (1,6; 2,2; 2,8 млн шт./га).

Фактор В: Доза минеральных удобрений (контроль без удобрений, N_{20}, N_{30}, N_{60}, P_{20}, $N_{20}P_{20}$, $N_{30}P_{20}$, $N_{60}P_{20}$, P_{40}, $N_{20}P_{40}$, $N_{30}P_{40}$, $N_{60}P_{40}$ кг/га д.в.

В полевом опыте блока 3 изучали влияние почвозащитных способов основной обработки почвы и разных уровней минерального питания перспективного сорта чечевицы Донская на агрофизические свойства почвы, запасы продуктивной влаги в почве, водопотребление культуры и её урожайность на эрозионно-опасных склонах черноземов обыкновенных.

Опыт был заложен в системе контурно-полосной организации территории. В опыт включены два фактора: 1) Фактор А – обработка почвы; 2) Фактор Б – удобрения. Предшественник – озимая пшеница.

Исследования проводили по трём вариантам основной обработки почвы в севооборотах: отвальная вспашка (контроль), безотвальная (чизельная) и комбинированная обработка.

Система обработки почвы. Отвальная обработка – отвальная вспашка скоростным плугом ПС-3+1 в четырёхкорпусном варианте на глубину 25-27 см. Чизельная обработка осуществлялась тем же плугом с чизельными стойками на ту же глубину см. Комбинированная обработка проводилась дисковой бороной БДМ-3х4, затем – щелерезом ЩН-1 на глубину 40-45 см.

Система удобрения. «О» – без применения удобрений (естественное плодородие). «1» – первый уровень применения удобрений – $P_{30}K_{30}$. «2» – второй уровень применения удобрений – $P_{40}K_{40}$.

Стационарные полевые опыты зарегистрированы в Географической сети опытов с удобрениями как длительные опыты, продолжающиеся: по направлению 2 с 1974 года (аттестат № 018), а по направлению 3 – с 1986 года (аттестат № 169).

В исследованиях применяли общепринятые методики: полевого опыта Б.А. Доспехова [15]; методика изучения водного баланса А.Н. Костякова [64]; агрохимические методы исследований почв [65]; методика Государственного сортоиспытания [14], Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники [66] и др.

3.3 Почвенно-климатические и погодные условия проведения исследований

Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным, очень тёплым, карбонатным среднемощным легкосуглинистым, на лёссовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0-4,2 %, общего азота 0,22-0,25 %. Содержание минерального азота и подвижного фосфора низкое, обменного калия – повышенное. Реакция почвенного раствора слабощелочная (pH 7,1-7,3). Плотность сложения пахотного слоя в ненарушенном состоянии составляет 1,26 г/см^3.

Климат зоны проведения исследований – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Среднемноголетняя годовая температура воздуха составляет 9,5°С, сумма температур воздуха 3200-3400°С.

Продолжительность тёплого периода 230-260 дней, безморозного – 175-180 дней. Приход ФАР за вегетационный период 3,5-4 млрд ккал/га. Относительная влажность воздуха имеет выраженный годовой ход. Наименьшие её значения отмечены в июле (50-60 %), в отдельные дни они могут быть 25-30 % и ниже [67].

Среднегодовое количество осадков около 450-500 мм. За тёплый период их выпадает до 300 мм. Относительно небольшое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяет низкие значения влажности воздуха и почвы, частую повторяемость засух. Максимальный запас влаги отмечен ранней весной.

Переход температуры воздуха через 0°С наступает обычно в первой декаде марта; через 10°С – в конце второй декады апреля. Средняя много-летняя температура воздуха весеннего сезона составляет 9,5°С, но в первой-второй декадах мая возможно понижение температуры воздуха до 0°С и ниже. Весна характеризуется частыми ветрами, приобретающими характер суховеев. Таких дней в апреле-мае насчитывается до 15-17. Осадков в течение весны выпадает в пределах 110-120 мм.

Нарастание тепла идёт очень быстро, и уже в первой половине мая устанавливается лето, жаркое и сухое. Средняя температура наиболее тёплого месяца июля + 22-24°С, максимальная может достигать 38-40°С. Особенностью лета является довольно частая повторяемость суховейных явлений. Осадков выпадает до 150 мм, носят они, как правило, ливневый характер и часто сопровождаются выпадением града.

В целом следует отметить, что природно-климатические условия места проведения исследований в среднемноголетнем разрезе являются относительно благоприятными для возделывания ранних яровых культур.

Метеорологические условия вегетационного периода чечевицы за 2018-2020 гг. имели существенные отличия. Так, если в 2018 г. в апреле выпало всего 7 мм осадков, то в 2019 и 2020 гг. – 42 и 14 мм соответственно или 33,8 и 16,3 % от суммы осадков за вегетационный период (таблица 1).

Таблица 1 – Тепловлагообеспеченность периода активной вегетации чечевицы, апрель-июнь 2018-2020 гг. (метеопост п. Рассвет)

Месяц	Сумма осадков, мм			Сумма температур, °С			ГТК		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Апрель	7	42	14	369	333	270	0,19	1,26	0,52
Май	20	66	51	592	580	466	0,34	1,14	1,09
Июнь	11	16	21	699	744	686	0,16	0,22	0,31
За период	38	124	86	1660	1657	1422	0,23	0,75	0,60

В дальнейшем количество осадков варьировало стохастически, составив в мае 20-66 мм, а в июне – снизившись до 11-21 мм.

В целом за вегетационный период апрель-июнь наиболее засушливым был 2018 год, в котором выпало всего 38 мм атмосферных осадков, в то время как в 2019 и 2020 годах 124 и 86 мм соответственно. При этом наибольшая сумма температур отмечена в 2018 и в 2019 гг., составив 1660 и 1657°С против 1422°С в 2020 году.

Условия вегетации в годы исследований наглядно отражают показатели гидротермического коэффициента (ГТК), который выражает отношение выпавших атмосферных осадков к среднесуточной сумме активных температур. Согласно рассчитанным значениям гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова 2019 и 2020 годы характеризуются как очень засушливые при ГТК = 0,75 и 0,60, соответственно, а 2018 – сухой, при ГТК = 0,23.

Однако наблюдается общая закономерность в значениях ГТК, которая выражается в резком снижении степени тепловлагообеспеченности в последней трети вегетационного периода чечевицы до 0,16; 0,22 и 0,31 соответственно по годам (рисунок 4).

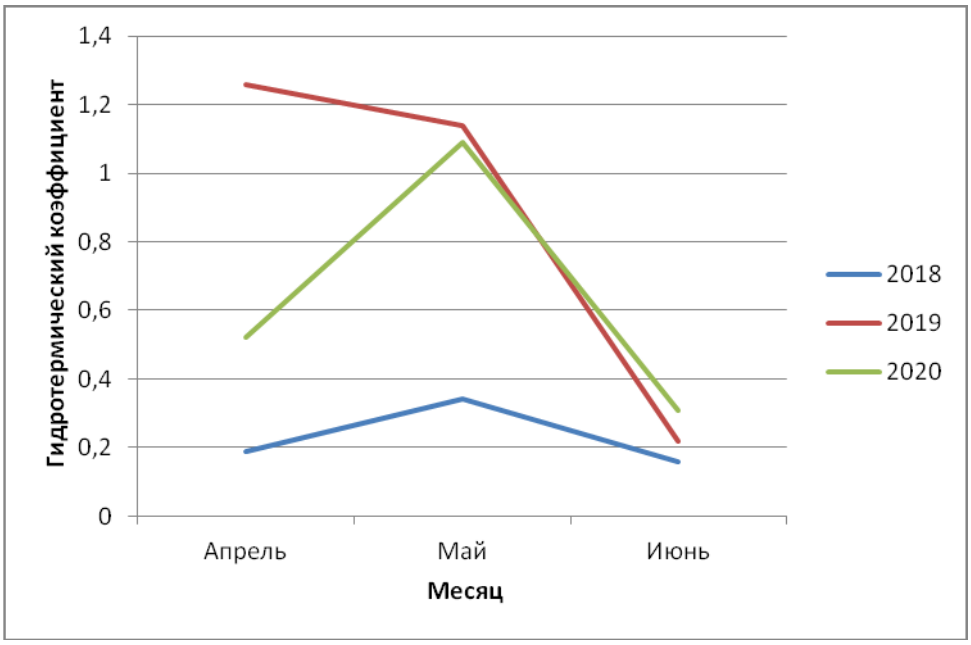

Рисунок 17 – Динамика ГТК в течение вегетационного периода чечевицы

Таким образом, большая часть периода активной вегетации чечевицы характеризовалась высокими среднесуточными температурами воздуха, превышающими среднемноголетние значения, при дефиците атмосферных осадков, что создавало не вполне благоприятные условия для роста, развития и продуктивности этой культуры, из чего можно заключить, что условия вегетации чечевицы складывались в условиях дефицита влагообеспеченности.

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ СОРТА ДОНСКАЯ В УСЛОВИЯХ ПЛАКОРНО-РАВНИННОГО АГРОЛАНДШАФТА

4.1 Запасы продуктивной почвенной влаги при возделывании чечевицы на плакорных землях

Одним из показателей, характеризующих условия вегетации растений в разные фазы роста и развития, являются запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы. Известно, что чечевица обладает высокой засухоустойчивостью, уступая по этому показателю из зернобобовых культур только нуту.

Дефицит влагообеспеченности в межфазные периоды вегетации растений оказывает существенное влияние на запасы влаги в почве. При этом, если в метровом слое почвы содержится влаги более 160 мм запасы оцениваются как «очень хорошие», 160-130 мм – «хорошие», 130-90 мм – «удовлетворительные», 90-60 мм – «плохие» и менее 60 мм – «очень плохие» [68].

Разные нормы внесения удобрений под чечевицу, а также нормы высева семян, не оказывали заметного влияния на содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы на вариантах опыта в отличие от способов основной её обработки. Характерны показатели величины влагозапасов под чечевицей в основные периоды вегетации на варианте с полной нормой удобрений и высокой нормой высева семян (таблица 2).

Как следует из приведённых данных, при посеве чечевицы запасы продуктивной влаги в слое 1,0 м на вариантах с разными обработками почвы в годы исследований были 156 мм и выше (кроме 2018 г. при отвальной вспашке), что характеризовало эти влагозапасы как «очень хорошие». При этом некоторое увеличение запасов влаги от-

мечалось по мере снижения интенсивности обработки, достигнув наибольшей разницы в 2020 г. между вариантами отвальной и поверхностной обработок – 18 мм, или 11,0 %.

Таблица 2 – Запасы продуктивной влаги в слое 1,0 м в разные фазы вегетации чечевицы в зависимости от способов основной обработки почвы, мм

Способ основной обработки	Год	Посев	Всходы	Цветение	Полная спелость
Отвальный	2018	156	144	103	15
	2019	165	149	132	54
	2020	163	153	122	41
	среднее	161	149	119	37
Комбинированный	2018	164	148	106	17
	2019	172	152	134	51
	2020	174	159	125	40
	среднее	170	153	122	36
Поверхностный	2018	167	155	108	18
	2019	177	158	135	55
	2020	181	164	127	42
	среднее	175	158	123	38
$НСР_{05}$, мм		4,4	2,0	1,3	3,0

В среднем за годы исследований разница объема влагозапасов между отвальной, комбинированной и поверхностной обработками составило соответственно, 9 мм (5,6%) и 14 мм (8,7%).

В фазе полных всходов наблюдалось сокращение почвенных влагозапасов метрового слоя, которое по большинству вариантов обработок изменялось в пределах 144-158 мм, что характеризует оценку их количества, как «хорошую». Исключением являются данные 2020 г. при поверхностной обработке – 164 мм. В среднем разница в показателях влагозапасов между вариантами обработок сократилась, и была выше, чем на контроле по варианту комбинированной обработки на 4 мм (2,7%), поверхностной – 9 мм (6,0%).

К фазе цветения чечевицы наблюдалось дальнейшее снижение запасов влаги по вариантам обработок. Лучшие показатели отмечены в 2019 г. по всем изучаемым обработкам, изменяясь в пределах

132-135 мм и оценивались, как «хорошие». В 2018 и 2020 гг. эти запасы не превышали 103-127 мм, что отражает их «удовлетворительную» оценку. Следует отметить, что уже на стадии цветения разница во влагозапасах по вариантам обработок сократилась до минимума и в среднем, отличаясь от контроля по комбинированной – на 2,5%, поверхностной – 3,4%. В фазу полной спелости запасы продуктивной влаги на всех вариантах были крайне низкими и квалифицировались, как «очень плохие».

Таким образом, в начальный период вегетации (до цветения), когда потребность растений чечевицы в воде наибольшая, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы были «очень хорошими», «хорошими» и «удовлетворительными», что характеризует относительно благоприятные условия для формирования урожайности чечевицы. Лучшие условия для роста и развития культуры наблюдались в 2019 г., наиболее стрессовые – в 2018 г.

4.2 Урожайность чечевицы на плакорных землях в зависимости от способов обработки почвы, нормы высева семян и фона питания

Отличия в условиях вегетации чечевицы на вариантах опыта, в частности, обусловленные разными способами основной обработки почвы, нашли отражение в показателях урожайности (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность чечевицы Донская в зависимости от способа основной обработки почвы, ФГБНУ ФРАНЦ, 2018-2020 гг.

Способ основной обработки	Норма семян, млн шт./га	Урожайность, т/га на фоне			Изменение урожайности на фоне, %		
		б/уд.	$N_{15}P_{40}K_{40}$	$N_{30}P_{80}K_{80}$	б/уд.	$N_{15}P_{40}K_{40}$	$N_{30}P_{80}K_{80}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Отвальная	1,4	0,95	1,17	1,33	-	-	-
Комбинированная		0,97	1,21	1,34	1,1	0,8	0,8
Поверхностная		0,86	0,99	1,10	9,5	16,8	17,3

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Отвальная	1,8	1,22	1,51	1,73	-	-	-
Комбинированная		1,19	1,50	1,69	2,5	0,7	2,3
Поверхностная		1,05	1,24	1,40	13,9	17,9	19,1
Отвальная	2,2	1,31	1,66	1,90	-	-	-
Комбинированная		1,30	1,64	1,86	0,8	1,2	2,1
Поверхностная		1,15	1,35	1,53	12,2	18,7	19,5
$НСР_{05}$ – 0,11 т/га; в т. ч. фактор А- 0,08; фактор В-0,09; фактор С-0,09 т/га.							
Примечание. За 100% принята урожайность на варианте отвальной обработки почвы.							

.

По результатам исследований установлено, что отвальная основная обработка обеспечивала получение несколько большей продуктивности культуры. При этом урожайность возрастала по мере увеличения нормы высева и фона удобрений. Данный способ обработки при норме высева 2,2 млн шт./га обеспечивал независимо от фона удобрений наибольшую продуктивность культуры, которая составила 1,33-1,90 ц/га. При комбинированной основной обработке урожайность чечевицы при нормах высева 2,2 и 1,8 млн шт./га была ниже, чем на фоне отвальной обработки, но эта разница не превышала 0,7-2,5%. На участках с нормой высева 1,4 млн шт./га, независимо от фона питания, урожайность зерна была несколько выше при комбинированной обработке, чем при отвальной вспашке (на 0,8-1,1 %).

По результатам исследований ФГБНУ ФРАНЦ наиболее эффективное влияние минеральных удобрений на урожайность чечевицы отмечено после отвальной и комбинированной основных обработок и возрастало по мере повышения нормы высева до 2,2 млн шт./га.

Результаты исследований, проведённых в ФГБНУ ФРАНЦ, показали, что на вариантах с нормами высева семян отмечена тенденция повышения урожайности чечевицы по мере увеличения нормы высева независимо от фона питания и способа основной обработки почвы (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность чечевицы Донская в зависимости от нормы высева семян, ФГБНУ ФРАНЦ, п. Рассвет, 2018-2020 гг.

Норма, млн шт./га	Способ основной обработки	Урожайность, т/га, на фоне			Прибавка от повышения нормы высева, %, на фоне		
		б/уд.	$N_{15}P_{40}$ K_{40}	$N_{30}P_{80}$ K_{80}	б/уд.	$N_{15}P_{40}$ K_{40}	$N_{30}P_{80}$ K_{80}
1,4	Отвальная	0,95	1,19	1,33	-	-	-
1,8		1,22	1,51	1,73	28,4	26,9	30,1
2,2		1,31	1,66	1,90	37,9	39,5	42,9
1,4	Комбини-рованная	0,96	1,20	1,34	-	-	-
1,8		1,19	1,50	1,69	24,0	25,0	26,1
2,2		1,30	1,64	1,86	35,4	36,7	38,8
1,4	Поверхно-стная	0,86	0,99	1,10	-	-	-
1,8		1,05	1,24	1,40	22,1	25,3	27,3
2,2		1,15	1,35	1,53	33,7	36,4	39,1
$НСР_{05}$ – 0,11 т/га; в т. ч. фактор А- 0,08; фактор В-0,09; фактор С-0,09 т/га.							
Примечание. За 100% взята урожайность на варианте с нормой высева 1,4 млн шт./га.							

Сравнивая урожайность чечевицы на вариантах с нормами высева 2,2 и 1,8 млн шт./га, следует отметить лучшие показатели на фоне более интенсивной густоты стеблестоя. Однако соответствующее снижение урожайности при норме 1,8 млн шт./га, независимо от фона удобрений, составило при отвальной обработке 0,09-0,17 т/га, комбинированной – 0,11-0,17 т/га, поверхностной – 0,1-0,13 т/га, по сравнению с вариантом, где применялась норма 2,2 млн шт./га.

Наибольшая урожайность зерна достигнута после отвальной и комбинированной обработок при норме высева 2,2 млн шт./га на фоне NPK, составив, соответственно, 1,90 и 1,86 т/га. На участках с изучаемыми обработками почвы прибавка урожайности, независимо от фона минерального питания, составила: при отвальной – 37,9-42,9 %; комбинированной – 35,4-38,8 %; поверхностной – 33,7-39,1 %, по сравнению с контролем (1,4 млн шт./га) с преимуществом при отвальной вспашке (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность чечевицы на плакорных землях в зависимости от фона минерального питания, 2018-2020 г.

Способ основной обработки	Норма высева, млн. шт./га	Урожайность, т/га, фон NPK			Прибавка урожайности, фон NPK			
		б/уд.	$N_{15}P_{40}K_{40}$	$N_{30}P_{80}K_{80}$	$N_{15}P_{40}K_{40}$		$N_{30}P_{80}K_{80}$	
					т/га	%	т/га	%
Отвальный	1,4	0,97	1,12	1,34	0,15	15,5	0,37	38,1
	1,8	1,23	1,50	1,75	0,27	22,0	0,52	42,3
	2,2	1,32	1,62	1,90	0,30	22,7	0,58	43,9
Комбини-рованный	1,4	1,01	1,25	1,38	0,24	23,8	0,37	36,6
	1,8	1,17	1,47	1,71	0,30	25,6	0,54	46,2
	2,2	1,26	1,63	1,89	0,37	29,4	0,63	50,0
Поверхно-стный	1,4	0,91	1,02	1,13	0,11	12,1	0,22	24,2
	1,8	1,03	1,19	1,37	0,16	15,5	0,34	33,0
	2,2	1,13	1,30	1,52	0,17	15,0	0,39	34,5
$НСР_{05}$ – 0,11 т/га; в т. ч. фактор А- 0,08; фактор В-0,09; фактор С-0,09 т/га.								
Примечание. За 100% взята урожайность на варианте без удобрений.								

Применение разного уровня питания под чечевицу также оказало существенное влияние на изменение данных урожайности. Внесение нормы удобрений $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га д. в. на фоне разной густоты стояния растений способствовало увеличению урожайности бобов: по отвальной обработке – на 0,15-0,30 т/га (15,5-22,7 %), комбинированной – на 0,24-0,37 т/га (23,8-29,4 %), поверхностной – на 0,11-0,17 т/га (12,1-15,5 %), по сравнению с естественным фоном питания.

Полная норма удобрений $N_{30}P_{80}K_{80}$ кг/га д. в. обеспечивала получение аналогичных прибавок, которые были значительно выше и равнялись: на фоне отвальной обработки – 0,37-0,58 т/га или 38,1-43,9 %, комбинированной 0,37-0,63 т/га (36,6-50,0 %), поверхностной – 0,22-0,39 т/га (24,2-34,5 %).

В целом, применение удобрений способствовало получению более высоких прибавок урожая на участках с комбинированной обработкой, что отражено как в абсолютных, так и в относительных показателях.

Таким образом, лучшие показатели урожайности чечевицы (1,9 т/га) достигнуты при норме высева семян 2,2 млн шт./га на фоне отвальной вспашки и полной нормы удобрений N_{30} P_{80} K_{80} кг/га д.в.

4.3 Особенности водопотребления чечевицы на плакорных землях

При возделывании сельскохозяйственных культур в богарных условиях решающее влияние на показатели влажности почвы оказывают метеорологические факторы (сумма атмосферных осадков в осенне-зимний период и период вегетации, сумма активных температур воздуха по периодам и в целом за вегетацию, атмосферная влажность воздуха и др.).

Из изучаемых элементов технологии возделывания чечевицы наибольшее воздействие на водный режим почвы на вариантах опыта оказали способы основной обработки. Влияние нормы высева семян и фона минерального питания оказалось минимальным.

Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур слагалось из основных составляющих водного баланса: атмосферных осадков и расхода почвенной влаги. Грунтовые воды на опытных полях находились на глубине более 5 м, ввиду чего в водном балансе не участвовали.

При разных способах основной обработки почвы просматривались общие закономерности изменения водного режима почвы и коэффициента водопотребления под чечевицей. Это наглядно отразилось на вариантах с полной нормой удобрений и высокой нормой высева семян.

Соотношение элементов водного баланса в годы исследований имело существенные отличия, а соответствующая разница в количестве выпавших осадков между очень засушливым 2019 г. и сухим 2018 г. составила 3,5 раза (таблица 6).

Следует отметить, что количество атмосферных осадков было на всех вариантах опыта одинаковым, так как продолжительность вегетационных периодов (в днях) на разных вариантах обработки имела минимальные отличия. Расход воды из почвы изменялся в обратно пропорциональной зависимости, увеличиваясь по мере снижения интенсивности основной обработки.

Таблица 6 – Водный баланс чечевицы на плакорных землях в зависимости от способов основной обработки почвы, (фон удобрений, $N_{30}P_{80}K_{80}$, норма высева 2,2 млн шт./га), 2018-2020 гг.

Способ основной обработки	Расход влаги из почвы, мм	Осадки за вегетационный период, мм	Суммарное водопотребление, мм	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, мм/т
2018 год					
Отвальный	141	39	180	1,77	101
Комбинированный	147	39	186	1,82	102
Поверхностный	149	39	188	1,36	138
2019 год					
Отвальный	111	135	246	2,03	121
Комбинированный	121	135	256	1,86	138
Поверхностный	122	135	257	1,71	150
2020 год					
Отвальный	122	93	215	1,90	113
Комбинированный	134	93	227	1,89	120
Поверхностный	139	93	232	1,52	153
Среднее за 2018-2020 гг.					
Отвальный	124	89	213	1,90	112
Комбинированный	134	89	223	1,86	120
Поверхностный	137	89	226	1,53	148

В 2018 сухом году доля расхода воды из почвы в водном балансе чечевицы, по вариантам основной обработки, варьировала в пределах 78,3-79,2%, осадков – 20,8-21,7 %. В засушливом 2019 году эти составляющие водного баланса культуры достигли, соответственно, 45,1-47,3 % и 52,7-54,9 %.

В 2020 г. доля осадков в водном балансе чечевицы не превысила 40,1-43,3 %, а расход влаги из почвы достигал 56,7-59,9 %. Более рациональное использование влаги чечевицей отмечено в 2018 г., что отражено в меньших показателях коэффициента водопотребления на вариантах интенсивной обработки почвы. Лучший в абсолютном значении этот показатель отмечен в 2018 г. на варианте отвальной обработки – 101 мм/т, на варианте комбинированной – 102 мм/т.

В среднем, более высокая доля расхода почвенной влаги в суммарном водопотреблении чечевицы наблюдалась при поверхностной

обработке – 60,6 %. Самым низким данный показатель был на варианте отвальной вспашки – 58,2 %. При этом доля осадков в суммарном водопотреблении при названных обработках составила, соответственно, 39,4 и 41,8 %.

Наиболее эффективное использование почвенной влаги, в среднем за годы исследований, отмечено на варианте отвальной вспашки, где получен наименьший коэффициент водопотребления чечевицы – 112 мм/т. Несколько выше этот показатель был при комбинированной обработке – 120 мм/т, а наибольшее его значение отмечено при поверхностной обработке –148 мм/т.

4.4 Химический состав растений чечевицы в фазе цветения

Проведённый химический анализ растений чечевицы в фазе цветения показал существенные различия в составе при изменении нормы высева и применении минеральных удобрений.

При норме высева 1,6 млн шт./га на варианте без удобрений в растениях чечевицы содержалось 3,26 % азота, 1,48 % фосфора и 3,10 % калия. Применение минеральных удобрений способствовало существенному увеличению содержания элементов питания в растениях, при этом максимальное содержание азота было отмечено на фоне применения $N_{60}P_{40}$, (3,66 %), а фосфора при внесении 40 кг/га д.в. фосфора, составив 1,88 % (таблица 7).

Максимум содержания K_2O отмечался на варианте с внесением $N_{30}P_{40}$ составив 3,38 %. При норме высева 2,2 млн шт./га на варианте без удобрений наблюдалось увеличение содержания азота, фосфора и калия по сравнению с нормой высева 1,6 млн. шт./га, что связано с оптимизацией густоты стояния, позволяющей растениям продуктивно использовать элементы питания из почвы.

Таблица 7 – Химический состав растений чечевицы в фазе цветения в зависимости от нормы высева и фона минерального питания на плакорных землях, 2019-2020 гг.

Фон удобрений	Содержание в воздушно-сухом веществе, %		
	N	P_2O_5	K_2O
Норма высева 1,6 млн шт./га			
Б/у	3,26	1,48	3,10
N_{20}	3,46	1,60	3,14
N_{30}	3,52	1,67	3,29
N_{60}	3,43	1,57	3,36
P_{20}	3,45	1,71	3,13
$N_{20}P_{20}$	3,55	1,81	3,06
$N_{30}P_{20}$	3,65	1,83	3,07
$N_{60}P_{20}$	3,32	1,85	3,20
P_{40}	3,40	1,88	3,29
$N_{20}P_{40}$	3,42	1,83	3,32
$N_{30}P_{40}$	3,44	1,79	3,38
$N_{60}P_{40}$	3,66	1,83	3,29
Норма высева 2,2 млн шт./га			
Б/у	3,28	1,56	3,11
N_{20}	3,36	1,67	3,16
N_{30}	3,45	1,73	3,32
N_{60}	3,58	1,65	3,42
P_{20}	3,42	1,77	3,37
$N_{20}P_{20}$	3,24	1,68	3,43
$N_{30}P_{20}$	3,26	1,63	3,52
$N_{60}P_{20}$	3,30	1,79	3,62
P_{40}	3,48	1,77	3,38
$N_{20}P_{40}$	3,29	1,72	3,34
$N_{30}P_{40}$	3,33	1,87	3,37
$N_{60}P_{40}$	3,38	1,67	3,32
Норма высева 2,8 млн шт./га			
Б/у	2,96	1,31	2,80
N_{20}	3,03	1,58	2,95
N_{30}	3,05	1,58	3,05
N_{60}	3,07	1,56	3,12
P_{20}	3,12	1,69	3,05
$N_{20}P_{20}$	3,28	1,64	3,11
$N_{30}P_{20}$	3,13	1,69	3,19
$N_{60}P_{20}$	3,15	1,64	3,01
P_{40}	3,15	1,74	3,04
$N_{20}P_{40}$	3,11	1,67	3,25
$N_{30}P_{40}$	3,10	1,63	3,27
$N_{60}P_{40}$	3,21	1,71	3,22

Применение минеральных удобрений способствовало значительному повышению содержания элементов питания в растениях чечевицы. Максимальное содержание азота составило 3,58 % и наблюдалось на фоне внесения N_{60} кг/га д. в., максимум фосфора был отмечен на варианте $N_{30}P_{40}$ кг/га д. в. и составил 1,87 %. Наибольшее содержание калия было отмечено на варианте $N_{60}P_{20}$ кг/га д. в., составив 3,62 %.

Необходимо отметить, что при повышении нормы высева до 2,2 млн шт./га на большинстве удобренных вариантов наблюдалось снижение содержания в растениях чечевицы азота и фосфора, и увеличение содержания калия, что видимо связано с возросшей внутривидовой конкуренцией за элементы питания. При посеве чечевицы нормой высева 2,8 млн шт./га отмечалось снижение содержания элементов питания в растениях по всем вариантам опыта, что связано с увеличением густоты стояния растений и недостатком питательных элементов.

Так, на контрольном варианте без применения удобрений содержание N, P_2O_5 и K_2O составило соответственно 2,96, 1,31 и 2,80%. Как и при остальных нормах посева, при внесении минеральных удобрений наблюдалось существенное повышение содержания элементов питания в сухой массе растений чечевицы. Максимальное содержание азота составило 3,28 % на варианте $N_{20}P_{20}$, максимум фосфора в сухом веществе чечевицы наблюдался при внесении 40 кг/га д. в. фосфора (1,74 %). Наибольшее содержание K_2O составило 3,27 % и наблюдалось на варианте с внесением $N_{30}P_{40}$.

Таким образом, норма высева оказывает существенное влияние на химический состав растений чечевицы в фазу цветения. Возделывание чечевицы при норме высева 2,2 млн шт./га позволяет растениям накапливать максимальное количество питательных веществ за счёт наиболее оптимальной для развития площади питания. Загущение посевов негативно сказывается на накоплении макроэлементов растениями, что связано с увеличением внутривидовой конкуренции за элементы питания и их дефицитом.

От используемых минеральных удобрений непосредственно зависит химический состав растений чечевицы. Применение минеральных удобрений приводит к существенному увеличению содержания азота, фосфора и калия в растениях, при этом повышенные нормы азотных

удобрений способствуют увеличению содержания в растениях азота и калия при сокращении содержания фосфора. Применение фосфорных удобрений резко увеличивает содержание азота и фосфора, а внесение азотных и фосфорных удобрений способствует значительному увеличению содержания всех элементов питания в сухом веществе растений.

4.5 Структура урожая чечевицы на плакорных землях в зависимости от нормы высева и фона минерального питания

Проведённый анализ элементов структуры урожая показал существенные различия по вариантам опыта. Так, при норме высева 1,6 млн шт./га количество растений на единицу площади существенно изменялось по вариантам опыта. На варианте без удобрений число растений составило 137 шт./м^2. С применением минеральных удобрений данный показатель значительно изменялся по вариантам опыта, при этом был ниже, чем на контроле. Максимальное значение наблюдалось на вариантах с внесением P_{20} и $N_{30}P_{20}$, составив 136 шт./м^2 соответственно, минимальное отмечалось на варианте с внесением N_{20}, составив 119 шт./м^2, что достоверно ниже контроля (таблица 8).

Таблица 8 – Элементы продуктивности чечевицы сорта Донская в зависимости от нормы высева и фона минерального питания на плакорных землях, 2019-2020 гг.

Фон удобрений	Кол-во растений, шт./м^2			Кол-во бобов, шт./раст.			Масса 1000 зерен, г		
	1,6 млн/га	2,2 млн/га	2,8 млн/га	1,6 млн/га	2,2 млн/га	2,8 млн/га	1,6 млн/га	2,2 млн/га	2,8 млн/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Б/у	137	183	229	22,1	18,7	9,5	46,8	47,4	48,4
N_{20}	119	169	222	22,9	20,7	9,6	49,1	43,5	47,7
N_{30}	127	183	227	21,5	17,2	9,0	48,7	44,9	48,3
N_{60}	135	195	235	20,1	15,0	8,6	48,6	45,5	49,1
P_{20}	136	191	231	22,4	20,5	8,8	49,1	47,4	48,0
$N_{20}P_{20}$	124	186	242	23,1	20,2	8,6	50,9	48,1	49,2

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_{30}P_{20}$	136	183	225	21,4	19,0	9,4	50,1	49,0	49,7
$N_{60}P_{20}$	133	196	231	21,3	16,8	9,2	48,5	49,2	48,7
P_{40}	128	177	236	25,9	24,3	9,4	50,0	47,8	48,4
$N_{20}P_{40}$	132	175	226	24,7	26,9	9,9	50,3	46,1	48,7
$N_{30}P_{40}$	122	190	239	27,4	22,3	8,9	49,6	45,7	49,2
$N_{60}P_{40}$	127	181	232	25,8	22,6	9,6	49,5	47,6	47,4
$НСР_{05}$ = 1,1шт. фактор А: $НСР_{05}$ – 2,2; фактор В: $НСР_{05}$ – 2,7.				$НСР_{05}$ = 0,2 шт; фактор А: $НСР_{05}$ – 0,5; фактор В: $НСР_{05}$ – 0,6.			$НСР_{05}$ = 4,1 г; фактор А: $НСР_{05}$ – 1,7; фактор В: $НСР_{05}$ – 3,4.		

При увеличении нормы высева до 2,2 млн шт./га количество растений на единицу площади существенно возросло. На контрольном варианте данный показатель составил 183 шт./м^2. Применение минеральных удобрений оказывало существенное влияние на густоту стояния растений чечевицы. Как и при более низкой норме высева, внесение 20 кг/га д. в. азота негативно сказывалось на густоте стояния растений, их количество было минимальным и составило всего 169 шт./м^2, что меньше, чем на контроле.

Максимальное число растений на единицу площади наблюдалось на варианте с внесением $N_{60}P_{20}$, составив 196 шт./м^2. Незначительно ниже число растений наблюдалось на варианте с внесением N_{60}, составив 195 шт./м^2.

При норме высева 2,8 млн шт./га количество растений на единицу площади также существенно возрастало по всем вариантам опыта. На контроле число растений составило 229 шт./м^2, применение минеральных удобрений привело к значительному изменению густоты стояния растений чечевицы по вариантам опыта. Так, минимальное количество растений на единицу площади, как и при остальных изучаемых нормах высева, было отмечено на варианте с применением N_{20}, составив 222 шт./м^2, что достоверно ниже чем на контроле. Максимальная густота стояния отмечалась на варианте с внесением $N_{20}P_{20}$, составив 242 шт./м^2.

Таким образом, применение минеральных удобрений при всех изучаемых нормах высева привело к значительному изменению густоты стояния растений по вариантам опыта. Внесение под чечевицу 20 кг/га

д. в. азота наиболее негативно влияет на густоту стояния растений при всех изучаемых нормах высева, достоверно снижая их количество по сравнению с контрольным вариантом. При норме высева 1,6 млн шт./га применение минеральных туков не подтверждается достоверным увеличением количества растений по сравнению с вариантом без применения удобрений. При увеличении нормы высева до 2,2 и 2,8 млн шт./га применение минеральных удобрений способствует достоверному увеличению числа растений на единицу площади при внесении 60 кг/га д. в. азота, совместном применении азотных и фосфорных удобрений нормой 20 кг/га д. в., а также нормами $N_{30}P_{40}$ и $N_{60}P_{20}$. По остальным изучаемым вариантам достоверных различий с контролем не отмечено.

На формирование бобов существенное влияние оказывало как применение различных норм минеральных удобрений, так и изменение нормы высева. Так, при норме высева 1,6 млн шт./га количество бобов на растении существенно варьировало по удобренным вариантам. На вариантах с внесением N_{60}, $N_{30}P_{20}$ и $N_{60}P_{20}$ оно было достоверно ниже, чем на контроле, что связано с особенностями растений чечевицы, негативно отзывающихся на высокие нормы азотных удобрений. При внесении N_{30} и P_{20} значимых различий по сравнению с вариантом без удобрений не наблюдалось. На остальных удобренных вариантах число бобов было достоверно выше, чем на контроле, максимум отмечен на варианте $N_{30}P_{40}$, составив 27,4 шт./растение.

При увеличении нормы высева до 2,2 млн. шт./га происходило существенное сокращение числа бобов на растении по всем вариантам опыта, что, видимо, было связано с увеличением количества растений на единицу площади. На вариантах N_{30}, N_{60} и $N_{60}P_{20}$ количество бобов было достоверно ниже, чем на контроле, на варианте $N_{30}P_{20}$ незначительно выше, на остальных вариантах существенно выше, чем на варианте без удобрений. Максимальное значение показателя отмечено на варианте $N_{20}P_{40}$, составив 26,9 шт./растение.

При норме высева 2,8 млн шт./га отмечено существенное снижение числа бобов на растениях чечевицы по всем вариантам опыта (до 8,6-9,9 шт./растение), что непосредственно связано с увеличением густоты стояния растений. Применение изучаемых норм минеральных удобрений достоверно не увеличивало количество бобов на рас-

тении, что, вероятно, связано с недостаточным количеством элементов питания для интенсивного развития растений при загущенном посеве. При внесении N_{60}, P_{20} и $N_{20}P_{20}$ число бобов на растении было достоверно ниже, чем на контроле, что связано с негативным влиянием высоких норм азотных удобрений и повышенным количеством растений на единицу площади, негативно сказавшимся на развитии растений даже с учётом применяемых удобрений.

Таким образом, увеличение нормы высева чечевицы приводит к достоверному снижению числа бобов на растении по всем изучаемым вариантам опыта. Минимальные значения данного показателя были отмечены при норме высева 2,8 млн шт./га, что, вероятно, связано со значительно увеличившейся густотой стояния растений, что в условиях внутривидовой конкуренции за элементы питания и влагу не позволяло формировать растениям большое количество бобов на растении. Применение минеральных удобрений позволяет увеличить данный показатель при нормах высева 1,6 и 2,2 млн шт./га лишь при внесении 20 кг/га д. в. азота, только фосфорных и совместного применения азотных и фосфорных удобрений. При увеличении нормы высева до 2,8 млн шт./га применение минеральных удобрений в изучаемых нормах значимого влияния на показатель не оказал.

Математическая обработка данных показала, что на формирование массы 1000 зёрен чечевицы норма высева и применение минеральных удобрений не оказали значимого влияния. Так при норме высева 1,6 млн шт./га масса зерна чечевицы достоверно превышала контрольный вариант лишь при внесении $N_{20}P_{20}$ и $N_{20}P_{40}$, на остальных удобренных вариантах данный показатель был незначительно выше. При увеличении нормы высева до 2,2 млн шт./га масса зерна чечевицы по изучаемым вариантам достоверно снижалась, что вероятно было связано с увеличением густоты стояния растений. Отмечено, что на варианте с применением N_{20} данный показатель был существенно ниже контроля, составив 43,5 г, по остальным изучаемым вариантам масса зерна от контроля отличалась незначительно. Максимальное значение (49,2 г) было получено при внесении $N_{60}P_{20}$.

При норме высева 2,8 млн шт./га масса зерна чечевицы на изучаемых вариантах незначительно увеличивалась до 47,7- 49,7 г, что

было непосредственно связано с существенным снижением количества бобов на растении. Значимых изменений показателя по сравнению с вариантом без применения удобрений не наблюдалось. Следовательно, внесение изучаемых норм минеральных удобрений не оказывает значимого влияния на массу зерна чечевицы при изучаемых нормах высева. Увеличение нормы высева с 1,6 до 2,8 млн шт./га приводит к незначительному снижению массы 1000 зёрен чечевицы.

Изменение нормы высева и минеральных удобрений оказало существенное влияние на выживаемость растений чечевицы (таблица 9).

Таблица 9 – Выживаемость растений чечевицы к уборке в зависимости от нормы высева и фона минерального питания на плакорных землях, %. 2019-2020 гг.

Фон удобрений	Выживаемость растений к уборке, %		
	1,6 млн шт./га	2,2 млн шт./га	2,8 млн шт./га
Б/у	85,5	83,3	81,9
N_{20}	74,1	76,8	79,4
N_{30}	79,3	83,2	81,2
N_{60}	84,2	88,6	83,8
P_{20}	85,0	86,8	82,6
$N_{20}P_{20}$	77,5	84,5	86,5
$N_{30}P_{20}$	85,0	83,2	80,3
$N_{60}P_{20}$	83,3	89,1	82,4
P_{40}	79,7	80,5	84,1
$N_{20}P_{40}$	82,5	79,5	80,6
$N_{30}P_{40}$	76,3	86,4	85,3
$N_{60}P_{40}$	79,5	82,3	82,9
$НСР_{05}$ = 0,9 %; фактор А – 0,4 %; фактор В – 0,8 %.			

При норме высева 1,6 млн шт./га выживаемость растений чечевицы на варианте без применения удобрений составила 85,5 %. Применение минеральных удобрений приводило к существенному снижению данного показателя. Минимальное значение было получено на варианте с применением N_{20} (74,1%), максимальное – при внесении P_{20} и $N_{30}P_{20}$, составив 85,0 %, что было незначительно ниже контроля.

При норме высева 2,2 млн шт./га по большинству удобренных вариантов наблюдалось достоверное повышение выживаемости растений

к уборке по сравнению с нормой высева 1,6 млн шт./га. Исключения наблюдались на вариантах $N_{30}P_{20}$ и $N_{20}P_{40}$, где выживаемость была существенно ниже. Минимальное значение показателя, как и при норме высева 1,6 млн шт./га наблюдалось на варианте с внесением N_{20}, составив 76,8 %, максимум отмечен при применении $N_{60}P_{20}$ (89,1 %).

При увеличении нормы высева до 2,8 млн шт./га выживаемость растений чечевицы существенно варьировала по вариантам опыта. На вариантах N_{20}, N_{30}, $N_{20}P_{20}$, P_{40}, $N_{30}P_{40}$ и $N_{60}P_{40}$ данный показатель был достоверно выше, чем при норме высева 1,6 млн шт./га; на контроле и остальных удобренных вариантах существенно уступал, что вероятно было связано с загущением посевов и увеличением внутривидовой конкуренции за элементы питания и влагу. Минимальная выживаемость также наблюдалась на варианте N_{20} (79,4 %), максимальная отмечена при внесении $N_{20}P_{20}$ (86,5%).

Таким образом, увеличение нормы высева приводит к достоверному снижению выживаемости растений чечевицы, возделываемой без применения удобрений. Применение минеральных удобрений позволяет существенно повысить выживаемость растений чечевицы при увеличении нормы высева до 2,2 и 2,8 млн шт./га. Максимальная выживаемость растений 85-89 % получена при совместном внесении азотных и фосфорных удобрений: при норме высева 1,6 млн шт./га – на фоне P_{20} и $N_{30}P_{20}$, при норме высева 2,2 млн шт./га – на фоне $N_{60}P_{20}$, при норме высева 2,8 млн шт./га – на фоне $N_{20}P_{20}$.

4.6 Урожайность и качество урожая чечевицы на плакорных землях в зависимости от нормы высева и фона минерального питания

Существенные различия в условиях развития растений при изучаемых нормах высева оказали прямое влияние на урожайность зерна чечевицы.

На фоне отвальной основной обработки почвы чечевица сорта Донская проявила высокую отзывчивость на применение минеральных удобрений при всех изучаемых нормах высева. В среднем за

годы исследований установлено, что на урожайность чечевицы существенное влияние оказывают как нормы высева, так и применяемые минеральные удобрения (таблица 10).

Таблица 10 – Урожайность чечевицы Донская в зависимости от фона минеральных удобрений, при различных нормах высева семян, т/га, ФГБНУ ФРАНЦ, п. Рассвет, 2019-2020 гг.

Фон удобрений	1,6 млн шт./га		2,2 млн шт. /га		2,8 млн шт./га	
	урожайность	прибавка урожая	урожайность	прибавка урожая	урожайность	прибавка урожая
Б/у	1,41	-	1,62	-	1,05	-
N_{20}	1,33	-0,08	1,52	-0,10	1,02	-0,03
N_{30}	1,33	-0,08	1,42	-0,20	1,01	-0,04
N_{60}	1,32	-0,09	1,33	-0,29	0,99	-0,06
P_{20}	1,49	+0,08	1,85	+0,23	1,08	+0,03
$N_{20}P_{20}$	1,45	+0,04	1,81	+0,19	1,08	+0,03
$N_{30}P_{20}$	1,46	+0,05	1,71	+0,09	1,06	+0,01
$N_{60}P_{20}$	1,40	-0,01	1,62	-	1,03	-0,02
P_{40}	1,65	+0,24	2,06	+0,44	1,09	+0,04
$N_{20}P_{40}$	1,64	+0,23	2,17	+0,55	1,10	+0,05
$N_{30}P_{40}$	1,66	+0,25	1,94	+0,32	1,08	+0,03
$N_{60}P_{40}$	1,62	+0,21	1,95	+0,33	1,07	+0,02
$НСР_{05}$ = 0,02 т/га; фактор А: $НСР_{05}$ – 0,008 т/га; фактор В: $НСР_{05}$ – 0,016 т/га						

Так, если при норме высева 1,6 млн шт./га урожайность без применения удобрений составляла 1,41 т/га, то при норме высева 2,2 млн шт./га она повысилась на 0,21 ц/га до 1,62 т/га. При увеличении нормы высева до 2,8 млн шт./га происходило значительное снижение урожайности зерна чечевицы (до 1,05 т/га), что связано с увеличением числа растений на единицу площади и недостаточным содержанием в почве элементов питания для формирования высокопродуктивных посевов при их загущении.

Применение только азотных минеральных удобрений приводило к статистически достоверному снижению урожайности при всех изучаемых нормах высева, что, видимо, связано с биологическими особенностями чечевицы. Применение только фосфорных и сочетание азотных с фосфорными удобрениями достоверно увеличивало урожайность чечевицы при всех изучаемых нормах высева, за исключе-

нием варианта $N_{60}P_{20}$, где урожайность незначительно снижалась, что видимо, связано с негативным влиянием на развитие растений высоких доз азота при недостатке фосфора. Максимальная прибавка урожая при норме высева 1,6 млн шт./га была получена при внесении $N_{30}P_{40}$, составив 0,25 ц/га. При нормах высева 2,2 и 2,8 млн шт./га максимум урожайности был получен при внесении $N_{20}P_{40}$, прибавка урожая составила соответственно 0,55 и 0,05 т/га.

Следовательно, на урожайность чечевицы Донская оказывают существенное влияние как норма высева семян, так и уровень вносимых минеральных удобрений. При норме высева 1,6 млн шт./га урожайность колебалась в пределах 1,32-1,66 т/га по вариантам опыта. При повышении нормы высева до 2,8 млн шт./га наблюдалось достоверное снижение урожайности на 25,5 % на контрольном варианте без удобрений, а также по всем вариантам опыта, что было связано с повышением конкурентной борьбы растений при значительном увеличении количества растений на единицу площади.

Наибольшая урожайность 2,17 т/га была получена при норме высева 2,2 млн шт./га на фоне $N_{20}P_{40}$ кг/га д. в., где густота стояния и площадь питания растений были наиболее оптимальны для развития чечевицы.

Выявлено, что применение только азотных удобрений приводит к существенному снижению урожайности при всех изучаемых нормах высева, что, видимо, связано с биологическими особенностями растений чечевицы. Наилучшие результаты дает совместное применение азотных и фосфорных удобрений нормой $N_{20}P_{40}$ и $N_{30}P_{40}$ при разных нормах высева. Максимальная урожайность при норме высева 2,2 млн шт./га была получена на варианте с применением $N_{20}P_{40}$ и составила 2,17 т/га.

Качество урожая. Исследования показали, что содержание белка в зерне чечевицы заметно варьирует при изменении нормы высева и применяемых минеральных удобрений (таблица 11).

При норме высева 1,6 млн шт./га на контрольном варианте содержание белка составило 26,2 %. Применение минеральных удобрений приводило к увеличению данного показателя по всем изучаемым вариантам. Установлено, что при внесении только азотных удобрений

наблюдалось существенное увеличение содержания белка в зерне, при этом максимальное его значение (28,1 %) было получено при внесении 60 кг/га д. в. азота.

Таблица 11 – Содержание белка в зерне чечевицы в зависимости от нормы высева и фона минерального питания на плакорных землях, %. 2019-2020 гг.

Фон удобрений	Норма высева, млн шт./га		
	1,6	2,2	2,8
Б/у	26,2	25,7	25,3
N_{20}	27,0	26,6	26,2
N_{30}	27,7	27,3	26,8
N_{60}	28,1	27,6	27,0
P_{20}	27,4	26,8	26,3
$N_{20}P_{20}$	27,9	27,1	26,5
$N_{30}P_{20}$	27,5	27,3	26,7
$N_{60}P_{20}$	27,1	26,9	26,9
P_{40}	27,3	27,0	26,5
$N_{20}P_{40}$	27,6	26,7	26,4
$N_{30}P_{40}$	27,4	27,2	26,8
$N_{60}P_{40}$	27,8	26,9	26,7

При внесении только фосфорных и совместном применении азотных и фосфорных удобрений по изучаемым вариантам наблюдалось снижение содержания белка по сравнению с внесением высоких норм азотных удобрений, что непосредственно связано с увеличением урожайности чечевицы. Было отмечено, что совместное применение азотных и фосфорных удобрений повышало содержание белка в зерне чечевицы на 0,1-0,5 % по сравнению с внесением только фосфорных удобрений за исключением варианта $N_{60}P_{20}$, где данный показатель снизился на 0,3 %. На вариантах с совместным внесением 20 кг/га д. в. фосфора и азотных удобрений нормой 20 и 30 кг/га д. в. содержание белка в зерне чечевицы было на 0,1-0,3 % выше, чем на вариантах $N_{20}P_{40}$ и $N_{30}P_{40}$, что, видимо, также связано с существенно возросшей урожайностью на данных вариантах.

При норме высева 2,2 млн шт./га наблюдалось снижение с одержания белка в зерне чечевицы по сравнению с нормой высева 1,6 млн шт./га по всем изучаемым вариантам опыта, что было непо-

средственно связано со значительно возросшей урожайностью зерна. Применение минеральных туков также приводило к увеличению содержания белка в зерне чечевицы. Внесение азотных удобрений в повышенных нормах позволяло получить максимальное значение содержания белка, составившего при внесении 60 кг/га д.в. азота 27,6 %. По остальным удобренным вариантам прослеживались аналогичные тенденции в изменении содержания белка в зерне чечевицы, как и при норме высева 1,6 млн шт./га.

При увеличении нормы высева до 2,8 млн шт./га наблюдалось существенное снижение содержания белка в зерне чечевицы по сравнению с нормой высева 1,6 млн шт./га по всем вариантам опыта, что, видимо, связано с увеличением внутривидовой конкуренции растений за элементы питания при загущении посевов. На варианте без применения удобрений содержание белка составило 25,3 %. Применение минеральных удобрений приводило к увеличению показателя до 26,2-27,0 % по вариантам опыта. Прослеживались аналогичные тенденции в изменении содержания белка в зерне чечевицы, как и при других нормах высева.

Таким образом, при увеличении нормы высева содержание белка в зерне чечевицы снижается по всем вариантам опыта. Так, на варианте без применения удобрений данный показатель снизился с 26,2 % при норме высева 1,6 млн шт./га до 25, 3 % при норме высева 2,8 млн шт./га. Применение изучаемых норм минеральных удобрений способствовало существенному повышению содержания белка при всех изучаемых нормах высева. Азотные удобрения вызывают существенное увеличение содержания белка в зерне чечевицы. Максимальное значение получено при внесении 60 кг/га д. в. азота, что, видимо, связано с существенным сокращением урожайности чечевицы по сравнению с контролем в результате негативного воздействия высоких норм азота на рост и развитие растений чечевицы. Совместное применение азотных и фосфорных удобрений способствует повышению содержания белка по сравнению с внесением только фосфорных удобрений и азота в дозе 20 кг/га д. в. на 0,1-0,5 %. Максимальное повышение содержания белка в зерне чечевицы на 1,9-2,3 % при всех изучаемых нормах высева отмечено при внесении 60 кг/га д. в. азота.

5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ СОРТА ДОНСКАЯ В УСЛОВИЯХ ЭРОЗИОННО-ОПАСНОГО АГРОЛАНДШАФТА

5.1 Агроэкологические свойства почвы при возделывании чечевицы на эродированных землях

Чечевица, как культура, имеет важное значение в сельском хозяйстве и требует высокой культуры земледелия. Поскольку она является клубеньковой культурой, ей необходимы аэрируемые почвы с оптимальной структурой и водно-воздушным режимом для развития корневой системы. Основным антропогенным фактором влияния на структурно-агрегатный состав почвы является основная обработка. Основным показателем целесообразности той или иной обработки почвы является оптимальное соотношение параметров агрофизических свойств почвы, таких как содержание агрономически ценных структурных и водопрочных агрегатов. Агрономически ценная структура почвы представляет собой сумму фракций от 0,25 до 10 мм, с оптимальным значением 70-80 %.

В наших исследованиях при посеве показатель в слое 0-30 см составляет 81,6-83,9 %, что характеризует отличное состояние почвенной структуры с большими значениями при чизельной обработке почвы (таблица 12).

В результате исследований установлено, что в период сева способ и глубина основной обработки почвы не оказали существенного влияния на структурно-агрегатный состав чернозёма обыкновенного среднесмытого.

На дату посева чечевицы, наибольшее содержание агрономически ценных почвенных агрегатов в слое 0-30 см отмечено на варианте с чизельной и комбинированной обработкой и составило 83,9 % и 82,2 %, что незначительно больше (на 0,7-2,8 %), чем на контрольном варианте с отвальной обработкой. Следует отметить, что в отношении

крупноглыбистой фракции прослеживается аналогичная тенденция – содержание агрегатов более 10 мм при отвальной обработке меньше на 50,7-12,4%, чем при чизельной и комбинированной (8,8 % против 13,2 % и 9,9 %). Количество агрегатов пылевидной фракции увеличивалось в ряду → чизельная обработка (2,9 %) → комбинированная обработка (7,9 %) → отвальная обработка (9,6 %).

Таблица 12 – Структурно-агрегатный состав почвы в посевах чечевицы в зависимости от способа основной обработки почвы, %, 2019- 2020 гг.

Способ обработки почвы	Слой почвы, см	Размер агрегатов, мм			
		>10	10-0,25	<0,25	К стр.
Посев					
Чизельная	0-10	12,0	83,6	4,3	5,1
	10-20	13,8	83,7	2,5	5,2
	20-30	13,9	84,2	1,9	5,3
	0-30	13,2	83,9	2,9	5,2
Комбинированная	0-10	8,8	77,2	14,0	3,5
	10-20	10,5	85,1	4,5	5,7
	20-30	10,4	84,3	5,3	5,4
	0-30	9,9	82,2	7,9	4,9
Отвальная	0-10	9,8	78,7	11,5	3,7
	10-20	9,2	82,9	7,9	4,9
	20-30	7,4	83,2	9,4	5,0
	0-30	8,8	81,6	9,6	4,5
$НСР_{05}$		0,2	4,8	0,48	
Уборка					
Чизельная	0-10	16,3	73,5	10,2	2,8
	10-20	16,9	74,4	8,7	2,9
	20-30	11,6	76,7	11,7	3,3
	0-30	14,9	74,9	10,2	3,0
Комбинированная	0-10	10,1	77,6	12,4	3,5
	10-20	11,0	77,4	11,6	3,4
	20-30	8,8	82,1	9,1	4,6
	0-30	10,0	79,0	11,0	3,8
Отвальная	0-10	11,6	73,3	15,1	2,8
	10-20	11,5	77,8	10,6	3,5
	20-30	10,3	79,6	10,0	4,0
	0-30	11,1	76,9	11,9	3,4
$НСР_{05}$		3,4	4,0	0,6	

Коэффициент структурности (К стр.) на варианте с чизельной и комбинированной обработкой почвы в слое 0-30 см составил соответственно 5,2 и 4,9, что выше, чем при отвальной обработке на 7,9 и 15,4 %.

К уборке чечевицы в фазе полной спелости зерна сказывается структурообразующее действие корневой системы этой культуры. Так, количество агрономически ценных агрегатов к фазе полной спелости на варианте с комбинированной обработкой в слое почвы 0-30 см составило 79,0 %, что на 4,1 % больше, чем на варианте с отвальной вспашкой. На варианте с чизельной обработкой почвы количество агрономически ценных агрегатов сократилось незначительно, на 3,2 %. В отношении крупноглыбистой и пылевидной фракции наблюдается общая тенденция, процентное количество агрегатов увеличивается по сравнению с периодом посева. Эта закономерность нашла свое отражение в значениях коэффициента структурности (таблица 12).

Коэффициент структурности к уборке культуры уменьшился в сравнении с посевом. На варианте комбинированной обработки почва была более оструктурена и коэффициент структурности был равен 3,8, против такового при чизельной (3,0) и отвальной обработке (3,4).

Водопрочность. Одной из наиболее важных характеристик агрофизических свойств почвы является водопрочность агрегатов, которая обусловливает устойчивость структуры и ее долговременность. Результаты мокрого фракционирования по всем изучаемым системам основной обработки показали, что в период посева чечевицы в пахотном слое процентное содержание водопрочных агрегатов было высокое, и составляло 84,4 % на варианте с чизельной обработкой, 77,9 % на варианте с комбинированной и 71,7 % на варианте с отвальной обработкой. Содержание фракции размером >7 мм на варианте с чизельной обработкой было наибольшее по сравнению с изучаемыми вариантами – 2,0 %. На варианте с комбинированной обработкой количество фракции размером >7 мм было меньше на 41,3 %, а на варианте с отвальной обработкой в два раза меньше (0,9 %).

Количество агрегатов пылевидной фракции увеличивалось в ряду → чизельная обработка (13,1 %) → комбинированная обработка

(20,3 %) → отвальная обработка (27,6 %). Коэффициент водопрочности также возрастал на вариантах с чизельной, комбинированной и отвальной обработкой 5,8, 3,7 и 2,6 соответственно (таблица 13).

Таблица 13 – Количество водопрочных агрегатов в посевах чечевицы при различных способах основной обработки почвы, %, 2019-2020 гг.

Способ обработки почвы	Слой почвы, см	Размер агрегатов, мм			
		>7	5-0,25	<0,25	К вдпр.
Посев					
Чизельная	0-10	2,6	80,8	16,6	4,2
	10-20	2,4	84,4	11,7	5,5
	20-30	0,9	88,0	11,1	7,7
	0-30	2,0	84,4	13,1	5,8
Комбинированная	0-10	2,0	75,7	22,3	3,3
	10-20	1,6	77,2	21,2	3,5
	20-30	1,6	80,9	17,5	4,4
	0-30	1,2	77,9	20,3	3,7
Отвальная	0-10	0,4	69,6	30,0	2,3
	10-20	0,7	75,7	22,8	3,2
	20-30	1,6	68,3	30,1	2,2
	0-30	0,9	71,2	27,6	2,6
$НСР_{05}$		4,9	7,6	2,8	
Уборка					
Чизельная	0-10	7,8	72,1	20,2	2,6
	10-20	0,4	76,7	21,4	3,3
	20-30	2,5	73,4	24,1	2,8
	0-30	3,6	74,1	21,9	2,9
Комбинированная	0-10	3,4	72,3	24,3	2,6
	10-20	0,8	74,1	23,5	2,9
	20-30	3,9	72,6	23,5	2,7
	0-30	2,7	73,0	23,8	2,7
Отвальная	0-10	5,7	66,7	27,6	2,0
	10-20	0,4	73,9	24,8	2,8
	20-30	1,4	76,4	22,3	3,2
	0-30	2,5	72,3	24,9	2,7
$НСР_{05}$		8,3	3,9	3,5	

При определении водопрочных агрегатов в фазу полной спелости чечевицы отмечена тенденция увеличения агрономически ценной и

пылевидной фракции и уменьшения крупноглыбистой фракции на всех вариантах обработок почвы. По сравнению с весенним состоянием почвы, произошло снижение коэффициента водопрочности (К вдпр.) в пахотном слое: на варианте с чизельной обработкой с 5,8 до 2,9, при комбинированной обработке с 3,7 до 2,7, а при отвальной обработке почти не изменилось – 2,6-2,7.

В период уборки количество водопрочных агрегатов размером 5-0,25 мм в пахотном слое уменьшалось в ряду → чизельная обработка (74,1 %) → комбинированная обработка (73,0 %) → отвальная обработка (72,3 %). Аналогичная закономерность отмечена и с фракцией >7, уменьшение агрегатов 3,6 % → 2,7% → 2,5%. Наиболее низкое содержание пылевидных агрегатов отмечено на варианте с чизельной обработкой почвы 21,9 %, на двух других вариантах 23,8 % и 24,9 % соответственно.

Таким образом, чизельная и комбинированная обработки почвы повышают коэффициент структурности в пахотном слое на 7,9 и 15,4 % при посеве, и незначительно (на 7,4 %) в фазу полной спелости, по сравнению с отвальной. К уборке количество агрономически ценных агрегатов в посевах чечевицы снижается на 3,2-9,0 % по сравнению с посевом, за счёт увеличения крупноглыбистой и пылевидной фракций, больше при чизельной обработке.

Анализ количества водопрочных агрегатов в фазу полной спелости чечевицы в слое почвы 0-30 см показал увеличение агрономически ценной и пылевидной фракции и уменьшение крупноглыбистой фракции на всех вариантах обработок. По сравнению с весенним отбором почвы, происходит снижение коэффициента водопрочности в пахотном слое: с 5,8 до 2,9 при чизельной обработке, с 3,7 до 2,7 при комбинированной обработке, и отмечена его стабильность при отвальной обработке (2,6-2,7).

Плотность сложения почвы – это основной критерий строения почвы, определяющий её агрофизические свойства. Оптимизация плотности почвы является одной из главных задач, решаемых обработкой почвы. Несмотря на то, что чечевица не требовательна к почвам, плотность сложения почвы имеет большое значение для создания

благоприятных условий её вегетации и получения высоких урожаев этой культуры. Для роста и развития чечевицы нужна рыхлая почва, которая после весенних предпосевных обработок обеспечивала бы оптимальное соотношение воздуха, воды и доступными для растений чечевицы питательными веществами.

Естественная, или иначе, равновесная плотность почвы является оптимальной, в основном, для естественных ценозов. Но даже для одного и того же типа почв равновесная плотность непостоянна и зависит от уровня её плодородия. Потребность в механической обработке можно определить, сопоставляя величины равновесной и оптимальной плотности почвы для растений. Чем больше разность между равновесной и оптимальной плотностью, тем интенсивнее должна быть механическая обработка почвы. Когда почва хорошо окультурена и равновесная плотность совпадает с оптимальной для роста и развития культуры, можно значительно сократить число обработок.

При посеве плотность сложения пахотного слоя почвы на всех изучаемых варианте обработок увеличивалась по мере увеличения глубины отбора. Наибольшая плотность сложения почвы была отмечена на варианте с чизельной и комбинированной обработками, составившая 1,12 и возрастающая с глубиной от 1,03-1,04 т/м^3 в слое 0-10 см до 1,22-1,19 т/м^3 в слое 20-30 см. В то же время плотность сложения почвы при отвальной обработке в тех же слоях возрастала не столь интенсивно – от 1,02 до 1,08 т/м^3 (таблица 14).

Таблица 14 – Плотность сложения почвы в посевах чечевицы при разных способах обработки в слое 0-30 см, т/м^3, 2019-2020 гг.

Способ обработки почвы	Посев				Уборка			
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Чизельная	1,03	1,12	1,22	1,12	1,08	1,13	1,24	1,15
Комбинированная	1,04	1,13	1,19	1,12	1,06	1,16	1,25	1,16
Отвальная	1,02	1,08	1,13	1,08	1,04	1,08	1,19	1,10
$НСР_{05}$	0,13	0,05	0,09	0,04	0,04	0,04	0,06	0,02

В пахотном слое 0-30 см среднее значение плотности сложения почвы по вариантам опыта увеличивалось в ряду: чизельная обработ-

ка 1,12 т/м^3 → комбинированная обработка 1,12 т/м^3 → отвальная обработка 1,08 т/м^3

В период уборки плотность почвы по всем вариантам обработки значительно увеличилась. При этом на варианте с отвальной обработкой наблюдалось уплотнение с глубиной в пределах 1,04-1,19 т/м^3. На варианте с чизельной обработкой уплотнение почвы в слое 0-10 см составило 5,5 %, на варианте с комбинированной обработкой – 2,1 %, на варианте с отвальной обработкой – 2,3 %, в слое 10-20 см соответственно 0,5; 2,9 и 0,3 %, в слое 20-30 см 1,6; 4,9 и 5,5 % соответственно.

Плотность сложения пахотного слоя почвы после основной обработки, как при отвальной, так при чизельной и комбинированной, находится в оптимальных пределах для возделывания сельскохозяйственных культур (менее 1,3 т/м^3), однако при использовании той или иной обработки почвы преимуществом считается степень разуплотнения верхних слоёв почвы под её влиянием. Отмечено, что с увеличением глубины плотность сложения почвы возрастает, причём больше при чизельной основной обработке.

Таким образом, плотность сложения почвы при обработке, выполненной чизельным плугом и щелерезом в слое почвы 0-30 см, больше, чем при отвальной на 0,04-0,05 г/см^3 в оба срока наблюдения.

Одним из важных свойств почвы, особенно на склоновых землях, является её *водопроницаемость* (таблица 15).

Таблица 15 – Водопроницаемость почвы под посевами чечевицы сорта Донская в зависимости от способа основной обработки почвы, мл/мин, 2019-2020 гг.

Способ обработки почвы	Посев				Полная спелость			
	1 час	2 час	3 час	Сред нее	1 час	2 час	3 час	Сред нее
Чизельная	1,72	1,30	0,93	1,32	2,08	1,58	1,12	1,59
Комбинированная	1,68	1,28	0,91	1,29	2,01	1,53	1,09	1,54
Отвальная	1,39	1,06	0,75	1,07	1,64	1,25	0,89	1,26
$НСР_{05}$	0,22	0,17	0,12	0,17	0,79	0,74	0,53	0,69

Анализ динамики водопроницаемости показал, что уже при посеве этот показатель отличался при разных вариантах обработки почвы. Максимальная водопроницаемость в первый час 1,72 мл/мин. наблюдалась на варианте с чизельной обработкой почвы, и до конца 2-го и 3-го часа наблюдений оставалась самой высокой, хотя и изменялась в узком диапазоне 1,30 и 0,93 мл/мин. соответственно. Несколько меньшая водопроницаемость почвы была на варианте комбинированной и отвальной обработке почвы 1,68 и 1,69 мл/мин. Такая тенденция сохранилась и в среднем за 3 часа наблюдений, составив в среднем 1,29 и 1,07 мл/мин. В среднем водопроницаемость при чизельной основной обработке превысила таковую при комбинированной обработке на 2,3 %, а при отвальной – на 23,4 %.

К периоду уборки водопроницаемость почвы последовательно увеличилась на 0,14-0,36 мл/мин. или на 18,0-21,0 %, в зависимости от способа обработки почвы. В среднем за 3 часа наблюдений лучшая водопроницаемость почвы, 1,59 мл/мин., отмечена при чизельной основной обработке почвы, при комбинированной обработке водопроницаемость была несколько меньше (1,54 мл/мин.), а при отвальной – 1,26 мл/мин.

Таким образом, устойчивость пашни к деградационным процессам в эрозионно-опасном агроландшафте определяется выбором почвозащитной обработки почвы, имеющей наивысшую водопроницаемость, обеспечивающую снижение величины поверхностного стока за счёт накопления почвенных влагозапасов. Чизельная обработка почвы способна противостоять смыву и размыву почвы, обеспечивая наилучшие водно-физические свойства почвы: плотность почвы в оптимальных пределах 1,12 г/см^3; наибольшую водопроницаемость 1,32 мм/мин. и запас продуктивной влаги 130 мм; наибольшее количество агрономически ценных агрегатов 83,9 % и водопрочных агрегатов 84,4 %; наивысший коэффициент структурности 5,2 и коэффициент водопрочности 5,8.

5.2 Эрозионная устойчивость почв на склоне

Одной из основных задач почвозащитного земледелия является максимальное уменьшение стока воды и смыва почвы, или полное его прекращение. Механизм действия любого противоэрозионного мероприятия заключается в уменьшении скорости движения воды по склону до предельно допустимой нормы (ПДН). Предельно допустимая норма смыва почвы на чернозёмах обыкновенных приазовской зоны Ростовской области по расчётным данным составляет 3,0-3,5 т/га [69].

Изучение эрозионных процессов велось в севооборотах различных конструкций. Как было отмечено выше, смыв почвы формируется в результате весеннего снеготаяния. На этот показатель влияют высота снежного покрова и запас воды в снеге, которые могут стать причиной поверхностного стока воды и развития эрозионных процессов, формирующихся к началу снеготаяния (таблица 16).

Таблица 16 – Высота снегового покрова и запасы воды в снеге в зависимости от способа обработки почвы на эрозионно-опасном склоне, 2019-2020 гг.

Способ обработки почвы	Высота снегового покрова, см	Плотность снега, т/м³	Запас воды в снеге	
			мм	т/га
Чизельная	14,6	0,028	4,0	40,3
Комбинированная	13,6	0,028	3,8	37,5
Отвальная	13,4	0,027	3,7	36,8
$НСР_{05}$	0,2		0,07	

Кроме количества выпавшего снега, на высоту снежного покрова оказывают влияние глубина обработки почвы, глыбистость обработанного поля, размеры и характер растительных остатков. Плотность снега на различных полях севооборота неодинаковая, поэтому запасы воды в снеге даже при одной и той же высоте снегового покрова могут быть различными.

Высота снегового покрова зависит от перераспределения снега в результате действия ветров. На различных вариантах обработки почвы она существенно не отличалась и колебалась в пределах 13,4-14,6 см с

большими значениями при чизельной обработке почвы. Плотность снега также незначительно изменялась (0,027-0,028 т/м^3) в зависимости от обработки почвы и влияла на запас воды в снеге. Запасы воды в снеге изменялись от 36,8 т/га при отвальной обработке до 37,5 т/га при комбинированной обработке и до 40,3 т/га при чизельной, где была отмечена наибольшая высота снежного покрова в зимний период (14,6 см). Наибольшее количество воды в снеге накопилось на варианте чизельной обработки (40,3 т/га), на вариантах отвальной и комбинированной обработок они были на 8,6-6,9 % соответственно меньше.

Сток талой воды и смыв (размыв) почвы в первую очередь определяются запасом воды в снеге и интенсивностью снеготаяния. Запас воды в снеге на эрозионно-опасном склоне колебался в пределах 3,7-4,0 мм, с преимуществом при чизельной основной обработке почвы. Суммарный запас воды с учетом месячных осадков в период интенсивного снеготаяния и запаса воды в снеге, в зависимости от обработки почвы, отличался незначительно и составил всего лишь 6,1-6,4 мм, поэтому в 2019-2020 сельскохозяйственном году в результате постоянных наблюдений стока и смыва отмечено не было.

5.3 Почвенные влагозапасы и водный баланс посевов на склоне

Влагообеспеченность посевов является одним из главных и лимитирующих факторов получения высоких и устойчивых урожаев. Вследствие этого повышение эффективности использования осадков, их полное поглощение и продуктивное накопление являются важнейшей задачей при возделывании культур в засушливых районах. Обработка почвы может существенно увеличить накопление в ней влаги и влагообеспеченность посевов благодаря увеличению впитывающей способности почвы, уменьшению испарения влаги и повышению мощности корнеобитаемой зоны.

В общем комплексе мероприятий важным фактором является рациональная обработка почвы склоновых земель с учетом рельефа, почв, погодных условий. В связи с этим, актуально изучение влияния

способов основной обработки почвы на формирование доступной влаги на посевах чечевицы.

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на посевах чечевицы складывались из атмосферных осадков, выпадающих в течение вегетации, и влаги, накопленной за осенне-зимний период. Уровень запасов влаги в слое 1 м оценивался по А.Ф. Вадюниной [68]. Чечевица относится к культурам раннего сева, и засушливая весна со значительным недобором осадков (22,2 мм или 61,1 %) за апрель не позволила сохранить накопившиеся осадки зимнего периода на достаточно высоком уровне.

Анализ полученных данных показал, что перед посевом чечевицы запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-10 см при отвальном способе основной обработки почвы составили 11,8 мм, а при чизельном и комбинированном способе обработки почвы запас продуктивной влаги был больше на 20,6 % и 26,8 % (таблица 17).

Таблица 17 – Запасы продуктивной влаги на посевах чечевицы сорта Донская в зависимости от способа основной обработки почвы, мм, 2019-2020 гг.

Способ обработки почвы	Слой почвы, см			
	0-10	0-30	0-50	0-100
Посев				
Чизельная	14,3±1,6	42,1±1,5	66,3±1,8	130,4±0,6
Комбинированная	15,0±2,3	45,7±1,1	68,0±0,6	127,0±0,3
Отвальная	11,8±0,3	34,3±0,2	58,2±0,9	121,9±3,5
$НСР_{05}$		8,0	9,1	10,9
Цветение				
Чизельная	4,7±0,2	16,4±0,2	24,5±0,2	66,0±0,2
Комбинированная	3,0±2,6	10,5±4,2	18,9±4,7	60,0±1,9
Отвальная	1,5±0,8	5,6±1,9	9,7±2,2	47,0±0,9
$НСР_{05}$		1,8	2,5	8,6
Полная спелость				
Чизельная	0,0	0,0	0,0	2,2±0,6
Комбинированная	0,0	0,9±0,4	0,9±0,4	3,2±0,6
Отвальная	0,0	0,1	0,1	1,8±0,2
$НСР_{05}$				2,5

В слое почвы 0-30 см количество доступной влаги на варианте отвальной обработки почвы было 34,3 мм, а на вариантах чизельной и комбинированной обработки на 23,0 % и 33,3 % больше, в слое почве 0-50 см тенденция накопления продуктивной влаги сохранилась, однако разница в сравнении с отвальной обработкой составила 13,9 % и 16,8 %. Наибольшие запасы продуктивной влаги 130,4 мм накопились в слое почвы 0-100 см при чизельной обработке почвы, что на 6,9-4,2 % больше, чем при отвальной вспашке и комбинированной обработке почвы соответственно.

При этом запасы продуктивной влаги по вариантам опыта в метровом слое почвы при посеве, изменяясь от 130,4 мм при чизельной обработке до 121,9 мм при отвальной обработке почвы, и оценивались по шкале А.Ф. Вадюниной как «удовлетворительные».

Фаза цветения для чечевицы является критической, и запас продуктивной влаги имеет большое значение для формирования урожая. В слое почвы 0-10 см по сравнению с периодом сева содержание влаги уменьшилось на 67,3-87,0 %, в слое 0-30 см – на 61,2-83,5 %, – в слое 0-50 см – на 61,1-83,3 %, – в слое 0-100 см – на 49,4-61,5 %. Причем на варианте с отвальной обработкой почвы отмечено наибольшее снижение продуктивной влаги в почве.

Ко времени полной спелости чечевицы в метровом слое почвы оставалось незначительное количество продуктивной влаги (1,8-3,2 мм). Однако разница была несущественной и колебалась в пределах ошибки опыта. Максимальные влагозапасы в пахотном (42,1 мм), подпахотном (66,3 мм) и метровом (30,4 мм) слоях почвы накоплены за холодный период на варианте с чизельной обработкой почвы.

В условиях Ростовской области главным лимитирующим фактором является влага, поэтому в условиях её дефицита важным показателем является коэффициент водопотребления культуры, представляющий расход воды на эвапотранспирацию для образования 1 т товарной продукции (таблица 18).

Нами были рассчитаны показатели общего расхода влаги и коэффициенты водопотребления в зависимости от способа основной обработки почвы. Расчёт был произведён на выход зерна с 1 га. Анализ

данных таблицы показал, что при чизельной обработке почвы, несмотря на самый высокий показатель общего расхода влаги, отмечено более экономное её использование.

На этом варианте на создание 1 тонны урожая зерна было израсходовано наименьшее количество влаги при разных уровнях питания: 122,5-168,8 мм/т против 128,9-176,3 мм/т при отвальной обработке почвы и 126,5-175,0 мм/т при комбинированной обработке.

Таблица 18 – Баланс продуктивной влаги и коэффициенты водопотребления чечевицы сорта Донская в зависимости от способа основной обработки почвы, 2019-2020 гг.

Способ обработки почвы	Уровень питания	Расход влаги из почвы, мм	Осадки за вегетационный период, мм	Общий расход влаги, мм	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, мм/т
Чизельная	«0»	128,2	86,2	214,4	1,27	168,8
	«1»				1,47	145, 8
	«2»				1,75	122,5
Комбинированная	«0»	123,8	86,2	210,0	1,20	175,0
	«1»				1,42	147,9
	«2»				1,66	126,5
Отвальная	«0»	120,1	86,2	206,3	1,17	176,3
	«1»				1,38	149,5
	«2»				1,60	128,9

Выявлена общая закономерность – с увеличением урожайности уменьшается коэффициент водопотребления при всех изучаемых обработках почвы. Наименьший коэффициент водопотребления получен на варианте с чизельной обработкой почвы и при «2-м» повышенном уровне удобрений (122,5 мм/т). На этом же уровне питания при комбинированной обработке почвы коэффициент водопотребления был несколько больше (126,5 мм/т), а в этих же условиях при отвальной обработке почвы он составил максимальную величину (128,9 мм/т).

Установлено, что на варианте без удобрений под влиянием способа обработки почвы коэффициент водопотребления изменяется в пределах 0,7-4,3 %, при зональном уровне питания – 0,7-1,21 %, и на

повышенном фоне – 1,9-5,0 % с большими значениями при чизельной основной обработке почвы.

Значительно больше на величину коэффициента водопотребления влияет фон минерального питания, величина которого при чизельной обработке составляет 13,6-27,4 %, комбинированной 15,5-27,7, и при отвальной обработке 15,2-26,9 % с большими значениями на повышенном фоне питания.

Таким образом, запасы продуктивной влаги перед посевом чечевицы на варианте опыта при чизельной обработке почвы в метровом слое почвы были наибольшими (130,4 мм) и оценивались как «хорошие». Наиболее продуктивно использовалась почвенная влага при чизельном способе обработки почвы на повышенном фоне минерального питания, где коэффициент водопотребления был наименьшим, и составлял 122,5 мм/т против 128,9 мм/т при отвальном способе обработке почвы.

5.4 Урожайность, качество урожая и засорённость посевов чечевицы на эродированном склоне

Урожайность чечевицы в полевом опыте на эродированном склоне изменяется в зависимости от норм минеральных удобрений и способа основной обработки почвы. Наивысшая урожайность (1,75 т/га) получена на фоне $N_{40}P_{40}$ кг/га д.в. при чизельной обработке, что выше, чем при комбинированной и отвальной обработках соответственно на 5,4 и 9,4 % (таблица 19).

Урожайность на повышенном фоне удобрений при чизельной обработке превышает аналогичную на среднем фоне на 19,0 %, а на естественном фоне – на 37,8 %

Как следует из приведённых данных, чизельная основная обработка под чечевицу на склоне обеспечила более высокую урожайность зерна, независимо от фона минерального питания (1,27-1,75 т/га), а соответствующая прибавка по вариантам опыта варьировала в пределах 0,20-0,48 т/га, или 7,7-9,4 %, по сравнению с отваль-

ной вспашкой, взятой за контроль. Комбинированная обработка почвы при этом занимала промежуточное положение по урожайности чечевицы (1,20-1,66 т/га) и прибавке урожая (0,22-0,46 т/га).

Таблица 19 – Урожайность чечевицы сорта Донская в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня минерального питания на склоне, т/га, 2019-2020 гг.

Способ основной обработки почвы (Фактор А)	Уровень питания (фактор Б)			Прибавка, т/га		Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг/кг	
	«0»	«1»	«2»	«1»	«2»	«1»	«2»
Чизельная	1,27	1,47	1,75	0,20	0,48	3,33	6,00
Комбинированная	1,20	1,42	1,66	0,22	0,46	3,66	5,75
Отвальная	1,17	1,38	1,60	0,21	0,43	3,50	5,38
$НСР_{05}$= 0,12 т/га; фактор А – 0,06 т/га; фактор Б – 0,07 т/га.							
Примечание: «0» уровень – без удобрений; «1» уровень – $Р_{30}К_{30}$; «2» уровень – $Р_{40}К_{40}$							

Способы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на урожайность чечевицы сорта Донская ($НСР_{05}$ = 0,07 т/га). Урожайность на контрольном варианте отвальной обработки почвы при естественном плодородии составляла 1,17 т/га. Внесение минеральных удобрений нормой $Р_{30}К_{30}$ на контрольном варианте увеличило урожайность чечевицы на 0,21 т/га, а увеличение нормы удобрений до $Р_{40}К_{40}$ повысило урожайность на 0,43 т/га. Применение чизельной обработки почвы на варианте естественного плодородия способствовало увеличению урожайности до 1,27 т/га. На «1-м» уровне применения удобрений урожайность увеличилась на 0,20 т/га, а на «2-м» – на 0,48 т/га. При комбинированной обработке почвы без удобрений урожайность была равна 1,20 т/га, внесение средней и повышенной норм удобрений повысило урожайность на 0,22 т/га и 0,46 т/га соответственно.

На варианте без удобрений недостаток питательных веществ в почве в критические фазы развития растений при использовании комбинированной и отвальной обработки почвы оказался существенным, и отозвался снижением урожайности до 0,07-0,10 т/га.

В ходе экспериментальных исследований выявлено положительное влияние применяемых различных норм минеральных удобрений на урожайность чечевицы: зональный фон удобрений способствует повышению урожайности на 15,7-18,3 %, повышенный фон – на 36,8-38,3 % (таблица 24).

Окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожайности при внесении $P_{30}K_{30}$ на вариантах опыта чизельном, комбинированном и отвальном способах обработки почвы составила 3,33 кг; 3,66 кг и 3,50 на 1 кг удобрений. Увеличение нормы внесения минеральных удобрений до $P_{40}K_{40}$ повысило их окупаемость до 6,0; 5,75 и 5,38 на 1 кг внесённых удобрений с преимуществом чизельной обработки почвы.

Содержание элементов питания в основной и побочной продукции чечевицы под воздействием фона минерального питания при разных способах обработки почвы повлияло на накопление белка (таблица 20).

Таблица 20 – Содержание элементов питания в основной и побочной продукции в чечевице сорта Донская в зависимости от способа обработки почвы и уровня минерального питания, %, 2019-2020 гг.

Способ обработки почвы	Уровень питания	Содержание элементов		
		N± m	P_2O_5 ±m	K_2O± m
1	2	3	4	5
Основная продукция				
Чизельная	0	3,99±0,11	1,13±0,12	1,07±0,01
	1	4,06±0,06	1,16±0,13	1,08±0,01
	2	4,23±0,02	1,25±0,03	1,07±0,02
Комбинированная	0	4,03±0,06	1,18±0,01	1,07±0,01
	1	4,08±0,02	1,22±0,05	1,07±0,01
	2	4,15±0,15	1,30±0,02	1,08±0,04
Отвальная	0	4,08±0,06	1,19±0,01	1,05±0,01
	1	4,11±0,02	1,24±0,01	1,05±0,01
	2	4,16±0,04	1,28±0,01	1,06±0,01
$НСР_{05}$, %		0,25	0,17	0,05
Побочная продукция				
Чизельная	0	0,86±0,01	0,35±0,02	1,86±0,01
	1	0,92±0,01	0,36±0,04	1,89±0,20
	2	1,05±0,07	0,43±0,01	2,02±0,19

Окончание таблицы 20

1	2	3	4	5
Комбинированная	0	0,89±0,03	0,34±0,11	1,89±0,13
	1	1,08±0,32	0,36±0,11	2,09±0,08
	2	1,12±0,01	0,48±0,00	2,11±0,10
Отвальная	0	0,94±0,02	0,33±0,01	1,76±0,01
	1	1,09±0,01	0,39±0,05	1,84±0,05
$НСР_{05}$, %		0,36	0,18	0,34

В зависимости от способа основной обработки наблюдается увеличение в ряду: отвальная обработка – комбинированная – чизельная обработка.

Прослеживается общая тенденция в содержании элементов питания – с увеличением уровня питания возрастало содержание азота, фосфора и калия. Содержание общего азота в зерне изменялось от 3,99 до 4,23 %, в побочной продукции – от 0,86 до 1,10%, содержание P_2O_5 в основной и побочной продукции было 1,13-1,30 % и 0,34-0,48%, K_2O – 1,05-1,08 % и 1,76-2,11 %.

Вынос элементов питания из почвы с основной продукцией чечевицы сорта Донская с учётом урожайности приведён в таблице 21.

Таблица 21 – Вынос основной продукцией чечевицы сорта Донская элементов питания в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня минерального питания, кг/га, 2019-2020 гг.

Способ обработки почвы	Уровень питания	N	P_2O_5	K_2O
Чизельная	0	50,7	14,3	13,5
	1	59,7	17,0	15,8
	2	73,9	21,8	18,6
Комбинированная	0	48,3	14,2	12,8
	1	57,9	17,3	15,1
	2	68,8	21,5	17,9
Отвальная	0	47,7	13,9	12,2
	1	56,6	17,0	14,4
	2	66,5	20,4	17,0

Наибольшее количество общего азота, фосфора и калия было вынесено из почвы с урожаем на варианте чизельной обработки почвы при внесении повышенной нормы удобрений (73,9; 21,8; 18,6 кг/га соответственно). С уменьшением нормы удобрений количество основных элементов питания, выносимое из почвы, уменьшалось. На «1-м» уровне питания при чизельной обработке количество N, P_2O_5 и K_2O, вынесенное из почвы, было 59,7; 17,0; 15,8 кг/га соответственно. На варианте естественного плодородия было вынесено основной продукцией N– 50,7 кг/га, P_2O_5 – 14,3 кг/га, K_2O – 13,5 кг/га или на 14-16 % меньше.

На вариантах с комбинированной и отвальной обработками прослеживалась аналогичная тенденция, где вынос основных элементов питания составил: N 48,3-68,8 кг/га и 47,7-66,5 кг/га; P_2O_5 – 14,2-21,5 кг/га и 13,9-20,4 кг/га; K_2O – 12,8-17,9 кг/га и 12,2-17,0.

В ходе исследований выявлено, что содержание белка в зерне чечевицы сорта Донская больше зависело от уровня минерального питания, чем от способа обработки почвы (таблица 22).

Таблица 22 – Содержание белка в зерне чечевицы сорта Донская в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня минерального питания, %, 2019-2020 гг.

Уровень питания	Способ основной обработки почвы		
	Чизельная	Комбинированная	Отвальная
0	26,6	26,8	27,2
1	27,1	27,2	27,4
2	28,2	27,6	27,7

На варианте естественного плодородия количество белка в зерне чечевицы при чизельной, комбинированной и отвальной обработках почвы содержалось соответственно 26,6, 26,8, 27,2 %. Внесение минеральных удобрений нормой $P_{30}K_{30}$ увеличило выход белка до 27,1-27,4 %. Увеличение нормы минеральных удобрений нормой $P_{40}K_{40}$ способствовало повышению содержания белка на варианте чизельной обработки почвы до 28,2%, на варианте комбинированной и отвальной обработки оно было одинаковое (27,6-27,7%).

Засорённость посевов. Наряду с рыхлением почвы с целью оптимизации её плотности обработкой почвы решается и другой важный агротехнический вопрос – очищение полей севооборота от сорной растительности.

В изучаемых вариантах опыта отмечен сложный тип засорённости, который состоит из нескольких биологических групп (типов): корнеотпрысковый тип, в котором преобладали многолетние сорняки: осот розовый; и малолетний тип засорённости, в котором преобладали: марь белая, щирица жминдовидная, щирица запрокинутая, гречишка вьюнковая, щетинник сизый, амброзия полыннолистная. Все два типа засорённости проявляются совместно с различным соотношением сорных растений в посевах чечевицы.

Учёты сорной растительности на варианте опыта проведены до обработки чечевицы гербицидом и представлены в таблице 23.

Применение чизельной обработки почвы под чечевицу привело к увеличению засорённости по сравнению с вариантом отвальной обработки. Так, при чизельной обработке она составила 7-9 шт./м^2, при комбинированной обработке – 6-10 шт./м^2, тогда как при отвальной всего 5-7 шт./м^2.

Таблица 23 – Засорённость посевов чечевицы до обработки гербицидом в зависимости от способа обработки почвы и фона минерального питания, шт. на 1 м^2, 2019-2020 гг.

Способ обработки почвы	Уровень питания	Количество сорняков на 1 м²	% от отвальной обработки
Чизельная	0	9	128,6
	1	7	140,0
	2	8	133,3
Комбинированая	0	8	114,3
	1	6	120,0
	2	10	166,7
Отвальная	0	7	-
	1	5	-
	2	6	-
$НСР_{05}$		0,36	

Применение чизельной обработки почвы по отношению к отвальной привело к значительному увеличению засорённости посевов чечевицы на 128,6-133,3 %, а на варианте комбинированной обработки – на 114,3-166,7 %, что объясняется фитосанитарным эффектом отвальной обработки почвы.

Таким образом, при возделывании чечевицы сорта Донская в условиях эрозионно-опасного склона наибольшая урожайность – 1,75 т/га была получена при безотвальном способе обработки почвы и внесении минеральных удобрений нормой $P_{40}K_{40}$. Прибавка урожая в этом случае составила 0,48 т/га. На этом варианте отмечено и максимальное содержание белка в зерне чечевицы 28,2 %. Наивысшая окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожая – 6,0 кг/кг была получена при внесении повышенной нормы удобрений ($P_{40}K_{40}$) при чизельной обработке. Величина выноса элементов питания из почвы изменялась в соответствии с увеличением урожайности. При чизельной основной обработке она была наибольшей и возрастала по азоту на 11,1, фосфору на 6,9 и калию на 54,3 % по сравнению с теми же показателями при отвальной обработке. Отмечено повышение засорённости посевов чечевицы при чизельной обработке на 128,6-133,3 %, при комбинированной обработке – на 114,3-166,7 % по отношению к отвальной вспашке.

6 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ СОРТА ДОНСКАЯ НА ПЛАКОРНЫХ И ЭРОДИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

6.1 Агрохимическая и экономическая эффективность возделывания чечевицы сорта Донская на плакорных землях

Расчёт агрохимической эффективности применяемых удобрений показал, что отзывчивость чечевицы сорта Донская варьировала в зависимости от нормы высева семян. Так, при норме посева 1,6 млн шт./га максимальная окупаемость наблюдалась при внесении 40 кг д.в. фосфора, составив 6,0 кг зерна на 1 кг д.в. удобрения (таблица 24).

Таблица 24 – Анализ эффективности применения удобрений под чечевицу на фоне отвальной основной обработки почвы 2018-2020 гг.

Норма высева	Вариант	Доза удобрения в кг д.в.	Прибавка от удобрений, ц/га	Окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожая, кг
1	2	3	4	5
1,6 млн шт./га	P_{20}	20	0,8	4,0
	$N_{20}P_{20}$	40	0,4	1,0
	$N_{30}P_{20}$	50	0,5	1,0
	P_{40}	40	2,4	6,0
	$N_{20}P_{40}$	60	2,3	3,8
	$N_{30}P_{40}$	70	2,5	3,6
	$N_{60}P_{40}$	100	2,1	2,1
2,2 млн шт./га	P_{20}	20	2,3	11,5
	$N_{20}P_{20}$	40	1,9	4,8
	$N_{30}P_{20}$	50	0,9	1,8
	P_{40}	40	4,4	11,0
	$N_{20}P_{40}$	60	5,5	9,2
	$N_{30}P_{40}$	70	3,2	4,6
	$N_{60}P_{40}$	100	3,3	3,3

Окончание таблицы 24

1	2	3	4	5
2,8 млн шт./га	P_{20}	20	0,3	1,5
	$N_{20}P_{20}$	40	0,3	0,8
	$N_{30}P_{20}$	50	0,1	0,2
	P_{40}	40	0,4	1,0
	$N_{20}P_{40}$	60	0,5	0,8
	$N_{30}P_{40}$	70	0,3	0,4
	$N_{60}P_{40}$	100	0,2	0,2

При увеличении нормы высева до 2,2 и 2,8 млн. шт./га максимальная окупаемость минеральных туков была получена на варианте с внесением P_{20}, что позволяло на 1 кг д.в. удобрения получить дополнительно, соответственно 11,5 и 1,5 кг зерна. Наилучшие результаты окупаемости минеральных удобрений были получены при посеве чечевицы с нормой высева 2,2 млн шт./га, что связано с максимальной прибавкой урожайности при применении удобрений. Минимальная окупаемость наблюдалась при норме высева 2,8 млн шт./га.

В среднем за годы исследований получены результаты экономической эффективности производства чечевицы в условиях различных агроландшафтов на чернозёмах обыкновенных.

Анализ экономической эффективности разных способов основной обработки почвы при возделывании чечевицы на плакорных землях отражен в данных таблицы 25.

Прямые затраты возрастали по мере интенсификации способов обработки, достигнув наибольшего значения при отвальной вспашке – 23,84 тыс. руб./га. На данном варианте отмечена и самая высокая стоимость полученной продукции (57 тыс. руб.), обусловленная лучшей урожайностью зерна.

Однако по совокупности экономических показателей: самые высокие условный чистый доход (34,18 тыс. руб./га), рентабельность (158%), окупаемость дополнительных затрат (2,58 руб.), а также наименьшая себестоимость продукции (11,62 тыс. руб./т), наиболее эффективным является вариант комбинированной основной обработки почвы.

Таблица 25 – Экономическая эффективность различных способов основной обработки почвы при возделывании чечевицы на плакорных землях при высоком фоне питания и норме высева 2,2 млн шт./га, 2018-2020 гг.

Показатель	Способ обработки почвы		
	поверхностная	комбинированная	отвальная
Прямые затраты, тыс. руб./га	19,22	21,62	23,84
Урожайность, т/га	1,53	1,86	1,90
Стоимость продукции, тыс.руб.	45,9	55,8	57,0
Себестоимость1 т продукции, тыс. руб.	12,56	11,62	12,54
Условный чистый доход, тыс. руб. /га	26,68	34,18	33,16
Рентабельность, %	138,8	158,1	139,1
Окупаемость прямых затрат урожаем, руб.	2,39	2,58	2,39

При других нормах минеральных удобрений на плакорных землях в среднем за годы исследований установлено, что наиболее экономически эффективно высевать чечевицу нормой высева 2,2 млн шт./га (таблица 26).

Таблица 26 – Показатели экономической эффективности возделывания чечевицы Донская на плакорных землях при отвальной обработке почвы в зависимости от нормы высева и фона питания, 2018-2020 гг.

Вариант	Прямые производственные затраты, тыс. руб./га	Стоимость урожая, тыс. руб./га	Себестоимость 1 ц урожая, тыс. руб.	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %	Окупаемость прямых затрат урожаем, руб.
1	2	3	4	5	6	7
Норма высева 1,6 млн шт./га						
Б/у	16,8	42,3	1,14	25,5	151,79	2,52
P_{20}	18,14	44,7	1,22	26,56	146,42	2,46
$N_{20}P_{20}$	18,98	43,5	1,31	24,52	129,19	2,29

Окончание таблицы 26

1	2	3	4	5	6	7
$N_{30}P_{20}$	19,52	43,8	1,34	24,28	124,39	2,24
P_{40}	19,48	49,5	1,18	30,02	154,11	2,54
$N_{20}P_{40}$	20,39	49,2	1,24	28,81	141,29	2,41
$N_{30}P_{40}$	20,93	49,8	1,26	28,87	137,94	2,38
$N_{60}P_{40}$	22,37	48,6	1,38	26,23	117,26	2,17
Норма высева 2,2 млн шт./га						
Б/у	16,98	48,6	1,05	31,62	186,22	2,86
P_{20}	18,35	55,5	0,99	37,15	202,45	2,02
$N_{20}P_{20}$	19,28	54,3	1,07	35,02	181,64	2,82
$N_{30}P_{20}$	19,76	51,3	1,16	31,54	159,62	2,6
P_{40}	19,85	61,8	0,96	41,95	211,34	3,11
$N_{20}P_{40}$	20,81	65,1	0,96	44,29	212,83	3,12
$N_{30}P_{40}$	21,16	58,2	1,09	37,04	175,05	2,75
$N_{60}P_{40}$	22,6	58,5	1,16	35,9	158,85	2,59
Норма высева 2,8 млн шт./га						
Б/у	17,61	31,5	1,68	13,89	78,88	1,79
P_{20}	18,89	32,4	1,75	13,51	71,52	1,72
N20P20	19,79	32,4	1,83	12,61	63,72	1,64
N30P20	20,33	31,8	1,92	11,47	56,42	1,56
P_{40}	20,17	32,7	1,85	12,53	62,12	1,62
$N_{20}P_{40}$	21,07	33	1,92	11,93	56,62	1,57
$N_{30}P_{40}$	21,61	32,4	2	10,79	49,93	1,5
$N_{60}P_{40}$	22,15	32,1	2,07	9,95	44,92	1,45

При этом максимальный условный чистый доход (44,29 тыс. руб./га) и рентабельность производства (212,83 %) получены на варианте с внесением $N_{20}P_{40}$, а себестоимость произведённой продукции минимальна (0,96 тыс. руб.за 1 ц).

Таким образом, при возделывании чечевицы сорта Донская на плакорных землях рекомендуется высевать ее нормой 2,2 млн шт./га с внесением минеральных туков дозировкой $N_{20}P_{40,}$ что позволяет получить прибавку зерна 5,5 ц/га, увеличив урожайность до 21,7 ц/га, при этом рентабельность производимой продукции максимальна и составляет 212,83%, окупаемость прямых затрат урожаем в стоимостном выражении – 3,12 руб.

6.2 Экономическая и биоэнергетическая оценка возделывания чечевицы сорта Донская на эродированном склоне

Экономическая оценка. В современных условиях рынка одним из главных показателей является высокая экономическая эффективность производства чечевицы. Анализ прямых производственных затрат при выращивании чечевицы на склоне, рассчитанных на 1 га севооборотной площади, показал, что данный показатель был меньше на 9,1 % на варианте с чизельной обработкой за счёт экономии горюче-смазочных материалов и составил 15,3 тыс. руб./га. При комбинированной обработке производственные затраты составили 14,61 тыс. руб./га, то есть ниже контроля на 13,2 % (таблица 27).

Таблица 27 – Экономическая эффективность различных способов основной обработки почвы при возделывании чечевицы на склоне при различных уровнях минерального питания, 2019-2020 гг. [69]

Показатель	Способ обработки почвы		
	Чизельная	Комбинированная	Отвальная
Средний уровень питания $P_{30}K_{30}$ кг/га д. в.			
Прямые затраты, тыс. руб./га	15,30	14,61	16,83
Урожайность, т/га	1,47	1,42	1,37
Стоимость продукции, тыс. руб.	44,1	42,6	41,1
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб.	10,41	10,29	12,29
Условный чистый доход, тыс. руб. /га	28,8	28,0	24,3
Рентабельность, %	188,2	191,6	144,2
Окупаемость прямых затрат урожаем, руб./руб.	2,88	2,92	2,44
Повышенный уровень питания $P_{40}K_{40}$ кг/га д. в.			
Прямые затраты, тыс. руб./га	18,00	16,89	22,50
Урожайность, т/га	1,75	1,66	1,60
Стоимость продукции, тыс. руб.	52,6	49,8	48,0
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб.	10,27	10,17	14,07
Условный чистый доход, тыс. руб. /га	34,6	32,9	25,5
Рентабельность, %	192,0	194,9	113,3
Окупаемость прямых затрат урожаем, руб./руб.	2,92	2,95	2,13

При большей урожайности зерна чечевицы при чизельной обработке почвы лучшие показатели отмечены на фоне среднего и повышенного уровня питания при комбинированной обработке. Очевидное преимущество этот способ обработки имеет по таким показателям, как себестоимость 1 тонны продукции (10,29 и 10,17 тыс. руб.), рентабельность производства (191,6-194,9 %), а также окупаемость прямых затрат урожаем (2,92-2,95 руб.).

Применение чизельной основной обработки позволило сократить прямые затраты на среднем уровне питания на 9,1 % тыс. руб./га, а на повышенном фоне – на 20 % в сравнении с контрольным вариантом опыта, где применялась вспашка. В то же время при комбинированной обработке прямые затраты снизились на 13,2 и 24,9 % соответственно. Стоимость произведённой продукции варьировала в зависимости от фона питания от 41,1-48,0 тыс. руб./га при вспашке до 44,1-52,6 тыс. руб./га при чизелевании.

Таким образом, экономическая оценка выращивания чечевицы в условиях эрозионно-опасного склона показала, что наиболее эффективным способом обработки почвы является чизельная обработка, обеспечивающая получение 1,47-1,75 т зерна с 1 га, условный чистый доход в пределах 28,8-34,6 тыс. руб./га, однако по рентабельности производства (194,9 %) и окупаемости прямых затрат урожаем (2,95 руб.) преимущество имеет комбинированная основная обработка почвы.

Биоэнергетическая оценка. Переход к рыночной экономике и стохастическому изменению цен на материалы, оборудование, топливо и услуги диктует необходимость использования дополнительных методов оценки для эффективности технологии возделывания той или иной культуры. Поэтому при объективной оценке использован энергетический способ определения эффективности применения определённой технологии возделывания культуры, что выявляет степень окупаемости энергетических затрат. Биоэнергетическая оценка приёмов технологии возделывания, с точки зрения расхода энергетических ресурсов, позволяет определить структуру потоков энергии в агроценозах и выявить резервы её экономии при производстве продукции.

Затраты совокупной энергии в наших опытах определялись на основе технологических карт с помощью энергетических эквивалентов. При расчете были использованы данные по содержанию энергии в основной и побочной продукции в соответствии с методическими рекомендациями по биоэнергетической оценке производства продукции растениеводства [70].

Интегральным показателем биоэнергетической оценки (БЭО) эффективности является коэффициент Е, отражающий отношение энергии, накопленной в урожае, к совокупным затратам использованной энергии и другие показатели (таблица 28).

Таблица 28 – Биоэнергетическая эффективность различных способов основной обработки почвы при возделывании чечевицы, 2019-2020 гг.

Показатель	Способ обработки почвы	Уровень применения удобрений		
		«0»	«1»	«2»
Урожайность, т/га	Чизельная	1,04	1,26	1,51
	Комбинированная	1,03	1,22	1,43
	Отвальная	1,01	1,19	1,38
Затраты энергии на производство продукции, ГДж/га	Чизельная	9,64	11,90	12,56
	Комбинированная	9,59	11,85	12,50
	Отвальная	9,98	12,24	12,89
Энергия накопленная в урожае, ГДж/га	Чизельная	20,50	24,97	29,72
	Комбинированная	19,35	22,90	26,77
	Отвальная	19,87	23,44	27,18
Энергоемкость продукции, ГДж/га	Чизельная	9,29	9,42	8,34
	Комбинированная	9,29	9,71	8,76
	Отвальная	9,92	10,32	9,37
Прирост энергии в урожае сухого вещества, ГДж/га	Чизельная	10,86	13,06	17,17
	Комбинированная	9,76	11,04	14,26
	Отвальная	9,89	11,20	14,29
Коэффициент энергетической эффективности, Е	Чизельная	2,13	2,10	2,37
	Комбинированная	2,02	1,93	2,14
	Отвальная	1,99	1,91	2,11

При оценке биоэнергетической эффективности различных способов основной обработки почвы при возделывании чечевицы

урожайность была пересчитана на абсолютно сухое вещество и составила 1,04-1,51 ГДж/га с преимуществом на «2-м» уровне питания, против 1,01-1,38 ГДж/га на варианте с отвальной обработкой почвы. Комбинированная обработка занимала промежуточное положение. Величина затрат энергии на производство продукции отразила преимущество комбинированной обработки 9,59-12,50 Гдж/га, на варианте чизельной обработки затраты совокупной энергии были незначительно больше: 9,64-12,56 Гдж/га., самые высокие затраты были на варианте отвальной обработки: 9,98-12,89 Гдж/га.

Как наиболее затратную следует отметить отвальную обработку, где затраты энергии на производство продукции возрастали с увеличением нормы внесения удобрений как на варианте с чизельной обработкой почвы, так и на варианте с комбинированной и отвальной. Это способствовало увеличению прироста энергии в урожае, величина которого составила 10,86-17,17 Гдж/га на варианте с чизельной и 9,76-14,26 Гдж/га и 9,89-14,29 Гдж/га с комбинированной и отвальной обработкой почвы соответственно. Энергоемкость продукции изменялась менее значимо, однако наименьшая величина этого показателя и, следовательно, большая экономичность, обеспечивалась при чизельной обработке 8,34 Гдж/га.

Величина коэффициента энергетической эффективности Е (2,10-2,37) свидетельствует о том, что наиболее эффективным способом основной обработки почвы является безотвальный (чизельная обработка), где значения коэффициента больше на 6,8-12,3 %, чем при отвальной обработке, с максимальным значением при повышенной норме удобрений. При комбинированной обработке почвы коэффициент энергетической эффективности был незначительно выше (в пределах 1 %), чем при отвальной обработке.

Таким образом, анализ биоэнергетической оценки производства чечевицы показал более высокую эффективность чизельной обработки почвы по сравнению с отвальной. Коэффициент биоэнергетической эффективности превысил показатель на контроле на 10,5-12,7 %, что свидетельствует о преимуществе чизельной основной обработки на эрозионно-опасных склонах.

6.3 Сравнительная оценка экономических показателей при возделывании чечевицы на плакорных и склоновых землях

При сравнении экономической эффективности возделывания чечевицы на плакорных и эродированных землях выявлено преимущество плакорных почв по ряду экономических показателей: величине урожайности нута, себестоимости единицы урожая, стоимости полученной продукции, величине условного чистого дохода, рентабельности производства.

Применение изучаемых элементов технологии позволяет получить на плакорных землях урожайность зерна до 2,17 т/га; на склонах – 1,75 т/га или на 19,4 % ниже (таблица 29).

Таблица 29 – Экономическая эффективность оптимального сочетания элементов технологий возделывании чечевицы в различных условиях агроландшафта, 2018-2020 гг.

Показатель	Вид агроландшафта	
	Эрозионно-опасный склон	Плакорный агроландшафт
Фон минерального питания	$P_{40}K_{40}$ кг/га д.в.	$N_{20}P_{40}$ кг/га д.в.
Урожайность, т/га	1,75	2,17
Стоимость продукции, тыс. руб.	52,6	65,1
Прямые затраты, тыс. руб./га	18,0	20,8
Себестоимость1 т продукции, тыс. руб.	10,3	9,6
Условный чистый доход, тыс. руб. /га	34,6	44,3
Рентабельность, %	192,0	212,8
Окупаемость прямых затрат урожаем, руб./руб.	2,92	3,12
Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг/кг д. в.	6,0	9,2
Примечание: Оптимальная норма высева семян – 2,2 млн шт./га.		

В том же соотношении различалась и стоимость полученной с 1 га продукции. Несмотря на превышение величины прямых затрат на плакоре на 2,8 тыс. руб./га относительно такового на склоне, себестоимость 1 т зерна чечевицы на плакорных землях на 5,6 % ниже,

чем на склоне, а условный чистый доход выше на 28,0 %, составив 44, 3 тыс. руб. на 1 га. Наивысшая рентабельность получена при возделывании чечевицы на плакорных землях – 212,8 %, в то время как на эродированном склоне она была на 9,8 % ниже.

Для полной оценки эффективности элементов технологии использованы дополнительные экономические показатели – окупаемость прямых затрат урожаем и окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая. Так, окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая при оптимальном сочетании изучаемых элементов технологии составила: на плакорных и склоновых землях 9,2 кг/кг и 6,02 кг/кг; окупаемость прямых затрат урожаем – 3,12 и 2,92 руб. на каждый рубль затрат соответственно (рисунок 19).

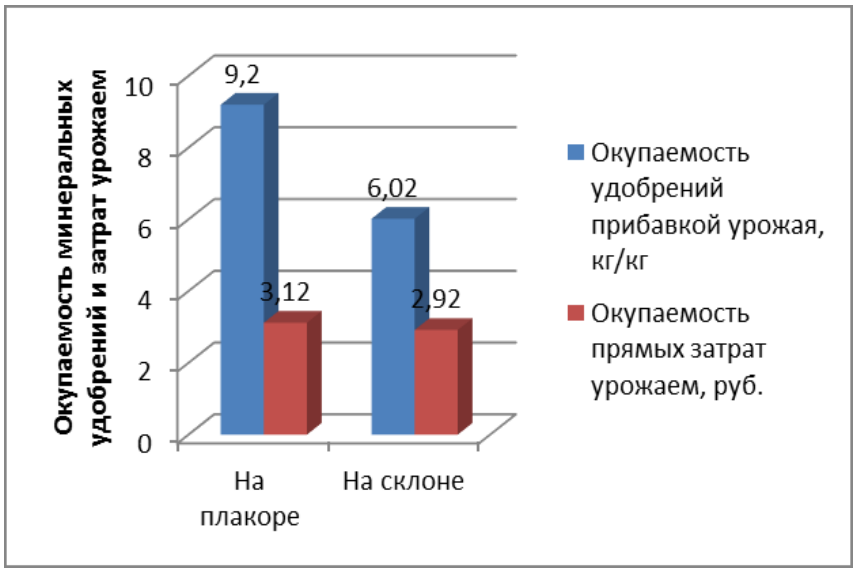

Рисунок 19 – Сравнение экономических показателей при возделывании чечевицы на плакорных и склоновых землях

Таким образом, сравнительная оценка по основным экономическим показателям элементов технологии возделывания чечевицы выявила преимущество её возделывания на плакорных землях по показателям, превышающим их значения на эрозионно-опасном склоне: урожайности на 19,4 %, условному чистому доходу на 28 %, рентабельности на 9,8 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Большая часть периода активной вегетации чечевицы характеризовалась высокими среднесуточными температурами воздуха, превышающими среднемноголетние значения, при дефиците атмосферных осадков. В начальный период вегетации (до цветения), при наибольшей потребности растений чечевицы в воде, осреднённые запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы были достаточно хорошими (161-175 мм), что характеризует относительно благоприятные условия для формирования урожайности чечевицы. В целом условия вегетации чечевицы складывались при дефиците влагообеспеченности.

2. На основании результатов исследований на плакорных землях по направлению 1 установлено, что наиболее высокая урожайность чечевицы в среднем за годы исследований (1,9 т/га) достигнута на фоне отвальной вспашки и полной нормы удобрений N_{30} P_{80} K_{80} кг/га д.в. при норме высева семян 2,2 млн шт./га. Здесь же отмечено и наиболее эффективное использование почвенной влаги, с наименьшим коэффициентом водопотребления чечевицы – 112 мм/т. По направлению 2 наибольшая урожайность (2,17 т/га) была получена при той же норме высева на фоне $N_{20}P_{40}$ кг/га д. в., где густота стояния и площадь питания растений были наиболее оптимальны для роста и развития чечевицы.

3. Возделывание чечевицы при норме высева 2,2 млн шт./га позволяет растениям накапливать максимальное количество питательных веществ за счёт наиболее оптимальной для развития площади питания. Загущение посевов негативно сказывается на накоплении макроэлементов растениями, что связано с увеличением внутривидовой конкуренции за элементы питания и их дефицитом. Применение минеральных удобрений приводит к существенному увеличению содержания питательных веществ в растениях, при этом повышенные нормы азотных удобрений способствуют увеличению содержания в растениях азота и калия при сокращении содержания фосфора. Применение фосфорных удобрений резко увеличивает содержание азота и фосфора, а

внесение азотных и фосфорных удобрений способствует значительному увеличению содержания всех элементов питания в сухом веществе растений. При увеличении нормы высева содержание белка в зерне чечевицы снижается по всем вариантам опыта. Максимальное повышение содержания белка в зерне чечевицы на 1,9-2,3 % при всех изучаемых нормах высева отмечено при внесении 60 кг/га д. в. азота.

4. Увеличение нормы высева семян чечевицы приводит к достоверному снижению числа бобов на растении по всем изучаемым вариантам опыта. Наиболее оптимальные показатели элементов продуктивности чечевицы (количество бобов на растении 16,8 шт. и масса 1000 зёрен 49,2 г) получены при норме высева 2,2 млн./га и внесении $N_{60}P_{20}$ кг/га д.в. На этом же варианте отмечена максимальная выживаемость растений (89,1 %).

5. В условиях эрозионно-опасного склона превалирует устойчивость пашни к деградационным процессам, что определяется выбором почвозащитной обработки почвы, обеспечивающей наивысшую водопрочность и водопроницаемость, снижение величины поверхностного стока и смыва почвы. Чизельная обработка почвы способна противостоять смыву и размыву почвы, обеспечивая наилучшие водно-физические свойства почвы: плотность почвы в оптимальных пределах 1,12 г/см^3; наибольшую водопроницаемость 1,32 мм/мин. и запас продуктивной влаги в метровом слое почвы 130 мм; наибольшее количество агрономически ценных агрегатов 83,9 % и водопрочных агрегатов 84,4 %; наивысший коэффициент структурности 5,2 и коэффициент водопрочности 5,8.

6. При возделывании чечевицы на склоне выявлено, что наиболее продуктивно почвенная влага использовалась при безотвальной (чизельной) обработке почвы на повышенном фоне минерального питания P_{40} K_{40}кг/га д.в., где коэффициент водопотребления был наименьшим, и составлял 122,5 мм/т против 128,9 мм/т при отвальном способе обработке почвы.

7. Чизельная основная обработка под чечевицу на склоне обеспечила более высокую урожайность зерна, независимо от фона минерального питания (1,27-1,75 т/га), а соответствующая прибавка по ва-

риантам опыта варьировала в пределах 0,20-0,48 т/га, или 7,7-9,4 %, по сравнению с отвальной вспашкой, взятой за контроль. При этом установлено, что способы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на урожайность чечевицы сорта Донская.

8. Выявлено положительное влияние применяемых различных норм минеральных удобрений на урожайность чечевицы: зональный фон удобрений способствует повышению урожайности на 15,7-18,3 %, повышенный фон – на 36,8-38,3 %. При внесении повышенной нормы удобрений на фоне чизельной обработки почвы получена наивысшая окупаемость урожая удобрениями (6,0 кг/кг). Увеличение нормы минеральных удобрений до $P_{40}K_{40}$ кг/га д.в. способствовало повышению содержания белка на варианте чизельной обработки почвы до 28,2%.

9. Отмечено повышение засорённости посевов чечевицы при чизельной обработке на 128,6-133,3 %, при комбинированной обработке – на 114,3-166,7 % по отношению к отвальной вспашке.

10. В среднем за годы исследований получены результаты экономической эффективности производства чечевицы в условиях различных агроландшафтов.

При возделывании чечевицы сорта Донская на плакорных землях из изучаемых способов основной обработки наиболее эффективным является вариант комбинированной обработки почвы с нормой 2,2 млн шт./га на фоне $N_{30}P_{80}K_{80}$ кг/га д.в.,, обеспечивший по совокупности экономических показателей: наивысший условный чистый доход (34,18 тыс. руб./га), рентабельность (158%), окупаемость дополнительных затрат (2,58 руб.), а также наименьшая себестоимость продукции (11,62 тыс. руб./т),.

При отвальной основной обработке почвы и той же норме высева наиболее эффективной является норма минеральных удобрений $N_{20}P_{40}$ кг/га д.в., что позволяет получить прибавку зерна 5,5 ц/га, увеличив урожайность до 21,7 ц/га; при этом рентабельность производимой продукции максимальна и составляет 212,83 %, окупаемость прямых затрат урожаем в стоимостном выражении – 3,12 руб.

Экономическая оценка выращивания чечевицы в условиях эрозионно-опасного склона показала, что наиболее эффективным способом

обработки почвы является чизельная, обеспечившая получение 1,47-1,75 т/га зерна, условный чистый доход в пределах 28,8-34,6 тыс. руб./га, однако по рентабельности производства (194,9 %) и окупаемости прямых затрат урожаем (2,95 руб.) преимущество имеет комбинированная обработка почвы.

11. Анализ биоэнергетической оценки производства чечевицы показал более высокую эффективность чизельной обработки почвы по сравнению с отвальной. Коэффициент биоэнергетической эффективности превысил показатель на контроле на 10,5-12,7 %, что свидетельствует о преимуществе чизельной основной обработки на эрозионно-опасных склонах.

12. Сравнительная оценка по основным экономическим показателям элементов технологии возделывания чечевицы выявила преимущество её возделывания на плакорных землях по показателям, превышающим их значения на эрозионно-опасном склоне: урожайности на 19,4 %, условному чистому доходу на 28 %, рентабельности на 9,8 %.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

По результатам исследований разработана усовершенствованная эколого-адаптивная технология возделывания перспективного сорта чечевицы Донская в Ростовской области, где рекомендуется на плакорных землях высевать чечевицу с нормой высева семян 2,2 млн шт./га при отвальной основной обработке почвы с внесением $N_{20}P_{40}$, при использовании комбинированной основной обработки почвы на фоне $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га д.в.

Возделывание чечевицы на плакорных землях на фоне $N_{20}P_{40}$ кг/га д.в. при отвальной основной обработке почвы обеспечивает получение урожайности зерна чечевицы 2,17 т/га, 44,3 тыс. руб. /га чистого дохода и 212,8 % рентабельности при максимальной окупаемости прямых производственных затрат урожаем 3,12 руб./руб. и окупаемости внесённых удобрений прибавкой урожая 9,2 кг/кг д. в.

На эрозионно-опасных землях – при той же норме высева рекомендуется чизельная основная обработка почвы на фоне P_{40} K_{40} кг/га д.в., позволяющая получить урожайность зерна чечевицы 1,75 т/га с достижением 34,6 тыс. руб. /га чистого дохода и 192 % рентабельности при наибольшей окупаемости прямых производственных затрат урожаем 2,92 руб./руб., внесённых удобрений прибавкой урожая 6,0 кг/кг д. в. и обеспечивающая снижение смыва почвы до 24 %.

В системе защитных мероприятий против вредителей, болезней и сорной растительности при возделывании чечевицы важнейшая роль отводится агротехническим методам. Применение пестицидов против вредных объектов должно проводиться с учётом их биологии, а также с учётом фазы развития чечевицы при строжайшем соблюдении регламента применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Выращивание чечевицы. Агропромышленный портал. 28.10.2016. Режим доступа. https://www.agroxxi.ru/zernobobovye/zernobobovye-tehnologija-vozdelyvanija/vyraschivanie-chehevicy.html. (дата обращения 25.09.2020).
2. Современная технология выращивания чечевицы / под ред. А. Орлова. Last updated: 2019, Февраль. // Режим доступа: farming.org.ua.
3. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М.: Россельхозиздат, 1983. 256 с.
4. Генералов Г.Ф. Ботанические и биологические особенности зернобобовых культур // Зернобобовые культуры. М., 1977. С. 9-36.
5. Кондыков И. В. Культура чечевицы в мире и Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 2. С. 13-20.
6. Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Наумкин В.В. Чечевица – ценная зернобобовая культура //Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. № 2 (14). С. 42-45.
7. Коренев Г.В., Подгорный П.И., Щербак С.Н. Растениеводство с основами селекции и семеноводства.М., Агропромиздат, 1990.
8. Васякин Н.И. Зернобобовые культуры в Западной Сибири. Новосибирск, 2002. 182 с.
9. Рынок чечевицы в России: исследование и прогноз до 2023 г., ROIF EXPERT, 2019. 97 с. (Электронный ресурс) URL: https://marketing/rbc.ru /reseach/40388/ (дата обращения 25.09.2020).
10. Сулейменов М.К., Каскарбаев Ж.К., Шашков В.П. и др. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых, зернобобовых, масличных и крупяных культур на Севере Казахстана: Рекомендации. Шортанды, 2009. 152 с.
11. Зернобобовые культуры в интенсивном земледелии / В.П. Орлов, А.П. Исаев, С.И. Лосев и др. М.: Агропромиздат,1986. 206 с.
12. Кононенко С.И., Ханиева И.М., Чапаев Т.М., Канукова К.Р. Особенности технологии возделывания чечевицы в условиях предгорной зоны КБР // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2013. Вып. 94. С. 622-631.

13. Калашникова С.В., Каширина Н.А., Курчаева Е.Е. Возделывание чечевицы в Воронежской области, Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2014. № 2. С. 29–34.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Госагропром СССР, 1989. 162 с.
15. Доспехов Б.А., Васильев, И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию: (Учеб. пособие). М.: Колос, 1987. 384 с.
16. Рекомендации по возделыванию чечевицы в условиях Северного Казахстана. Режим доступа. // https://1agro.kz/wp-content/uploads/lentil_recommendations.pdf. (дата обращения 27.09.2020).
17. Полуэктов Е.В., Техина М.В., Техин И.И. Эколого–экономическая оценка систем земледелия с комплексом противоэрозионных мероприятий: Методические указания для дипломного проектирования. Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2002. 48 с.
18. Вернер А.В. Влияние погодно-климатических условий на возделывание чечевицы при различных технологиях посева и способах обработки // Молодой учёный, 2019. № 40. С. 185-188.
19. Абросимов А.С., Денисов Е.П., Солодовников А.П. Энергосберегающие технологии обработки почвы под чечевицу в Правобережье // Земледелие. 2013. № 7. С. 38–40.
20. Выращивание чечевицы // https://the-farmer.ru/vyraschivanie-chechevitsy. (дата обращения 26.09.2020).
21. Самаров В.М. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность чечевицы в степной зоне Кузбасса // Вестник КрасГАУ, 2015. № 6. С. 193-195.
22. Вошедский Н.Н., Кулыгин В.А. Влияние приемов возделывания на урожайность чечевицы в богарных условиях в Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 11. С. 43-47.
23. Есаулко А.Н., Галда Д.Е. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема и продуктивность чечевицы в условиях Ставропольского края // Плодородие. 2016. № 6. С. 21-23.
24. Чижова М.С., Денисенко А.И., Рыбина В.Н. и др. Урожайность чечевицы при внесении удобрений // Вестник Донского государственного аграрного университета, 2016. № 2-1 (20). С. 64–69.
25. Галда Д.Е., Есаулко А.Н.Урожайность и качество зерна сортов чечевицы в зависимости от определения норм минеральных удобрений на черноземе выщелоченном // Вестник АПК Ставрополья, 2017 4 (28). С. 92-97.

26. Есаулко А.Н., Галда Д.Е. Оптимизация минерального питания сортов чечевицы в условиях Ставропольской возвышенности // Агрохимический вестник, 2018. № 4. С. 32–36.
27. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Интегрированная защита растений: фитосанитарные системы и технологии / под ред. М.С. Соколова и В.А. Чулкиной. – М.: Колос, 2009. – 207 с.
28. Баздырев Г.И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений. – М.: Колос, 2004. – 215 с.
29. Леонтьев В.М. Чечевица. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1960. С. 63-71.
30. Справочник по защите растений. Режим доступа. // https://www.agroxxi.ru/goshandbook/wiki/active_substance/diquat.html. (дата обращения 27.09.2020).
31. Сорокин С.И. Чечевица – ценная продовольственная и кормовая культура // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 3. С. 59-61.
32. Крылов В.Б. Чечевица – источник растительного белка // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 1999. № 1. 21 с.
33. Shahwar, D. Health functional compounds of lentil (lens culinaris medik): a review / D. Shahwar, T.M. Bhat, M.Y.K. Ansari, S. Chaudhary, R. Aslam // Inertnational Journal of Food Properties. 2017. Vol. 20. Pp. 1-15.
34. Pilbeam C.J., Jones M.J. Proportion of total nitrogen and fixed nitrogen in shoots of lentil and chicrpea groown in a mediterranean-type environment //Experimental Agriculture. 1997. Vol. 33. no. 2. Pp. 139-148.
35. Biederbeck V.O. Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as griin manure / V.O. Biederbeck, C.A. Campbell, V. Rasiah, R.P. Zentner, G. Wen // Soil Biology and Biochemistry. 1998. Vol. 30. no. 8-9. P. 1177-1185.
36. Thomson B.D., Siddique K.H.M. Grain legume species in low rainfall mediterranean-type environments II. canory development, radiation interception, and dry-matter prodaction // Field Crops Research. 1997. Vol. 54. Pp. 189-199.
37. Канукова К.Р., Бозиев А.Л., Бозиев Х.К. Влияние почвенно-климатических условий предгорной зоны Кабардино-Балкарии на показатели симбиотической деятельности посевов, урожайность, структуру урожая и качество семян чечевицы // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 11. 15 с.
38. Чечевица: площади, сборы и урожайность в 2001-2019 гг. Режим доступа:https://ab-centre.ru/ marketing/rbc.ru info@ab-centre.ru news/ chechevica...urozhaynost-v...2019-gg

39. Turk M.A., Tawaha A.M., El-Shatnawi M.K.J. Response of lentil (lens culinaris medik) to plant density, sowing date, phosphorus fertilization and ethephon application in the absence of moisture stress // Journal of Agronomy and Crop Sciens. 2003. Vol. 189. Pp. 1-6.
40. Hosseinzadeh S.R., Ahmadpour R. Evaluation of vermicompost fertlizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (lens culinaris medik.) under moisture deficiency conditions // Journal of Plant Nutrition. 2018. Vol. 41. no. 10. Pp. 1276-1284.
41. Особенности технологии возделывания чечевицы в условиях Северного Казахстана/ К.М. Мусынов, А.А. Кипшакбаева, Б.К. Аринов и др. // Вестник Алтайского госуд. аграрного университета. 2017. № 9. С. 14-18.
42. Pala M. Tillage systems and stubble management in a mediterranean-type environment in relation to crop yield and soil moisture / Pala M., Harris H.C., J. R., R. M., S. D. // Experimental Agriculture. 2000. Vol. 36. P. 223-242.
43. Самаров В.М., Ганзеловский Е.В. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность чечевицы в степной зоне Кузбасса // Вестник КрасГАУ, 2015. Вып. 6. С. 193-195.
44. Ханиева И.М. Особенности технологии выращивания чечевицы в условиях предгорной зоны КБР // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. С. 78-80.
45. Рекомендации по возделыванию чечевицы в условиях Северного Казахстана. Астана, 2018. 48 с.
46. Чечевица: затраты вдвое меньше, чем на пшеницу, а прибыль сопоставима. Режим доступа: https://agrobook.ru/chechevica-zatraty-vdvoe-menshe-chem-na-pshenicu-pribyl-sopostavima.
47. Лосев С.И. Некоторые особенности обработки почвы под чечевицу: Науч. тр. ВНИИЗБК. Орёл: Приокское кн. изд-во, 1965. Т.I. 117 с.
48. Тугуз Р.К., Мамсиров Н.И. Продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от способов обработки слитного чернозёма // Земледелие. 2011. № 7. С. 7-9.
49. Игнатушкин Е.П. Агробиологические особенности возделывания чечевицы в степной зоне Южного Урала: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. 06.01.09. Оренбург, 2002. 25 с.
50. Performance of Lentil under Rice-Lentil under different tillage in Drought-Prone Rainfed Ecosystem of Bihar / Singh S., Singh Anil, Kumar Santosh, Mishra J. S., Haris A.A, Sangle Ur, Bhatt Bhagwati, Singh Shishir, Yadav Ashok, Singh Us, Singh Sudhanshu // Journal of AgriSearch. December 2015. Vol. 2. Pp. 2348-8808.

51. Варгахов М.Д., Алыев А.И., Коломейко В.В. Особенности возделывания чечевицы в условиях среднерусской лесостепи // Аграрная наука. 1998. № 5. С. 19-20.
52. Сорокин С.И., Майорова М.М. Обоснование технологических приёмов возделывания чечевицы // Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Российской Федерации: сб. статей. Пенза, 1998. Вып.2. Ч.11. С. 112-114.
53. Тарасенко А.И. Совершенствование технологии возделывания чечевицы на зерно в степной зоне Среднего Поволжья: автореф. дис… канд. с.-х. наук. 06.01.01. Оренбург, 2012. 25 с.
54. Помогаева А.И., Рыбакова Г.П. Нормы высева тарелочной чечевицы // Учёные записки Пензенского СХИ. Саратов, 1971. Вып. 14. С.112-118.
55. Дауров А.С., Адиньяев Э.Д. Влияние сроков и способов посева на продуктивность чечевицы в лесостепной зоне РСО-Алания: Мат-лы III Междунар. конф. молодых учёных, аспирантов и студентов «Актуальные новые направления сельскохозяйственной науки». Владикавказ, 2007. С. 68-70.
56. Емельянова В.А. Чечевица // Зернобобовые культуры в интенсивном земледелии. М.: Агропромиздат, 1986. С. 152-160.
57. Сорокин С.И., Майорова М.М. Обоснование технологических приёмов возделывания чечевицы // Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Российской Федерации: сб. статей. Пенза, 1998. Вып.2. Ч.11. С. 112-114.
58. Agronomic Practices for Red Lentil in Alberta / Bowness Robyne, Olson Mark, Pauly Donald, McKenzie Ross, Hoy Christy, Gill Kabal, Bremer Eric // Agronomic Practic. No.6. PP. 834-840. DOI: 10.1139/CJPS-2018-0317. Режим доступа: https://www.researchgate.net/profile/Robyne_Bowness
59. Baird Julia, Walley Fran, Shirtliffe Steven. Optimal seeding rate for organic production of lentil in the northern Great Plains // Canadian Journal of Plantcience. 2009. Vol. 89(3). PP. 455-464. DOI: 10.4141/CJPS08226.
60. Wall D. Response of flax and lentil to seeding rates, depths and spring application of dinitroanaline herbicides // Canadian Journal of Plant Science. 1994 Vol. 74. PP. 875-882. DOI: 10.4141/cjps94-159.
61. Сорокин С.И. Майорова М.М. Влияние условий вегетации на урожай и качество чечевицы // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: Мат-лы Всероссийской научно-производственной конференции. Пенза, 1998. Т.4. С.146-148.

62. Кормакова И.Ю. Чечевица // Зернобобовые и крупяные культуры. 1998. № 4. С. 11-12.
63. Сорта полевых культур / В.Е. Зинченко, А.И. Грабовец, М.А. Фоменко и др. Ростов на-Дону, 2018. 162 с.
64. Костяков А. Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1957. 750 с.
65. Практикум по агрохимии. Агрохимические методы исследований почв. 5-е изд. М:. Наука, 1975. 656 с.
66. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А.В. Шпилько, И.В. Драгайцев, П.Ф. Тулапин и др. М.: ГП УСЗ Минсельхозпрома России, 1998. 219 с.
67. Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 250 с.
68. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 151 с.
69. Полуэктов Е.В., Техина М.В., Техин И.И. Эколого–экономическая оценка систем земледелия с комплексом противоэрозионных мероприятий / Методические указания для дипломного проектирования. Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2002. 48 с.
70. Основы биоэнергетической оценки производства продукции растениеводства: уч. пособие / А.В. Удалов, А.П. Авдиенко, А.М. Струк, В.В. Удалов и др. п. Персиановский: ФГОУ ВПО «Донской ГАУ», 2008. 103 с.

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

**Н.Н. Вошедский, И.Н. Ильинская, В.А. Кулыгин,
С.В. Пасько, А.В. Федюшкин, Э.А. Гаевая**

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ НА ЧЕРНОЗЁМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ В АГРОЛАНДШАФТАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Подписано к печати 12.11.2021 г.
Объём5,0 уч.-изд.л. 7,5 усл.п.л. Печать цифровая. Бумага офсетная
Гарнитура «Таймс». Формат 60х84/16. Заказ № 1058.
Тираж 500 экз.

ФГБНУ ФРАНЦ, 346735, Ростовская область, Аксайский район,
пос. Рассвет, ул. Институтская, 1

Издательство: ООО «АзовПринт»
346780, г. Азов, ул. Привокзальная, 6 а, Тел.: (86342) 5-37-57

Отпечатано: ООО «АзовПринт»