

На правах рукописи

Абросимов Александр Сергеевич

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРИЕМЫ
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЧЕЧЕВИЦЫ
НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ В ПОВОЛЖЬЕ**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов 2013

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

Научный руководитель – **Солодовников Анатолий Петрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Шадских Владимир Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации», зам. директора по научной работе

Жолинский Николай Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии, заведующий лабораторией «Защита почв от эрозии»

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы (ФГБНУ РосНИИСХ «Россорго»).

Защита состоится 25 декабря 2013 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.05 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». E-mail: dissovet01@sgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».

Автореферат разослан ____ ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пронько Нина Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Получение гарантированной урожайности сельскохозяйственных культур при сохранении и повышении плодородия почвы с соблюдением экологической сбалансированности в агроландшафтах и снижении энергозатрат в производстве является основой научных изысканий.

Чечевица – важнейшая зернобобовая культура в Саратовском Правобережье, посевные площади которой занимают 25–29 тыс. га. Она формирует высокие и устойчивые урожаи семян на полях с хорошо выровненной поверхностью и чистых от сорной растительности, что обеспечивается минимальной и нулевой обработками с обязательным применением гербицидов. При возделывании этой культуры в общем объеме прямых затрат наибольшая часть приходится на основную обработку почвы, которая является эффективным фактором воздействия на биологические, химические, водно-физические свойства почвы.

Основная обработка почвы должна обеспечивать накопление и сохранение влаги из осенних и зимних осадков, снижать ее потери на физическое испарение, создавать оптимальные физические и агрохимические условия для продуктивного роста и развития чечевицы, не допускать увеличения количества сорных растений, появления болезней и вредителей выше экономического порога при общем снижении энергозатрат на ее проведение.

Из всех известных приемов основной обработки почвы наиболее изученной является вспашка, которая обладает целым комплексом недостатков: требуются высокие энергозатраты на ее проведение, она снижает содержание гумуса в почве и ухудшает его качество, создает не выровненный мезорельеф, разрушает структуру почвы, из пахотного горизонта вымывается кальций, усиливаются процессы эрозии, образуется плужная подошва.

В современных условиях заслуживает внимание изучение технологий сберегающего земледелия на основе минимализации обработки почв, основным недостатком которых является увеличение засоренности, в комплексе с применением гербицидов.

Степень разработанности. Исследованиями влияния минимальной и нулевой обработок почвы на водно-физические, агрохимические свойства и засоренность посевов занимались многие ученые из разных регионов страны: в Тюменской области (Симахина Т.В., 2007); Самарской области (Корчагин В.А., Горянин О.И., 2009); Республике Марий Эл (Макаров В.И., Глушков В.В., 2010); Нечерноземной зоне (Митрофанов Ю.И., 2010); Приобьи Алтая

(Цветков М.Л., 2010); Саратовской области (Четвериков Ф.П., Денисов Е.П., Биктеев Р.К., 2011); на Северном Кавказе (Шурупов В.Г., Полоус В.С., 2011); в Тамбовской области (Воронцов В.А., Вислобокова Л.Н., Скорочкин Ю.П., 2012); лесостепи Приобья (Кортких Н.А., Власенко Н.Г., Кастючик С.П., 2013); лесостепи Западной Сибири (Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Егорова Н.И., Штро Е.В., 2013); Центральной лесостепи Зауралья (Курлов А.П., Гилев С.Д., Замятин А.А., Цымбаленко И.Н., 2013).

Во всех вышеперечисленных работах изучалось влияние энергосберегающих обработок на плодородие почвы и урожайность зерновых культур. Энергосберегающие приемы основной обработки и их влияние на продуктивность чечевицы для засушливых условий Поволжья не изучены. В технологии возделывания чечевицы не изучен также вопрос о влиянии гербицидов сплошного действия на засоренность посевов чечевицы и ее продуктивность при освоении энергосберегающих приемов основной обработки.

Цель и задачи исследований. Цель исследований состоит в энергосбережении, увеличении продуктивности посевов чечевицы и повышении плодородия чернозема южного на основе различных приемов основной обработки почвы.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

определить динамику плотности почвы при вспашке, комбинированной, минимальной и нулевой обработках почвы;

изучить влияние энергосберегающих обработок на структурное состояние чернозема южного;

изучить процессы изменения влажности почвы при использовании различных приемов основной обработки почвы с учетом складывающихся погодных условий;

выявить зависимость урожайности чечевицы от водного режима при различных приемах основной обработки;

исследовать эффективность использования влаги из почвы при энергосберегающих приемах обработки почвы;

изучить влияние минимальной и нулевой технологий на агрохимические свойства почвы (содержание нитратного азота, подвижного фосфора, калия, обменного кальция, магния, натрия);

установить влияние энергосберегающих приемов основной обработки почвы на засоренность посевов чечевицы;

изучить влияние применения гербицида в посевах чечевицы на сорную растительность;

рассчитать экономическую и энергетическую эффективность возделывания чечевицы при использовании классической, комбинированной, минимальной, нулевой технологий и применении гербицида сплошного действия.

Научная новизна. Установлено влияние приемов основной обработки почвы на водный режим и физические, химические свойства почвы при возделывании чечевицы. Определены динамика плотности почвы в течение вегетации чечевицы и ее влияние на накопление и использование влаги культурой. Установлена зависимость плотности почвы от глубины основной обработки и влажности пахотного слоя.

Определены размеры потерь почвенной влаги в засушливые годы на вспаханных участках из-за конвекционно-диффузного испарения. При ливневых осадках вспаханная почва более интенсивно поглощает влагу по сравнению с минимальной и нулевой обработками. Установлена высокая степень связи урожайности чечевицы с влажностью почвы в метровом слое в фазы ветвления и цветения.

Определен критический порог вредоносности сорных растений в посевах чечевицы и изучено влияние минимализации обработки почвы в сочетании с применением гербицида сплошного действия после посева чечевицы на засоренность малолетними и многолетними сорняками.

Установлены особенности влияния различных приемов основной обработки в сочетании с гербицидом на формирование урожайности чечевицы.

Установлены размеры сбережения энергетических ресурсов и экономическая эффективность при применении минимальной и нулевой обработок по сравнению со вспашкой при выращивании чечевицы.

Теоретическая значимость. Установлены зависимости влажности почвы от плотности сложения пахотного слоя, плотности слоя почвы 0–0,3 м в вегетационный период чечевицы от глубины обработки и влажности почвы, урожайности чечевицы с влажностью почвы и количеством малолетних и многолетних сорных растений. Определены размеры энергосбережения и снижения прямых затрат в технологии выращивания чечевицы на основе применения минимальной и нулевой обработок.

Практическая значимость. Применение минимальной и нулевой технологий обработки почвы с использованием гербицида сплошного действия после посева (раундап – 2 л/га) дает возможность снизить засоренность посевов чечевицы на 36–46 %, уменьшить прямые затраты на 0,7–1,66 тыс. руб./га, или на 11–26 %, повысить рентабельность на 33–106 % по сравнению со вспашкой и получить урожайность чечевицы на уровне 1,07–1,12 т/га в условиях Саратовского Правобережья.

Методология и методы исследований. Методология проводимых исследований основана на анализе научных статей, информационных изданий и научных книг. В работе использованы теоретические методы – системный анализ, математическая статистика; экспериментальные – полевые опыты.

Положения, выносимые на защиту:

характер динамики водно-физических свойств при различных способах обработки почвы;

особенности водного режима и эффективность использования почвенной влаги при использовании различных приемов основной обработки почвы с учетом складывающихся погодных условий;

зависимость урожайности чечевицы от водного режима при различных приемах основной обработки по фенологическим фазам развития;

особенности влияния приемов основной обработки почвы и гербицида на засоренность посевов чечевицы;

экономическая и энергетическая эффективность возделывания чечевицы при классической, комбинированной, минимальной и нулевой технологиям с использованием химических средств защиты.

Достоверность полученных результатов подтверждена трехлетним периодом исследований, гостированными и общепринятыми методами, необходимым объемом проведенных анализов, измерений, наблюдений и повторностей, а также обработкой полевых данных математическими методами дисперсионного и корреляционного анализов.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были доложены на международных научно-практических конференциях: «Вавиловские чтения – 2012» (Саратов, 2012); «Международная конференция по итогам научно-исследовательской и производственной работы студентов за 2011 год, посвященная 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова» (Саратов, 2012); «Резервы устойчивого развития сельскохозяйственного производства Поволжья» (Саратов, 2012); «Вавиловские чтения – 2013» (Саратов, 2013); «Состояние и перспективы инновационного развития АПК» (Саратов, 2013); на Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в АПК: теория и практика» (Пенза, 2013); на конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов (Саратов, 2013).

Внедрение. Энергосберегающие приемы основной обработки почвы были внедрены в 2013 г. в ООО «Гис-Агро Балаково» Балаковского района при возделывании чечевицы на площади 130 га с получением чистого дохода 450 руб./га и СПК им. Чапаева Петровского района Саратовской области на

площади 80 га при повышении урожайности чечевицы на 0,15 т/га и снижении производственных затрат на 12 %.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 работ, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и предложений производству. Работа изложена на 147 страницах компьютерного текста, содержит 31 таблицу и 18 рисунков. Список литературы включает в себя 286 источников, в т. ч. 14 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** «Аналитический обзор литературы» показаны результаты исследований влияния различных приемов основной обработки на физические, химические и биологические свойства почвы. Дан анализ влияния применения почвенных и послевсходовых гербицидов на засоренность и продуктивность чечевицы.

Обобщенный анализ научных данных свидетельствует о недостаточной изученности вопроса влияния минимальной и нулевой обработок с применением гербицидов после посева на продуктивность чечевицы, что и определило направление наших исследований.

Во **второй главе** «Почвенно-климатические условия и методика проведения опыта» описаны почвенно-климатические условия места проведения исследований, методика и схема опыта.

Научные исследования выполняли в 2011–2013 гг. на опытном поле Саратовского ГАУ имени Н.И. Вавилова, расположенного в Саратовском районе Саратовской области. Почвы были представлены слабосмытыми южными чернозёмами среднemosными слабогумусированными среднесуглинистыми по гранулометрическому составу. Мощность гумусового горизонта A – 49 см, содержание гумуса 3,26–3,90 %, рН водной вытяжки – 7,1–7,2.

Плотность сложения почвы в пахотном горизонте изменяется от 1,20 г/см³ в слое 0–10 см до 1,37 г/см³ в слое 20–30 см, в подпахотном – 1,36–1,47 г/см³. Наименьшая влагоёмкость в слое 0–30 см равна 26,3–28,1 % от массы сухой почвы, в полуметровом горизонте – 26,1 %, а в более глубоких слоях становится примерно постоянной и колеблется в пределах 20,0–21,8 %.

По средним многолетним данным, за период с мая по сентябрь выпадает 207 мм осадков, за год – 391 мм. Гидротермический коэффициент составляет 0,77. В 2011 г. за период вегетации чечевицы (май – июль) выпало 79,6 мм осадков, в 2012 г. – 80,2 мм, что на 52,4 и 51,8 мм ниже среднемноголетней нормы, в 2013 г. – 222,2 мм.

Полевой опыт сопровождался наблюдениям и исследованиями в соответствии с общепринятыми методиками (Доспехов Б.А., 1985; Васильев И.В., 2004; Качинский Н.А., 1970; Кирюшин Б.Д., 2009; «Методы оценки и прогноза агроклиматических и почвенных показателей в агроландшафтах», 2010; «Опытное дело в полеводстве», 1982; Ревут И.Б., 1972; Роде А.А., 1970; Рокидский Л.Ф., 1973).

Плотность сложения почвы определяли в полевых условиях в образцах с ненарушенным сложением методом режущих колец буром Н.А. Качинского по слоям почвы 0–10 см; 10–20; 20–30; 30–40 см.

Для количественной характеристики структуры почвы использовали метод сухого рассева. Отобранные образцы с ненарушенной структурой просушивали до воздушно-сухого состояния и просеивали пробу 0,5–2,5 кг через колонку сит с диаметром отверстий 10 мм; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом. Образцы отбирали послойно через каждые 10 см из трех скважин, расположенных по вершинам треугольника на расстоянии 1 м друг от друга, посередине делянки.

Содержание питательных веществ в почве определяли следующими методами: нитраты – ионометрическим, ГОСТ 26951–86; подвижные соединения фосфора и калия – по методу Мачигина, ГОСТ 26205–91; обменный кальций и магний – по методу ЦИНАО, ГОСТ 26487–85; обменный натрий – по ГОСТ 26950–86. Содержание гумуса – по методу Тюринга, ГОСТ 26213–91.

Количество сорных растений определяли непосредственным подсчетом на пробных площадках, выделяемых с помощью рамки 0,25 м² в 10-кратной повторности.

Метод учета урожая – сплошной поделяночный.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили методами корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов с использованием компьютера по Б.А. Доспехову (1985).

С целью изучения влияния минимализации обработки почвы и применения гербицида на воспроизводство плодородия чернозема южного и продуктивность чечевицы был заложен двухфакторный опыт: фактор *A* – обработка почвы, фактор *B* – применение гербицида.

Схема опыта включала в себя следующие варианты: 1. Вспашка плугом ПЛН-5-35 на глубину 23–25 см (контроль); 2. Вспашка плугом ПЛН-5-35 на глубину 23–25 см с использованием гербицида; 3. Обработка комбинированным агрегатом АПК-3 на 14–16 см; 4. Обработка комбинированным агрегатом АПК-3 на 14–16 см с применением гербицида; 5. Минимальная обработ-

ка почвы (Catros-3001) на 10–12 см; 6. Минимальная обработка почвы (Catros-3001) на 10–12 см с использованием гербицида; 7. Нулевая обработка почвы; 8. Нулевая обработка почвы с применением гербицида.

Прямой посев выполняли сеялкой Берегиня АП-421. Посевная площадь делянок – 125 м², учетная – 100 м². Повторность четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Предшественник – ячмень. Сорт чечевицы – Веховская (ПСЕ-4).

Чечевицу возделывали в звене полевого севооборота (1 – чечевица, 2 – яровая пшеница, 3 – овес, 4 – ячмень) после ячменя. При уборке предшественника солому измельчали и разбрасывали по полю. По мере появления сорняков осенью поле опрыскивали гербицидом раундап нормой 4 л/га. Основную обработку выполняли через две недели после применения гербицида, при массовой гибели сорняков, согласно схеме опыта. Чечевицу сеяли нормой 2,5 млн шт./га. Посев проводили в 2011 г. – 1 мая, в 2012 г. – 26 апреля, в 2013 г. – 30 апреля. Через 3–5 дней посевы чечевицы на втором, четвертом, шестом и восьмом вариантах с помощью ранцевого опрыскивателя обработали гербицидом раундап нормой 2 л/га.

В **третьей главе** «Физические свойства почвы» представлен анализ влияния приемов основной обработки на плотность и структуру почвы.

Динамика плотности почвы. В среднем за 2010–2012 гг. плотность почвы в осенний период на контроле изменялась по слоям в пределах 0,92–1,17 г/см³. При обработке почвы АПК-3 на 14–16 см отмечено варьирование плотности в пахотном горизонте в пределах 1,03–1,30 г/см³; на варианте с минимальной обработкой – 1,01–1,33 г/см³; при нулевой – 1,22–1,34 г/см³ (таблица 1). На вспаханных участках в слое 0–0,3 м почва в зиму уходила более рыхлой, чем при энергосберегающих технологиях обработки (на 10,6–23,1 %).

В среднем за 2011–2013 гг. во время посева чечевицы наибольшая плотность сложения в слое 0–0,1 м отмечена при нулевой обработке – 1,15 г/см³, а наименьшая – на контрольном варианте – 1,08 г/см³, т. е. меньше на 0,07 г/см³, или на 6,5 %. В слое 0,1–0,2 м происходило уплотнение почвы до 1,23–1,27 г/см³ при энергосберегающих технологиях против 1,20 г/см³ при вспашке. В почвенном горизонте 0,2–0,3 м плотность почвы изменялась от 1,27 г/см³ на вспаханных участках до 1,30 г/см³ на участках с нулевой обработкой. Минимальная обработка увеличивала плотность почвы в пахотном слое на 0,03 г/см³, или на 2,5 %, а нулевая – на 0,06 г/см³, или на 5,1 %.

В фазу ветвления чечевицы минимальное значение плотности почвы верхнего горизонта было зафиксировано при вспашке – 1,10 г/см³. Оно превышало минимальную обработку на 0,02 г/см³, а прямой посев – на 0,09 г/см³, или на 8,2 %.

Таблица 1 – Плотность почвы по вариантам опыта, г/см³

Глубина отбора образца почвы, м	ПЛН-5-35 на 23– 25 см (контроль)	АПК-3 на 14–16 см	Catros-3001 на 10–12 см	Нулевая обработка
После основной обработки почвы				
0–0,1	0,92	1,03	1,01	1,22
0,1–0,2	1,04	1,12	1,25	1,27
0,2–0,3	1,17	1,30	1,33	1,34
0,3–0,4	1,38	1,40	1,40	1,39
0–0,3	1,04	1,15	1,20	1,28
$F_{\phi} = 44,72$; НСР ₀₅ для слоя 0–0,3 м = 0,047				
В период посева чечевицы				
0–0,1	1,08	1,10	1,10	1,15
0,1–0,2	1,20	1,23	1,24	1,27
0,2–0,3	1,27	1,29	1,29	1,30
0,3–0,4	1,30	1,32	1,31	1,31
0–0,3	1,18	1,21	1,21	1,24
$F_{\phi} = 11,28$; НСР ₀₅ для слоя 0–0,3 м = 0,022				
В фазу ветвления чечевицы				
0–0,1	1,10	1,12	1,12	1,19
0,1–0,2	1,24	1,27	1,27	1,29
0,2–0,3	1,30	1,30	1,31	1,31
0,3–0,4	1,33	1,32	1,33	1,31
0–0,3	1,21	1,23	1,23	1,26
$F_{\phi} = 34,09$; НСР ₀₅ для слоя 0–0,3 м = 0,012				
В фазу образования бобов				
0–0,1	1,12	1,16	1,14	1,21
0,1–0,2	1,27	1,30	1,31	1,30
0,2–0,3	1,34	1,33	1,34	1,34
0,3–0,4	1,34	1,33	1,34	1,32
0–0,3	1,24	1,26	1,26	1,28
$F_{\phi} = 32,91$; НСР ₀₅ для слоя 0–0,3 м = 0,01				
После уборки чечевицы				
0–0,1	1,13	1,16	1,13	1,22
0,1–0,2	1,29	1,33	1,33	1,32
0,2–0,3	1,39	1,39	1,38	1,37
0,3–0,4	1,37	1,36	1,36	1,35
0–0,3	1,27	1,29	1,28	1,30
$F_{\phi} = 4,45$; НСР ₀₅ для слоя 0–0,3 м = 0,02				

Наиболее рыхлое сложение пахотного слоя отмечено на контроле – 1,21 г/см³. Это меньше, чем на вариантах, обработанных АПК-3 и Catros-3001, на 0,02 г/см³, или на 1,7 %. При прямом посеве плотность почвы возрастала до 1,26 г/см³, превышая вспашку на 0,05 г/см³, или на 4,1 %. По мере развития растений чечевицы наблюдалось увеличение плотности пахотного горизонта от посева к ветвлению соответственно по вариантам опыта на 2,5 %; 1,7; 1,7; 1,6 %.

В фазу образования бобов у чечевицы в слое 0–0,1 м минимальные значения плотности почвы отмечены при вспашке – 1,12 г/см³ и на варианте, об-

работанном Catros-3001, – 1,14 г/см³. Это меньше, чем на нулевой обработке соответственно на 8 и 6 %. На глубине 0,1–0,2 м плотность сложения почвы возрастала от 1,27 г/см³ на контроле до 1,31 г/см³ на варианте с минимальной обработкой. В более глубоких горизонтах данный показатель был подвержен меньшей динамике. В пахотном слое почвы плотность снижалась от 1,28 г/см³ при прямом посеве до 1,24 г/см³ при вспашке.

Анализ таблицы 1 показывает, что плотность почвы пахотного горизонта в фазу образования бобов увеличилась по сравнению с периодом посева соответственно по вариантам опыта на 5,1 %; 4,1; 4,1; 3,2 %.

После уборки чечевицы плотность почвы достигала максимума и приближалась к равновесным значениям. Наиболее рыхлое сложение в слое 0–0,1 м сохранялось на вариантах со вспашкой и минимальной обработкой – 1,13 г/см³. Это меньше, чем при прямом посеве на 0,09 г/см³, или на 8 %. В нижних горизонтах почвы различия по вариантам сглаживались. Плотность сложения пахотного слоя изменялась от 1,27 г/см³ на контрольном варианте до 1,30 г/см³ на варианте с нулевой обработкой.

Статистическая обработка полевых данных показала, что зависимость влажности почвы перед посевом чечевицы от плотности сложения пахотного слоя после основной обработки имела среднюю степень связи. Коэффициент корреляции для слоя 0,5–1,0 м составил 0,504. Взаимосвязь плотности сложения почвы в осенний период (x) с весенней влажностью почвы (y) выражалась уравнениями вида: для слоя 0–0,5 м – $y = 64,28x^2 - 152,7x + 110,72$; для слоя 0,5–1,0 м – $y = -11,492x + 29,333$.

Решение данных уравнений показало, что весенние влагозапасы в слое почвы 0–0,5 м практически не зависели от плотности пахотного слоя. В нижних слоях (0,5–1,0 м) отмечалось увеличение влажности по мере уменьшения плотности пахотного горизонта. Увеличение плотности на 0,10 г/см³ снижало влажность почвы в весенний период на 1,15 %, или на 8,6 мм.

Множественная корреляция зависимости плотности в слое почвы 0–0,3 м в вегетационный период чечевицы от глубины обработки и влажности почвы показала среднюю степень связи ($R = 0,62$) и выражалась уравнением вида: $Y = 1,3399 - 0,0021x_1 - 0,0046x_2$.

Анализ полученной зависимости показал, что плотность почвы пахотного слоя на 38 % ($R^2 = 0,38$) зависит от изучаемых факторов, в частности на 18 % ($R^2_{x_1} = 0,18$) от глубины обработки и на 20 % ($R^2_{x_2} = 0,20$) – от влажности почвы.

Структура почвы. В среднем за три года максимальное содержание глыбистой фракции отмечено при вспашке – 28,3 %, а минимальное – на варианте с обработкой дисковой бороной – 25,6 %. Доля микроструктуры из-

менялась от 2,4 % при нулевой обработке до 5,7 % при минимальной. Наибольшее содержание макроструктуры зафиксировано при комбинированной обработке и прямом посеве – 69,8–70,7 %. Максимальное количество эрозионно опасной фракции (0,25–1,0 мм) в составе макроструктуры отмечено на участках, обработанных дисковой бороной Catros-3001 – 11,3 %, что превышало контроль на 4,6 %, а прямой посев – на 3,0 %.

В четвертой главе «Динамика факторов продуктивности чечевицы» рассмотрено и проанализировано влияние водного режима, агрохимических свойств почвы и засоренности посевов на продуктивность чечевицы.

Водный режим посевов чечевицы. Наблюдения за водным режимом почвы показали нестабильное пополнение запасов влаги в весенний период. В 2011 г. перед посевом чечевицы максимальное увлажнение верхнего (0–0,3 м) горизонта отмечалось при вспашке – 83,6 % НВ. Это превышало другие варианты соответственно на 4,4 %; 3,7; 1,1 % НВ. Наибольшее увлажнение второго полуметрового слоя было при вспашке – 81,8 % НВ, т. е. больше на 10,5 и 8,1 % НВ по сравнению с минимальной и нулевой обработками.

Выпавшие в июне осадки (62,7 мм) способствовали поддержанию влажности почвы в слое 0–0,5 м в фазу цветения на уровне 63,6–65,9 % НВ. На глубине 0,5–1,0 м максимальное увлажнение сохранялось на контрольном варианте – 72,7 % НВ и превышало вариант с минимальной обработкой на 7,6 %, а с прямым посевом – на 8,6 % НВ.

При наступлении фазы образования бобов у чечевицы в полуметровом слое наименьшая влажность почвы была на контрольном варианте – 56,7 % НВ, а максимальная – при нулевой обработке – 59,8 % НВ.

В июле 2011 г. осадки практически отсутствовали (4,9 мм), что привело к снижению влажности почвы в первом полуметре до значений ВУЗ – от 33,7 % НВ при обработке АПК-3 до 37,5 % НВ при прямом посеве. В метровом слое почвы к уборке чечевицы наибольшая влажность была при прямом посеве – 43 % НВ, а наименьшая – на варианте с обработкой АПК-3 – 40,4 % НВ.

В 2012 г. влажность пахотного слоя колебалась от 68,0 % НВ при вспашке до 77,7 % НВ при нулевой обработке. На контрольном варианте из-за более высокой водопроницаемости почвы зафиксирована самая высокая влажность слоя 0,5–1,0 м – 91,9 % НВ, что соответственно превышало другие варианты на 30,2 %; 36,4; 17,3 % НВ.

Выпавшие осадки в первой и во второй декадах июня (34,7 мм) способствовали поддержанию влажности почвы метрового слоя в фазу цветения чечевицы не ниже 60,0–60,9 % НВ при вспашке и минимальных обработках.

При прямом посеве влажность слоя 0–1,0 м не опускалась ниже 65,1 % НВ. Это можно объяснить тем, что мульчирующий слой из растительных остатков препятствовал физическому испарению влаги с поверхности почвы.

В фазу образования бобов влажность верхнего полуметрового слоя колебалась от 47,9 % НВ на контроле до 52,1 % НВ на варианте с обработкой АПК-3.

Засушливые условия вегетационного периода 2012 г. привели к снижению влажности метрового горизонта в период уборочной спелости чечевицы до 43,4 % НВ при вспашке, а при нулевой обработке – до 48,9 % НВ.

Перед посевом чечевицы в 2013 г. максимальное увлажнение верхнего 30-сантиметрового слоя было отмечено на варианте с нулевой обработкой – 81,9 % НВ, а минимальное – при обработке АПК-3 – 77,9 % НВ. Влажность метрового слоя почвы по вариантам была примерно одинаковой.

Обильные осадки июня (94,9 мм) в фазу цветения чечевицы повысили влажность верхнего полуметрового слоя почвы на варианте со вспашкой до 78,3 % НВ. На других вариантах данный показатель составил 70,4–71,7 % НВ. Более интенсивное увлажнение почвы при вспашке по сравнению с энергосберегающими обработками можно объяснить тем, что более рыхлая почва имела высокую водопроницаемость при ливневых осадках.

При наступлении фенологической фазы образования бобов в горизонте 0–0,5 м высокая влажность почвы продолжала сохраняться на варианте со вспашкой – 73,4 % НВ. Июльские атмосферные осадки (37,2 мм) обеспечили поддержание влажности почвы в метровом слое к уборке не ниже 60,4 % НВ на контроле, не ниже 57,4 % на варианте, обработанном АПК-3, не ниже 58,1 % при обработке Catros-3001 и не ниже 58,6 % при прямом посеве.

Корреляционная обработка полевых данных показала высокую степень связи урожайности чечевицы с влажностью почвы в метровом слое в фазы ветвления ($r = 0,819$), цветения ($r = 0,883$) и среднюю степень связи перед посевом ($r = 0,569$). Данная зависимость выражалась уравнениями следующего вида: перед посевом – $y = 0,04x - 2,1589$; в фазу ветвления – $y = 0,0492x - 2,526$; в фазу цветения – $y = 0,0728x - 3,9187$.

Анализ полученных математических связей показал, что увеличение влажности почвы на 10 % НВ перед посевом повышает урожайность чечевицы на 0,4 т/га, а в фазы ветвления и цветения – соответственно на 0,5 и 0,7 т/га.

Расход влаги растениями чечевицы при различных приемах основной обработки почвы. Многолетние исследования показали, что на вариантах со вспашкой использование растениями влаги из почвы составило 47,4 % от суммарного водопотребления. На участках с минимальной обработкой водо-

обеспеченность растений в большей мере зависела от количества осадков в период вегетации, которые удовлетворяли потребность растений в воде на 61,4 %. Наибольший суммарный расход воды отмечен при вспашке – 252,3 мм, что превышало другие варианты соответственно на 31,3 мм; 36,1; 20,8 мм, или на 12,4 %; 14,3; 8,2 % (таблица 2).

Таблица 2 – Суммарное водопотребление, среднесуточный расход воды, коэффициент водопотребления в среднем за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Использование влаги из почвы		Осадки		Суммарный расход воды		Расход воды в среднем за сутки, мм	Коэффициент водопотребления, мм/т
	мм	%	мм	%	мм	%		
ПЛН-5-35 (контроль)	119,6	47,4	132,7	52,6	252,3	100	2,59	304
АПК-3	88,3	40,0	132,7	60,0	221,0	100	2,27	360
Catros-3001	83,5	38,6	132,7	61,4	216,2	100	2,24	296
Нулевая обработка	98,8	42,7	132,7	57,3	231,5	100	2,37	283

Максимальное значение коэффициента водопотребления было отмечено на варианте с обработкой АПК-3 – 360 мм/т. При прямом посеве этот показатель снижался до 283 мм/т и был меньше контроля на 7 %.

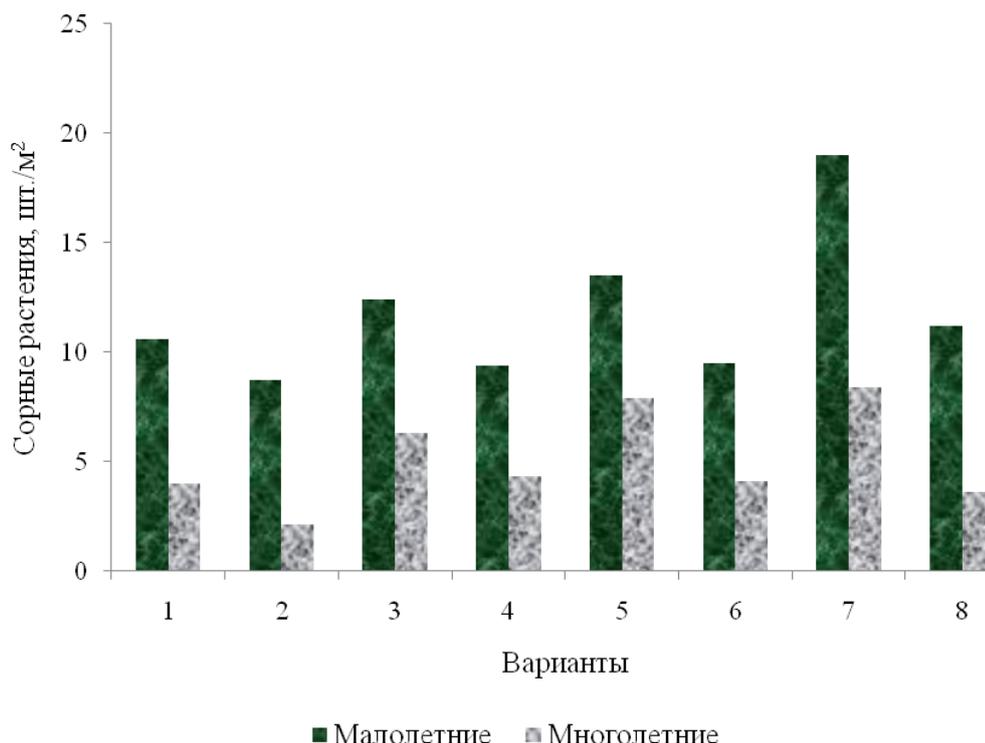
Агрохимические свойства. Трехлетнее использование технологий берегающего земледелия способствовало увеличению содержания гумуса в слое 0–0,15 м на 0,1–0,16 % и нитратного азота на 8,7–13,7 % по сравнению с контрольным вариантом. Это можно объяснить интенсивной минерализацией органического вещества на варианте со вспашкой и перемешиванием пахотного слоя почвы при обороте пласта с менее гумусированным горизонтом. В засушливых условиях мульчирующий слой из растительных остатков снижал потери влаги на физическое испарение из верхнего слоя почвы, что усиливало процесс нитрификации. На варианте со вспашкой отмечался более интенсивный прирост биомассы чечевицы и, как следствие, большее потребление азота.

Содержание P_2O_5 возрастало от 19,7 мг/кг на варианте со вспашкой до 21,8 мг/кг на варианте, обработанном Catros-3001. Динамика доступного калия в меньшей степени зависела от приемов основной обработки почвы.

Снижение интенсивности и глубины обработки почвы способствовало увеличению суммы поглощенных оснований на 4,6 % при минимальной обработке и на 18,5 % при нулевой. Рост данного показателя происходил в основном за счет увеличения количества магния с 7,3 ммоль/100 г на контроле до 12,2 ммоль/100 г при нулевой обработке.

Засоренность посевов чечевицы. Экологическая сбалансированность в растениеводстве может быть достигнута при сохранении экологического равновесия между культурными и сорными растениями в агросистемах.

В среднем за три года отмечено, что минимальная и нулевая обработки почвы способствовали росту общей засоренности по сравнению со вспашкой в 1,5 и 1,9 раза соответственно. Малолетние сорняки наиболее интенсивно развивались при нулевой (19,0 шт./м²) и минимальной (13,5 шт./м²) обработках. Классическая обработка способствовала значительному снижению количества многолетних сорняков по сравнению с энергосберегающими приемами (см. рисунок).



Засоренность посевов чечевицы по вариантам опыта в среднем за 2011–2013 гг.

Применение гербицида раундап (2 л/га) после посева чечевицы снижало засоренность многолетними сорняками соответственно по вариантам на 47,5 %; 31,7; 48,1; 57,1 %, а малолетними – на 17,9 %; 24,2; 29,6; 41,0 %.

Статистическая обработка полевых данных зависимости урожайности чечевицы от количества малолетних и многолетних сорных растений выражалась уравнениями полинома третьей степени:

$$\text{для малолетних} - Y = -0,0004x^3 + 0,009x^2 + 0,0404x + 0,0925;$$

$$\text{для многолетних} - Y = -0,0022x^3 + 0,0372x^2 - 0,0801x + 0,8004.$$

Анализ данных зависимостей показал, что в посевах чечевицы критический порог вредоносности для малолетних сорняков составляет 17–18 шт./м², а для многолетних – 9–10 шт./м².

В пятой главе «Формирование урожайности чечевицы» рассмотрено влияние различных приемов основной обработки и гербицида на структуру и урожайность чечевицы.

Элементы биологической продуктивности чечевицы. В среднем за три года максимальная густота стояния растений чечевицы отмечена на контроле – 258–261 шт./м². Число бобов на одном растении изменялось от 4,68 шт. при прямом посеве до 5,10 шт. при минимальной обработке. Наименьшее количество зерен в бобах отмечено при обработке АПК-3 без применения гербицида – 0,97 шт., а наибольшее – 1,13 шт. – при вспашке и нулевой обработке с применением гербицида.

Отвальная основная обработка способствует сохранению растений чечевицы к уборке на 5–6 % больше по сравнению с энергосберегающими приемами. Применение гербицида после посева чечевицы увеличивает сохранность растений на 1–3 %.

Урожайность чечевицы. В среднем за три года наибольшая урожайность чечевицы отмечена на контрольном варианте – 1,06 т/га, минимальная – на варианте с нулевой обработкой – 0,89 т/га, что ниже контроля на 16 %. При обработке комбинированным агрегатом АПК-3 продуктивность чечевицы снижалась на 13 %, а дисковой бороной Catros-3001 – на 10 % (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность зерна чечевицы по вариантам опыта в среднем за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
ПЛН-5-35 на 23–25 см (контроль)	1,06	–	–
ПЛН-5-35 на 23–25 см с гербицидом	1,11	+0,05	4,7
АПК-3 на 14–16 см	0,92	–0,14	13,2
АПК-3 на 14–16 см с гербицидом	1,04	–0,02	1,9
Catros-3001 на 10–12 см	0,95	–0,11	10,4
Catros-3001 на 10–12 см с гербицидом	1,07	+0,01	0,9
Нулевая обработка	0,89	–0,17	16,0
Нулевая обработка с гербицидом	1,12	+0,06	5,7
НСР ₀₅ по фактору А	0,064–0,087		
НСР ₀₅ по фактору В	0,062		
НСР ₀₅ по фактору АВ	0,09–0,123		

Наименьшая эффективность от применения гербицида (раундап 2 л/га) после посева чечевицы отмечена при вспашке – 0,05 т/га, или 4,7 %. На варианте с минимальной обработкой данный показатель составил 0,12 т/га, или 13 %. Максимальный эффект от гербицида был достигнут при нулевой обработке – 0,23 т/га, или 25,8 %.

В шестой главе «Экономическая и энергетическая эффективность возделывания чечевицы» приведен расчет экономической и энергетической эффективности возделывания чечевицы.

Экономическая эффективность. Экономические расчеты показали, что наиболее затратным приемом основной обработки почвы является вспашка, прямые затраты составили 6,41 тыс. руб./га. На вариантах с минимальной и нулевой обработками отмечено снижение прямых затрат на 21–36 % за счет уменьшения расходов на ГСМ, амортизацию и ремонт техники. Послепосевное внесение гербицида раундап (2 л/га) увеличивало затраты на 0,7 тыс. руб./га.

Самая высокая рентабельность по обработкам почвы отмечена на варианте с прямым посевом – 230 %, это выше контрольного варианта на 82 %. На варианте с минимальной обработкой уровень рентабельности составил 184 % против 148 % на контроле.

Применение гербицида сплошного действия после посева чечевицы увеличивало уровень рентабельности только на варианте с нулевой обработкой – до 254 %, т. е. на 24 %.

Энергетическая эффективность. Для более объективной оценки изучаемых приемов основной обработки необходимо использовать энергетический анализ. Снижение урожайности чечевицы при энергосберегающих технологиях на 10–16 % не уменьшило энергетическую эффективность. Коэффициент энергетической эффективности на варианте с минимальной обработкой составил 2,25, а при нулевой – 2,37. Это выше контроля на 0,39.

Повышение урожайности чечевицы при нулевой обработке с использованием гербицида способствовало увеличению коэффициента энергетической эффективности до 2,56.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение технологий сберегающего земледелия увеличивало плотность пахотного слоя почвы, но данный показатель не выходил за границы оптимальных значений ($1,1\text{--}1,3\text{ г/см}^3$) для культур сплошного способа посева во все периоды наблюдений. На варианте со вспашкой плотность сложения почвы после основной обработки была меньше, чем при энергосберегающих технологиях на 15,4–23,1 %, во время посева чечевицы различия составили 2,5–5,1 %, в фазу ветвления – 1,7–4,1 %, в фазу образования бобов – 1,6–3,2 %, после уборки – 0,8–2,4 %. Увеличение плотности пахотного слоя на $0,10\text{ г/см}^3$ снижало влажность почвы в слое 0,5–1,0 м в весенний период на 1,15 %, или на

8,6 мм. Плотность пахотного слоя в период вегетации чечевицы зависела на 18 % от глубины обработки и на 20 % от влажности почвы.

Обработка почвы дисковыми орудиями увеличивала распыленность слоя 0–0,15 м на 5,2 %. При нулевой обработке количество агрономически ценных агрегатов возрастало на 2,7 % по сравнению с контролем.

В годы с незначительным количеством осадков при нулевой обработке теряется влаги из почвы на физическое испарение на 24 % меньше по сравнению со вспашкой в результате восстановления структуры почвы и создания мульчирующего слоя из растительных остатков. Суммарное водопотребление при вспашке превышало минимальную и нулевую обработки на 8,2–14,3 %. При ливневых осадках почва, обработанная плугом, более интенсивно поглощает влагу по сравнению с минимальной и нулевой обработками за счет более высокой водопроницаемости рыхлого сложения пахотного слоя.

Энергосберегающие приемы обработки почвы способствуют увеличению содержания гумуса в слое 0–0,15 м на 0,1–0,16 %, нитратного азота – на 8,7–13,7 %, доступного фосфора – на 9,1–10,6 %, суммы поглощенных оснований – на 4,6–18,5 %.

При минимальной и нулевой обработках почвы увеличивается засоренность посевов чечевицы по сравнению со вспашкой соответственно на 47 и 88 %. Применение гербицида после посева чечевицы наиболее эффективно при нулевой обработке, общее количество сорняков уменьшалось от 27,6 до 14,8 шт./м², т. е. на 46,0 %. На варианте со вспашкой снижение общей засоренности от действия гербицида составило 26,0 %, при обработке АПК-3 на 14–16 см – 26,7 %, при минимальной обработке – 36,4 %.

В среднем за три года наибольшая урожайность чечевицы отмечена при вспашке – 1,06 т/га, она превышала другие варианты соответственно на 13 %; 10; 16 %. Максимальная прибавка урожайности чечевицы от применения гербицида после посева была при нулевой обработке – 0,23 т/га, или 25,8 %. Урожайность чечевицы в большей степени зависит от влажности почвы в метровом слое в фазу цветения; рост данного показателя на 10 % НВ увеличивает продуктивность на 0,7 т/га.

Наиболее затратным приемом основной обработки почвы являлась вспашка, применение минимальной и нулевой технологий снижало прямые затраты на 21–36 % и увеличивало уровень рентабельности на 36–82 %.

Возделывание чечевицы с применением гербицида после посева экономически выгодно только при нулевой обработке, рентабельность возрастает на 24 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

На черноземных почвах Поволжья для получения урожайности чечевицы на уровне 0,9–0,95 т/га при снижении прямых затрат на 21–36 % и увеличении рентабельности производства на 36–82 % целесообразно проводить минимальную и нулевую обработки. С ростом засоренности посевов чечевицы выше экономического порога вредоносности следует применять гербицид сплошного действия (раундап) осенью после уборки предшественника (4 л/га) и весной после посева (2 л/га).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК
Минобразования и науки РФ

1. Солодовников А.П. Влияние различных приемов основной обработки черноземов южных на продуктивность чечевицы в условиях Правобережья / А.П. Солодовников, **А.С. Абросимов** // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 4. – С. 39–44 (0,8/0,4 печ. л.).

2. **Абросимов, А.С.** Энергосберегающие технологии обработки почвы под чечевицу в Правобережье / А.С. Абросимов, Е.П. Денисов, А.П. Солодовников // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 38–40 (0,3/0,1 печ. л.).

Публикации в других изданиях и материалах конференций

3. Солодовников, А.П. Технологии сберегающего земледелия при возделывании чечевицы на черноземных почвах / А.П. Солодовников, А.С. Линьков, **А.С. Абросимов** // Резервы устойчивого развития сельскохозяйственного производства Поволжья: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. проф. Н.Г. Воронина. – Саратов, 2012. – С. 100–105 (0,3/0,1 печ. л.).

4. Солодовников, А.П. Водный режим в посевах чечевицы при энергосберегающих обработках / А.П. Солодовников, **А.С. Абросимов** // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сб. статей Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза, 2013. – С. 164–167 (0,2/0,1 печ. л.).

5. Солодовников, А.П. Динамика плотности почвы при энергосберегающих технологиях возделывания чечевицы / А.П. Солодовников, **А.С. Абросимов**, А.В. Летучий // Состояние и перспективы инновационного развития АПК: сб. статей по матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова». – Саратов, 2013. – С. 467–472 (0,3/0,1 печ. л.).

6. Солодовников, А.П. Влияние основной обработки почвы и гербицида на продуктивность чечевицы / А.П. Солодовников, **А.С. Абросимов**, А.С. Линьков // Состояние и перспективы инновационного развития АПК: сб. статей по матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова». – Саратов, 2013. – С. 473–478 (0,3/0,1 печ. л.).

Подписано в печать 20.11.13
Печ. л. 1,0

Тираж 100

Формат 60×84 1/16

Заказ 281/272

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»
410012, Саратов, Театральная пл., 1