

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

На правах рукописи

**Карпец Владимир Владимирович**  
**Эффективность энергосберегающих обработок  
почвы при возделывании ячменя на  
чернозёмах южных Поволжья**

06.01.01 –общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

научный руководитель –  
доктор с.х. наук, профессор  
Денисов Е.П.

Саратов – 2015

## Содержание

Введение	3
1 Литературный обзор	8
1.1 Ботаническая характеристика	8
1.2 Биологические особенности	9
1.3 Обработка почвы	12
1.4 Удобрения ячменя	20
1.5 Засорённость	22
1.6 Применение антистрессовых препаратов	24
1.7 Значение микроорганизмов в жизни растений	27
1.8 Влияние предшественников на урожайность	35
2 Условия, схема и методика проведения исследований	41
2.1 Почвы опытного участка	41
2.2 Климат района проведения опыта	42
2.3 Погодные условия в годы проведения опытов	43
2.4 Схема опыта с обработкой почвы	47
2.5 Методика проведения полевого опыта в 2013 – 2015 гг.	48
3. Изменение водно-физических свойства почвы	50
3.1 Плотность почвы в осенний период	50
3.2 Плотность сложения почвы весной перед посевом ячменя	57
3.3 Общая пористость почвы в осенний период	61
3.4 Общая пористость чернозёма почвы весной перед посевом ячменя	66
3.5 Пористость аэрации	70
3.6 Капиллярная пористость	79
3.7 Структура почвы	85
4. Водный режим почвы	89
4.1 Влажность почвы	89
4.2 Запасы влаги в почве	94
5. Биологическая активность почвы и засоренность посевов ячменя	100

5.1. Биологическая активность почвы	100
5.2. Засоренность посевов ячменя	103
6. Изменение агрохимических свойств почвы	114
6.1 Гумус	114
6.2 Содержание питательных веществ	115
6.3 Сумма обменных оснований	120
7 Изменение урожайности ячменя под влиянием обработки почвы, удобрений и предшественников	124
7.1 Урожайность зерна ячменя	124
7.2 Роль предшественников при возделывании ячменя с энергосберегающей обработкой почвы	128
7.3 Анализ зависимости урожайности ячменя от основных факторов жизни растений	135
8 Энергетическая и экономическая эффективность	141
Заключение	145
Предложения производству	149
Список используемой литературы	150
Приложения	172

## Введение

**Актуальность темы исследований.** Ячмень – важнейшая зернофуражная культура страны. Увеличение валового производства зерна ячменя необходимо сочетать с постоянным снижением его себестоимости. Это требует применения без- и малозатратных агроприемов, в том числе и энергосберегающих обработок почвы.

К малозатратным агроприемам относятся лущение стерни, дискование, боронование и т.д. Сюда же можно включить приемы минимализации обработки почвы и посев по научно обоснованному предшественнику.

Наибольший удельный вес среди всех затрат на возделывание сельскохозяйственных культур по традиционным технологиям приходится на обработку почвы. Основная задача земледелия – поиск наиболее дешевых приемов обработки пашни. Обработка почвы призвана благоприятствовать созданию оптимального сложения пашни, снижать испарение влаги с поверхности почвы, улучшать аккумуляцию осадков, предотвращать накопление болезней, вредителей и сорняков при постоянном снижении затрат на ее проведение.

В традиционной системе возделывания сельскохозяйственных культур вспашка – самая высокозатратная технологическая операция, негативно влияющая на плодородие почвы. При постоянном проведении вспашки разрушается структура, уменьшается содержание гумуса, возрастает засоренность почвы семенами сорных растений. Илистые частички при разрушении структуры во время вспашки проникают в нижние слои, уменьшая капиллярную пористость и образуя плужную подошву. Вспашка после себя оставляет неровную поверхность поля, что снижает полевую всхожесть семян и урожайность сельскохозяйственных культур.

В современной системе земледелия существует несколько малоэнергоёмких приемов обработки почвы, среди которых поверхностные, плоскорезные, комбинированные и др.

Поэтому изучение влияния малозатратных обработок почвы на урожайность сельскохозяйственных культур и изменение плодородия почвы является актуальной задачей научного земледелия.

**Степень разработанности проблемы.** Изучением обработки почвы в Поволжье занимались Д.И. Буров (1968, 1970); В.М. Жидков (1987); Г.И. Казаков, И.А. Чуданов (1974, 1990). По мнению одних авторов, энергосберегающая обработка почвы не изменяла урожайность зерновых культур или снижала урожайность (Вражнов А.В., Агеев А.А., Анисимов Ю.Б., 2010, Солодовников А.П., Денисов Е.П., Тарбаев Ю.А., 2015). Другие авторы показали превосходство энергосберегающей обработки по сравнению с глубоким отвальным рыхлением (Белкин А.А, Беседин Н.В., 2010). В развитии существующего учения о минимализации основной обработки почвы нами проводились данные исследования.

**Цель исследований** – определение влияния различных сберегающих способов обработки почвы совместно с использованием удобрений и гербицидов на плодородие чернозема южного и урожайность зерна ячменя.

К задачам исследований относилось:

- определить варьирование агрофизического состава почвы при возделывании ячменя под влиянием минимализации основной обработки почвы на фоне различных звеньев севооборота;
- изучить влияние минимализации обработки почвы на аккумуляцию влаги по сравнению с традиционной обработкой;
- показать варьирование агрохимических свойств чернозема южного под воздействием обработки почвы при использовании удобрений и гербицидов;
- показать роль различных способов обработки почвы в сочетании с гербицидами на изменение засоренности посевов ячменя;
- изучить биологическую активность почвы под действием различных способов обработки почвы;
- исследовать влияние предшественников на урожайность ячменя при разных способах обработки почвы;

- выявить воздействие разработанных агроприемов на урожайность зерна ячменя;
- определить степень участия погодных условий и различных агроприемов в формировании урожайности ячменя;
- рассчитать экономическую и энергетическую эффективность возделывания ячменя при разработанных способах обработки чернозема южного на фоне применения средств химизации.

**Научная новизна.** Изучено воздействие малозатратных приемов обработки чернозема южного на плотность почвы, общую и капиллярную пористость, пористость аэрации и структурность чернозема южного после основной обработки почвы осенью и перед посевом ячменя.

Выявлено влияние различного строения верхнего слоя почвы на формирование весенних запасов влаги при изменении осеннего испарения, фильтрации и водопроницаемости.

Изучено влияние различных способов обработки почвы на содержание гумуса, доступного фосфора, обменного калия и нитратного азота в почве под посевами ячменя. Установлено, что снижение интенсивности обработки почвы увеличивает содержание гумуса и улучшает фосфатный режим питания растений. Выявлено изменение количественного и видового составов сорняков в посевах ячменя под влиянием различных способов обработки почвы в сочетании с применением удобрений и гербицидов. Показано воздействие рекомендуемых способов обработки почвы при совместном использовании приемов химизации на продуктивность ячменя в различных звеньях севооборота. Изучена роль различных абиотических факторов и агроприемов в формировании урожайности ячменя.

Рассчитана экономическая и энергетическая эффективность выращивания ячменя на фоне изучаемых агроприемов.

**Теоретическая и практическая значимость** заключается в агробиологическом обосновании применения приемов берегающего земледелия для сохранения плодородия почвы и повышения рентабельности

производства ячменя, даны научно обоснованные рекомендации применения минимализации обработки почвы при выращивании ячменя на фоне удобрений и гербицидов в Поволжье.

Проведенные исследования позволяют выбрать в конкретных производственных условиях наиболее приемлемую малозатратную систему обработки почвы в сочетании с внесением азотных удобрений, обеспечивающую стабильное производство дешевого зерна ячменя и сохранение плодородия почвы. Доказана возможность получения урожайности зерна ячменя 1,5 т/га в условиях засушливых и средних по влагообеспеченности лет при использовании нулевой обработки почвы.

**Объект и предмет исследований.** Объекты исследований – яровой ячмень, гербициды, сорные растения, чернозем южный.

Предмет исследований – особенности формирования урожайности ячменя в зависимости от различных способов обработки почвы и приемов химизации.

**Методология и методы исследований.** При разработке программы исследований были использованы результаты ранее проведенных исследований, информационные издания и другие материалы по технологии возделывания ячменя. В работе использовали аналитический, экспериментальный, статистический, энергетический и экономический методы исследований.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

– особенности варьирования агрохимических и агрофизических свойств чернозема южного в зависимости от способов минимализации обработки почвы;

– характер накопления запасов влаги в весенний период в посевах ячменя при разных способах обработки почвы в зависимости от сложения верхнего слоя почвы, фильтрации и водопроницаемости;

– изменение видового состава и числа сорняков в посевах ячменя под влиянием гербицидов на фоне энергосберегающих обработок почвы;

– возможность получения стабильной урожайности зерна ячменя на уровне 1,5 т/га при малозатратных приемах обработки почвы и совместном применении гербицидов и удобрений в засушливых условиях Поволжья;

– энергетическая и экономическая эффективность выращивания ячменя при применении энергосберегающих обработок почвы.

**Достоверность результатов исследований** подтверждается многолетним периодом проведения лабораторных и полевых исследований, необходимым количеством проведенных наблюдений, измерений и анализов, математической обработкой полученных результатов методом дисперсионного и корреляционного анализа.

**Апробация работы.** Основные диссертационные положения докладывались на международных и всероссийских конференциях: Международной научно-практической конференции, посвященной 126-й годовщине со дня рождения Н.И. Вавилова (Саратов, 2013); Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Волгоградского ГАУ (Волгоград, 2014); XI Международной научной конференции «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (Брянск, 2014); Всероссийской научно-практической конференции «Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России (Пенза, 2014); X Международной научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы» (Пенза, 2014); II Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в АПК: теория и практика» (Пенза, 2014), III Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в АПК: теория и практика» (Пенза, 2015); на внутривузовских конференциях (Саратов, 2013, 2014).

Результаты внедрены на площади 132 га в ООО «Эвелина» Саратовского района Саратовской области в 2014–2015 гг., эффективность внедрения составила 1,5 тыс. руб./га.

**Публикации.** По теме исследований издано 8 работ, из них 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации.



# 1. Литературный обзор

## 1.1 Ботаническая характеристика

Ячмень (*Hordeum*) принадлежит к роду однолетних растений семейства мятликовых. По классификации Н. И. Вавилова и А. А. Орлова, все культурные ячмени объединяются в один вид — ячмень посевной (*Hordeum Sativum*). По числу плодоносящих колосков на колосовом стержне он делится на ячмень многорядный, ячмень двухрядный и ячмень промежуточный (Н. А. Комарницкий, Л. И. Курсанов, К. И. Мейер, В. Ф. Раздорский, А. А. Уранов, 1958).

В настоящее время в земледелии возделываются многорядные и двухрядные ячмени.

Широко распространенными разновидностями двухрядного ячменя считаются: медикум (*medicum*), нутанс (*nutans*); многорядного — паллидум (*pallidum*), рикотензе (*ricotense*) и др.

**Стебель** — полая цилиндрическая соломина, высотой 50-135 см, толщиной 2,5-4 мм, состоит из 5-7 междоузлий, которая покрыта восковым налетом и склонная к полеганию.

**Листья** имеют хорошо развитые беловатые (иногда антоциановые) ушки, которые своими концами охватывают стебель. Язычок короткий. Листовые пластинки длиной 12-25 см, шириной 8-25 мм.

**Соцветие.** На уступах колосового стержня сидят колоски. В каждом колоске по одному цветку. Соцветие — двухрядный или многорядный колос. На каждом выступе членика размещается три одноцветковых колоска.

Колоски по строению разные. У двухрядного ячменя средние плодоносящие, боковые — бесплодны; в многорядного — все плодоносящие. Колоски в обоих подвидов имеют две узенькие колосковые чешуи и две широкие цветочные, которые у пленчатых сортов и срastaются с зерновкой, в голозерных — охватывают зерновку без роста.

**Цветок** состоит из наружной цветковой чешуи с остью или трехлопастным придатком — фуркой, внутренней цветковой чешуи, трех тычинок с двугнездными пыльниками, одногнездной завязи с двумя перистыми рыльцами и двух листовидных образований — лодикул. Окраска наружных цветковых чешуй и остей может быть желтая, черная или оранжевая.

**Плод** — зерновка. У пленчатых разновидностей она срастается с цветковыми чешуями. У голозерных форм зерновка имеет желтую, оранжевую, зеленую, фиолетовую, коричневую или черную окраску (Г. П. Яковлев, 2008.)

**Корневая система.** Корни ячменя мочковатые - зародышевые (первичные) и узловые (вторичные). Зародышевыми называются потому, что в зачаточном виде они имеются в зародыше семени. При прорастании главный корень прорывает оболочку семени. Из зачатков на стебельке зародыша по очереди появляются еще 2 - 6 придаточных и в период между развитием второго и третьего листа - 2 колеоптильных (иногда 3 - 4) из колеоптильного узла. По сравнению с другими хлебными злаками у ячменя отмечается более слабо развитая корневая система.

Корни не только поглощают из почвы воду и минеральные вещества, но и что они участвуют в обмене веществ всего организма. Роль корней ячменя в преобразовании веществ и в процессе синтеза показывают данные А. Л. Курсанов (1960). Курсанов (1954) А. Л. отмечает, что корни участвуют в усвоении растением углекислоты, включая ее и углекислые соли в создание органических соединений.

## 1.2 Биологические особенности ячменя

Ячмень обладает хорошими приспособлениями к разным климатическим и почвенным условиям.

**Отношение к свету.** Растения ячменя — обладает наибольшей скороспелостью из зерновых колосовых культур. В благоприятных условиях самые скороспелые сорта ярового ячменя заканчивают вегетацию за 55—62 дня. У позднеспелых сортов она длится 90 дней и более. Продолжительность периода от всходов до колошения сильнее зависит от реакции на длину дня,

чем от температуры. У большинства сортов ячменя, особенно северного происхождения и озимых (после весеннего отрастания), вегетационный период сокращается при длинном дне. Продолжительность второй части вегетационного периода сильно зависит от температуры: при высокой температуре ускоряются формирование зерна.

Ячмень относится к растениям продолжительного дня и имеет более короткую световую стадию. В северных районах ячмень проходит световую стадию в более короткий срок, а в южных – в более длинный.

В зависимости от сорта, района возделывания и погодных условий вегетационный период ячменя колеблется от 60 до 110 суток.

**Отношение к температурному режиму.** Ячмень сравнительно холодостойкая культура раннего срока сева. Он имеет яровые, озимые формы и двуручки. Сорта осеннего и зимнего сева занимают около 30% всей площади под этой культурой на земном шаре. Двуручки колосятся одновременно с яровым ячменем при весеннем посеве и в то же время обладают достаточной морозостойкостью, чтобы переносить зимовку наравне с озимым. Всходы его могут без существенного вреда переносить кратковременные понижения температуры до  $-3-5^{\circ}\text{C}$ .

Ячмень принадлежит к культурам сравнительно раннего срока сева и созревает раньше других полевых культур. Для формирования урожая ему необходима за вегетацию сумма температур около  $1800^{\circ}\text{C}$ . Семена ячменя прорастают при температуре  $1-2^{\circ}\text{C}$  тепла. Оптимальная температура для прорастания семян и появление дружных всходов необходимо  $15-20^{\circ}\text{C}$ . Заморозки до  $-4-5^{\circ}\text{C}$  всходы ячменя хорошо переносят. Потребность в тепле у ячменя в разные фазы развития неодинаковы. Стадию яровизации ячмень проходит при температуре  $2-5^{\circ}\text{C}$ . В фазы от всходов до колошения оптимальной температурой является  $20-22^{\circ}\text{C}$ . При созревании зерна ячмень требует  $23-24^{\circ}\text{C}$ . Во время цветения и созревание зерна ячмень чувствителен даже к незначительным заморозкам  $-1-2^{\circ}\text{C}$ . При этом ухудшаются семенные

качества зерна. При температуре менее 13-14°C задерживается созревание зерна.

Ячмень по сравнению с другими зерновыми культурами считается более жаростоким растением. Это делает его урожайным в южных и юго-восточных районах (Ф.Х. Бахтеев. 1955).

**Потребность во влаге.** Ячмень — наиболее засухоустойчивая культура среди зерновых. Засухоустойчивости способствуют сильный восковой налет на листьях, стеблях и колосе, ригидность (грубость) колоса и др. Быстрый рост в ранние фазы дает возможность хорошо использовать весенний запас влаги, а раннее созревание — избежать губительного действия летней засухи. Многие сорта ячменя обладают высотой жаростойкостью.

Ячмень плохо переносит избыточное увлажнение, резко снижая урожай. Он более склонен к полеганию, чем пшеница и овес.

Транспирационный коэффициент ячменя около 400 единиц. Для накопления 1 кг сухой массы ячменю необходимо в среднем 350-450 кг воды (I. Mazurek, 1993). Это меньше, чем пшеница, рожь и овёс. Однако он хуже переносит весеннюю засуху из-за слабого развития корневой системы. Наибольшее количество влаги расходует ячмень в кущение, выход в трубку и колошение. На высокоплодородных почвах потребление воды на образование сухого вещества меньше, чем на бедных почвах. При содержании воды в почве менее 30% от влагоёмкости прорастание семян ячменя не происходит. При запасе воды в почве ниже двойной гигроскопичности прекращается рост и формирования репродуктивных органов ячменя.

Сильная засуха во время цветения ведет к бесплодности пыльцы, и к снижению урожайности.

**Отношение к почвам.** Лимитирующим фактором для получения хороших урожаев ячменя являются почвенные условия. Ячмень плохо переносит недостаток элементов питания в почве.

Вследствие относительно недостаточного развития корневой системы ячменя и короткого периода поглощения основных элементов почвенного

питания для него необходимы плодородные почвы. Ячмень — солевыносливая культура, что важно для орошаемых земель южных районов.

Низкие урожаи ячмень даёт на лёгких почвах. На смытых почвах урожайность снижается на 40% (В.А. Коледа 2008).

### **1.3 Обработка почвы**

В нашей стране наблюдается самая высокая распаханность сельскохозяйственных угодий в среднем около 66% , среди которых присутствуют эрозийные и маргинальные земли (А.Л. Иванов, 2004; В.П. Зволинский, З.Ш. Шамсутдинов, И.А. Трофимов, 2000).

Учёные считают, что площадь распаханых земель, достигающая больше половины всей территории, нарушает условия для устойчивого функционирования агроландшафтов (В.П. Зволинский, Д.М. Хомяков , 1998). Но по данным Н.Ф. Реймерс (1994) экологическое равновесие агроландшафтов отмечается при процентном соотношении между площадями 60:40.

Основной задачей обработки почвы является обеспечение оптимального водного, воздушного режимов почвы, фитосанитарных условий минерализации органического вещества для роста и развития сельскохозяйственных культур (Е.М. Бикбулатова, Н.И. Гареев, М.Г. Сираев 2009).

В настоящее время при недостатках энергетических ресурсов, отмечено снижение почвенного плодородия. Падение урожайности сельскохозяйственных культур и уменьшения доходности земледелия (Г.Г. Решетов, К.Е. Денисов, А.В. Корчаков 2010; Б.Д. Кирюшин 2005). Поэтому особое значение приобретает разработка новых технологий основанных на принципах ресурсосбережения (А.А. Жученко 2000, 2012)

При совершенствовании систем основной обработки почвы, как в нашей стране так и в зарубежных, основное значение отдаётся снижению затрат труда, энергетических и материальных ресурсов (Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Р.К. Биктеев, 2011; Е.П. Денисов, К.Е. Денисов, В.В. Карпец 2014; А. Kunze 1978, 1982; D.J. Jarham, 1975)

На сегодняшний день нет единого мнения о преимуществе какого - либо одного способа обработки почвы.

Альтернативой существующей традиционной системы плужной обработки почвы могут быть различные модификации систем мульчирующей минимальной и нулевой обработки почвы, максимально адаптированных к почвенно-климатическим условиям конкретного агроландшафта .

Мнение учёных сходятся в том что основная обработка почвы в севооборотах должна быть дифференцированной и проводиться с чередованием отвальных и безотвальных способов, глубоких, мелких и поверхностных обработок (В.А. Федоткин 1968; Н.В. Абрамов 1992; А.И. Пупонин 1999; С.К. Мингалёв, 2004; В.В. Рзаева 2004)

Системы No – till (нулевая обработка) применяются в мире преимущественно в Южной и Северной Америки 85 % от общей площади 100 млн га (В.М. Иванов 2007). При системе No-Till исключается механическое воздействие на почву. Прямой посев проводится по пожнивным остаткам с минимальным нарушением структуры почвы (А.П. Дробышев 2007; R. Allen, 1977).

Минимализация обработки почвы предпочтительна с точки зрения энергосбережения экологически более эффективны, но и имеют ряд недостатков (Т.В. Павленкова 2008). Нулевая обработка относится к почвосберегающим технологиям, здесь расход гумуса в разы меньше чем при ежегодной вспашке (А.П. Козаченко 1999). При высоком уровне культуры земледелия в хозяйствах возможно сохранения материальных затрат при незначительном сокращении урожайности. Было проведено множество исследований касающихся возможности минимализации основной обработки почвы (Л.С. Роктанэн, Ю.А. Лазник, 1977; И.С. Трофимов, Я.П. Орищенко, 1977; А.В. Вражнов, 1979; В.А. Корчагин, 1984; В.И. Буянкин, В.С. Кучеров, 1992; Г.И. Казаков, 1985, 1997; Н.С. Немцев, 1996; Н.К. Шикуча, Г.В. Назаренко, 1990. ).

Впервые заменить вспашку мелкими обработками предложил И.Е. Овсинский в конце XIX века на Украине. В Поволжье в 30-е годы XX века

академик Н.М. Тулайков рекомендовал перейти на более экономную систему мелкой обработки почвы.

Широкое развитие учения об обработке почвы получило появление опытов Т.С. Мальцева (1958).

Академиком А.И. Бараевым обоснованы положения о важном значении мульчи из растительных остатков. Стерня, по его мнению, является надежным средством защиты почв от дефляции. Растительные остатки на поверхности почвы обеспечивают хорошую аккумуляцию осенне-зимних осадков, и хорошо сохраняет почвенную влагу от непродуктивного испарения (А.И. Бараев и др. 1975).

В настоящее время продолжается совершенствование приемов обработки почвы и почвообрабатывающих орудий различных условиях и типах почв (Н.Г. Бачило, 2005; В.В. Глушков, 2010; В.А. Заленский, 2004; В.В. Матвеев, 2008, В.И. Макаров, 2010).

Минимальная и нулевая обработка давно привлекали товаропроизводителей своей возможностью сократить общие затраты на выращивание ячменя за счёт снижения затрат на обработку почвы и использовать эффект предыдущих рыхлений. Нулевая обработка полностью исключает лущение стерни, вспашку, боронование и культивацию (G. Pease, 1977; G.V. Triplett, 1977). Прямой посев производится при сохранении стерни и равномерно разбрасываемой соломе при измельчении её и уборке комбайном (О.С. Харалгина, В.В. Рзаева 2007). Минимализация обработки почвы обеспечивает сохранение плодородия почвы как главного природного ресурса, снижение затрат труда и топлива, энергоёмкости и металлоёмкости производства (Е.И. Рябов, 2003; Г.К. Марковская, Н.А. Кирясова 2007).

В Западной Сибири многие ученые отмечают как положительные стороны, так и недостатки минимализации систем обработки почвы (А.М. Власенко, В.Н. Слесарев, 2011, В.А. Телегин, С.Д. Гилев 2011; Т.А. Трофимова, С.И. Коржов, В.А. Маслов 2011).

Проведение ежегодной вспашки почвы приводит к снижению противозерозной устойчивости, водоудерживающей способности почвы, ухудшению агрофизических свойств и других показателей (Г.Ю. Федоров 2006).

Многие российские и зарубежные исследователи показывали в своих научных трудах влияние строения пахотного слоя на продуктивность сельскохозяйственных культур (Д.И. Буров 1968,1970; Е. П. Денисов, Ф. П. Четвериков, С. Н. Косолапов. 2010; Г.Г. Данилов 1982; В.М. Жидков 1987; Г.И. Казаков И.А. Чуданов, 1974; Г.И. Казаков, 1990; И.И. Ковтун, Н.И. Гойса, Б.А. Митрофанов, 1990; А.И. Пупонин, 1978; И.Б. Ревут, 1972; А.А. Смирнов, З.А. Кирасиров, Н.А. Курятникова, 2008; Л.Н. Ярославский, 1964; С.И. Долгов, С.А. Модина, 1969; И.А. Чуданов, Л.Ф. Лигастаев, Е.А. Борякова, 1998; В.И. Лазарев, 2003; D. Werner, U. Pittelkow, W. Xylander, H.Unger, 1986; E. Scheffler, R. Ehrhardt, K.H.Morstein, H. Rogasik, 1982; E.S. Kirby, 1997; D. Davics, 1979).

В своих научных трудах ряд учёных при минимализации обработки почвы показали сохранение плодородия почвы, повышение биологической активности почвы, накопление продуктивной влаги (А.А. Белкин, Н.В. Беседин 2010; Ю.Ф. Курдюков, 2008; А.Х. Куликова, 1997; В. А. Корчагин, 2003, 2005).

Улучшение физических свойств почвы, увеличение структурности, снижение плотности при изучении минимальной обработки почвы отмечали В.Н Фомин., Н.Ш Рафиков., А.К Габдуллин. Р.Х. Гарипова (2008).

По мнению Б. Доспехов, И. Васильев, Н. Полев (1978) способы обработки почвы существенно не влияют на физические свойства обрабатываемого слоя.

За счёт увеличения плотности почвы при минимализации обработки почвы отмечается повышение запасов продуктивной влаги в почвогрунтах (В.В. Гребенникова, Н.Н. Чуманова 2013; А.П. Солодовников, А.В. Летучий, Д.С. Степанов, Б.З. Шагиев, А.С. Линьков 2015).

Исследования ряда авторов, показали, что для зерновых колосовых культур оптимальное сложение пахотного слоя отмечается при плотности почвы 1,1–1,3 г/см<sup>3</sup> (А.И. Шевлягин, 1968; М.Т. Гончар, 1986; И.И. Ковтун,



Н.И. Гойса, Б.А. Митрофанов, 1990; А.В. Вражнов, 1995; Н.А. Максютков, 1996; Н.С. Немцев, 1996; И.А. Чуданов, 1998; Г.И. Казаков, 1997; А.Н. Данилов, В.Ф. Кульков, С.А. Данилова, 2008;).

В сравнении со вспашкой минимализация обработки почвы повышает в пахотном слое общее содержание агрономически ценных структурных агрегатов (Р.Ф. Ягофаров 2004). В опытах СГАУ им. Н.И. Вавилова на чернозёмах южных минимальная и нулевая обработка не ухудшали плодородия почвы в сравнении со вспашкой (Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Р.К. Биктеев 2011)

Однако по данным И.С. Бызов, П.А. Постников, А.Б. Пономарев, Р.Р. Гарифьянова (2015) отсутствие основной обработки почвы привело к увеличению её плотности в последующие годы в зернотравяном севообороте

Исследования Г.С.Муромцева (1978) , показывают что активное рыхление почвы усиливает жизнедеятельность анаэробных микроорганизмов и разложение органического вещества.Это существенно улучшает физические и физико – химические характеристики почвы.

По данным О.Н. Макурина, Г.В. Милюткина (2006) минимизация обработки или полное исключение механической обработки почвы перед посевом вызывают некоторое увеличение биогенности и ферментативной активности в верхних слоях почвы и снижение этих показателей в более глубоких.

При традиционной обработке почвы уничтожаются сорняки, лучше заделываются семена, больше накапливается влаги, питательных веществ и т.д. (Н.И. Буянкин, А.Г. Краснопёров 2006).

В условиях интенсивного земледелия минимализацию обработки почвы многие учёные рассматривают как важнейший фактор сохранения её потенциального плодородия и защиты от эрозии, улучшение гумусового баланса, уменьшение потерь элементов питания (Я.Г. Керимов 2007).

Переход к минимальным технологиям связан с повышенным вниманием к защите растений от сорняков, вредителей и болезней. (Н.А.Рябцева, 2013, Н.А.

Рябцева 2014). При снижении интенсивности обработки почвы возрастала численность многолетних сорняков, наблюдалась высокая поражённость растений корневыми гнилями (Р.В. Миникаев, Г.Ш. Хисамова, Г.С. Сайфиева, 2012; Н.А. Рябцева, М.А. Збраилов, В.Б. Пойда, Е.М. Фалынсков 2014).

По мнению С.П. Танчик, А.А. Цюк (2013) наиболее высокой противосорняковой эффективностью характеризуется чередование отвальной и безотвальной основной обработки почвы.

По мнению А.С. Зубкова (2011) уменьшение глубины основной обработки под ячмень не ведет к существенному снижению его урожая и не ухудшает технологических качеств зерна.

В условиях Республики Татарстан для проведения предпосевной обработки почвы под ячмень предпочтение отдают комбинированным агрегатам КПИР – 3,6, и КБМ – 4,2. При этом отмечается увеличение полевой всхожести и урожайности ячменя (В.Н. Фомин, Н.Ш. Рафиков, А.К. Габдуллин, Р.Х. Гарипова 2008).

При использовании ресурсосберегающей обработки почвы учёные А.А. Белкин, Н.В. Беседин (2010) показывают увеличение урожайности зерновых культур в зернопаровом севообороте.

На дерново-подзолистой наиболее благоприятные условия для формирования урожаев ячменя на дерново-подзолистой почве создаются при использовании для предпосевной обработки комбинированных ресурсосберегающих агрегатов (В.В. Глушков, Г.С. Юнусов, Н.Ф. Маслова, А.Н. Маршалова 2011 ).

А.В. Вражнов, А.А. Агеев, Ю.Б. Анисимов (2010) считают, что лучшей системой обработки является традиционная обработка почвы, при применении которой достигается наиболее высокая продуктивность ячменя в сравнении с вариантами минимализации обработки. С.К. Смирнов (1993) считает возможным замену традиционной предпосевной подготовки почвы на обработку комбинированными агрегатами типа РВК.

Многие отечественные и зарубежные учёные отмечают увеличение засорённости и снижение урожайности культур, при использовании минимальной обработки почвы (Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин 2008; Г. Н. Черкасов, И. Г. Пыхтин 2008; Л.М. Козлова, Ф.А. Попов 2012; Н.А. Рябцева, М.А. Збраилов, В.Б. Пойда, Е.М. Фалынсков 2014 ).

По мнению других учёных минимализация обработки почвы не приводит к падению урожайности зерновых культур (Д.С. Игнатъев, Э.А. Гаевая 2010).

Другие авторы утверждают на это, указывают и А.Н. Воронин, В.Д. Соловиченко, Г.И. Уваров (2010), В.В. Ивенин, В.А. Строкин, В.В. Осипов (2010) .

В опытах с озимой пшеницей Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Мокриков Г.В. (2014) показали, что все обработки почвы в том числе и энергосберегающие обеспечили формирование высококачественного зерна. При этом самые высокие показатели натурности (786 г/л), содержания белка (13,8 %) , и стекловидности (82 %) были при прямом посеве.

К увеличению засорённости приводит снижение интенсивности рыхления почвы. Высокая засорённость отмечалась при минимализации основной обработки в посевах яровой пшеницы на выщелоченном чернозёме Саратовской области (Е. П. Денисов, А. П. Солодовников, Р. К. Биктеев 2011)

Максимальное число сорных растений в посевах ячменя отмечается при нулевой системе обработки Н.Н.Чумановой, В.В. Гребенниковой (2013).

В современных условиях показателем эффективности изучаемых приемов обработки почвы является их экономическая оценка (С.Б. Кененбаев, А.К. Киреев, А.Э. Хидиров, А.А. Асанбеков 2007; Немцев, С. Н. 1996, 2004).

Традиционная зяблевая обработка почвы, в которую входит лущение стерни, отвальная вспашка, весеннее боронование и культивации – самая энергозатратная и трудоемкая операция в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и ячменя. На нее затрачивается около 36-38% общих затрат на выращивание культуры. (Н.И. Буянкин, А.Г. Краснопёров 2006 ). Следовательно при использовании минимальных систем

обработок увеличивается условный чистый доход и повышается рентабельность (И.С. Полетаев, Д.М. Лихацкий, Е.П. Денисов, Л.И. Чекмарёва, С.Г. Лихацкая, Ф.П. Четвериков 2014)

Для снижения затрат на выращивание ячменя в современной системе земледелия с целью снижения себестоимости зерна и сохранения плодородия почвы в настоящее время возможно применение энергосберегающих приёмов обработки почвы (Е.П. Денисов, К.Е. Денисов, В.В. Карпец 2014) (Попов Ю.В. 2010). К ним относится плоскорезная обработка почвы, минимальная, нулевая, полосовая и т. д.

Минимализация обработки почвы обеспечивала более высокую экономическую и энергетическую эффективность производства (В.Н. Фомин, Н.Ш. Рафиков, А.К. Габдуллин, Р.Х. Гарипова 2008; В.С. Сергеев, Г.Х. Ибрагимова 2010).

По мнению ряда учёных нулевая и минимальная обработка являются наиболее рентабельными (Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Ю.А. Тарбаев, 2015).

Такие учёные как Ситдинов И.Г., В.Н. Фомин, М.М. Нафиков (2011) , считают, что выбор приема основной обработки почвы должен осуществляться в разрезе конкретного хозяйства и поля в зависимости от типа почвы, ее засоренности, влажности, освоенного севооборота. При низкой культуре земледелия и нехватке средств защиты растений предпочтение следует отдавать отвальной вспашке. При высокой культуре на высокогумусных почвах минимальной и нулевой. В современных условиях нет единого мнения о преимуществе различных систем обработки почвы (И.Г. Ситдинов, В.Н. Фомин, М.М. Нафиков 2011)

#### **1.4 Удобрения ячменя**

Наиболее эффективный способ управления балансом элементов питания в земледелии – применение удобрений (С.В. Лукин 2008; Н.С. Четверикова 2013) . Для обеспечения постоянного роста урожаев необходимо возвращать в почву азот и калий на 80 %, фосфор – на 100 % (Д.Н. Прянишников, 1952 ).

При возделывании сельскохозяйственных культур без внесения удобрений в почву возвращается только 15-20% элементов питания от выноса их с урожаем растений (А.Г. Зелепухин, В.Ф. Голубничий, В.А. Лизунов, 2001; Научно-практическое руководство..., 2007). Поэтому необходимо внесение большого количества азотных удобрений.

Удобрение повышает урожайность зерна ячменя во всех районах его возделывания. Внесение удобрений в условиях засушливого климата являются важным способом борьбы с засухой. При внесении удобрений культуры лучше переносят засуху (А.М. Алексеев, Н.А. Гусев, 1957; Ф.Д. Сказкин, 1961; Н.И. Беляков, 1965; Ф.А. Полимбетова, Л.К. Мамонов, 1980; Д.А. Живаев, Г.Е. Гришин, 2007; И.Н. Бесалиев, А.Г. Крючков, 2007;) При этом на 20-30% снижаются потребность влаги на создание урожая (В.Д. Панников, В.Г. Минеев, 1987).

Ячмень хорошо отзывчивается на внесение удобрений, несмотря на короткий период потребления элементов питания. Вследствие этого он требует большого внесения в почву минеральных удобрений. Для создания 1 т продукции растения ячменя тратят 27,5 кг калия, 12 кг фосфора и 29 кг азота.

Ячмень хорошо использует последствие удобрений. Поэтому часто органические удобрения вносятся под предшествующую культуру. Применение органического удобрения непосредственно под ячмень возможно при недостатке минеральных удобрений (В.Ф. Абаинов, 1984).

Больше всего ячмень требует много азота в период от начала кущения до стеблевания. В это время идёт развитие основных и боковых стеблей, листового аппарата и закладка колоса. По рекомендациям 60-90 кг д.в. азота на 1 га вносят под предпосевную культивацию (В.Ф. Абаинов, 1994). Для получения высоких урожаев необходимо их дробное внесение. Основную дозу азота вносят перед посевом, а остальную в период кущения и выбрасывания колоса. Внесение высоких доз азотного удобрения приводит к ломкости колоса и полеганию растений.

Калийные и фосфорные удобрения рекомендуют вносить под зябь с осени. Калийные удобрения применяют в полной дозе – 90-120 кг/га д. в. на 1 гектар. Фосфорные удобрения вносят в дозах 60-80 кг/га д. в. с осени и 10-15 кг/га д. в. при посеве.

Для повышения хорошего качества зерна ячменя большую роль играет обеспеченность растений ячменя микроэлементами.

Особенно сильно потребность в микроэлементах возрастает при внесении повышенных доз минеральных удобрений. Большие дозы калия уменьшают потребление растениями ячменя бора, а высокие дозы фосфора - цинка. Среди зерновых культур ячмень больше всего требует меди и бора.

При недостатке микроэлементов в почве рекомендуется обработка ими семян и некорневая подкормка. Бор и цинк рекомендуют вносить одновременно с протравливанием семян. Большую популярность приобретают удобрения нового поколения на хелатной основе наноудобрения Нагро.

### **1.5 Засорённость**

Одной из важнейших проблем земледелия - поддержание оптимального фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур, в частности обеспечение их чистоты от сорняков. Число семян сорняков в пахотном слое, по данным З.И. Порохня, И.Д. Кобяков (2006), Р.И. Словцов (1993), А.В. Фисюнов (1983), З.М. Шмат (1990), составляет от 20 млн до 5 млрд шт./га.

Экономический порог вредоносности сорняков в яровых культур составляет 10 – 20 шт./м<sup>2</sup> малолетних сорняков и 2 -3 шт./м<sup>2</sup> многолетних (Баздырев Г.И. 2004)

Яровой ячмень по своим биологическим особенностям имеет слабую конкурентноспособность и сильно угнетается сорняками. Отсюда для него важно определить наиболее эффективные гербициды (Т.В. Акулова).

Засоренность посевов яровых зерновых культур при современной системе земледелия обычно выше порогов вредоносности. Из ранних сорняков преобладают марь белая, конопля, из зимующих, латук компасный; из поздних

мышей сизый и куриное просо. В посевах яровых зерновых культур пороги вредоносности однолетних сорных растений не превышают для ячменя – 30-50 шт/м<sup>2</sup>, для пшеницы – 14-16 шт/м<sup>2</sup>, для овса – 23-43 шт/м<sup>2</sup>. Количество злаковых однодольных сорняков в посевах сельскохозяйственных культур вследствие обработки полей глифосатсодержащимися гербицидами не превышает порог вредоносности (12 шт/м<sup>2</sup>).

Использование гербицидов в настоящее время остается преимущественно основным способом защиты сельскохозяйственных культур. (А. С. Степановских, М. Ю. Горбунов, Ю. А. Маслов 2009).

Подбирать гербициды и нормы расхода следует дифференцированно, с учетом количественного и видового состава сорняков и энергетических возможностей хозяйства (В.Д. Семенов, С.В. Галапова, А.А. Васильев 2009).

Степановских А. С., Горбунов М. Ю., Маслов Ю. А. (2009) рекомендуют гербицид Диален супер нормой 2,0 – 2,5 л/га против многолетних двудольных сорняков в посевах ячменя.

Использование магнума и секатора, по мнению Семенова В.Д., Галапова С.В., Васильева А.А. (2009), позволит достаточно полно и с меньшими финансовыми затратами решить проблему борьбы с засорённостью в посевах зерновых культур.

В трёхлетнем опыте Баранова А.И и Гринько А.В. (2014) в условиях высокой засорённости ярового ячменя бодяком и амброзией наиболее высокая биологическая и экономическая эффективность получена в результате применения гербицидов лонтрел 300, гранд и ланцелот 450. Эти же гербициды эффективны против других двудольных видов сорняков в посевах зерновых культур, в том числе и трудноискоренимых (В.Д. Семенов, С.В. Галапова, А.А. Васильев, 2009).

Гербициды являются биологически активными веществами небезразличными для культурных растений, их применение требует постоянного экологического контроля за состоянием агроценоза (Пальчиков Е.В., Крюков А.А 2013) .

Опыты В.Г. Пушкарёва, Т.В. Кастрюлиной, Н.А. Китаевой (2014) показали, что наибольшую урожайность ячменя получили при применении гербицида ковбой нормой 0,18 л/га при обработке в фазу кущения культуры. Этот гербицид обладает высокой избирательностью при небольшой гектарной норме. Послеуборочное внесение по стерне зерновых культур глифосата считается эффективным приемом в борьбе с многолетними сорняками, в том числе и при возделывании ячменя.

В настоящее время существует широкий ассортимент гербицидов, позволяющий бороться с засоренностью различными видовыми составами сорняков.

Применение гербицидов группы 2,4-Д (агритокс, агроксон, диален, балерина, фенфис, стартер, альянс, эстерон и др.), эффективно в посевах яровых культур против двудольных сорняков (ромашка непахучая, василек синий, ярутка полевая мелколепестник канадский, латук компасный, пастушья сумка, марь белая, гречишка вьюнковая, сурепка обыкновенная). В фазе кущения пшеницы и тритикале рекомендуется применение гербицида эстерон нормой 0,6-0,8 л/га.

При засорении осотами посевов зерновых культур используются гербициды альянс, диален. Растения осотов должны иметь не более 3-7 листьев. Этот период сорных растений наступает одновременно с фазой кущения зерновых.

Для борьбы с двудольными однолетними и однодольными злаковыми сорняками в посевах пшеницы и ячменя рекомендуют применять такие гербициды, как кугар, гусар турбо, лентипур, 0,7 кг/л к. с., легато плюс 600, гром, овсюген.

Посевы яровой пшеницы и ячменя, засоренные однолетними злаковыми сорняками (овсюг, виды щетинника, просо куриное) необходимо подавлять гербицидами: аксиал, пума супер, фокстрот. Для уничтожения в посевах яровой пшеницы пырея ползучего и однолетних злаковых и двудольных сорняков



используют гербицид атрибут. Обработка посевов данным гербицидом при 3–5 листьев у пырея даёт биологическую эффективность до 80%.

Против мари белой, видов горца, ромашки, в посевах зерновых рекомендуется использовать линтур, диален супер, биолан супер, фенфиз.

Гербициды сульфонилмочевинной группы (тамерон, аккурат, аккурат экстра, магнум, агростар, хармони экстра, и др.) эффективны против многочисленных сорняков в начале их роста.

В посевах пшеницы и ячменя рекомендуют использование гербицидов: тамерон, гранстар в дозах 20-25 г/га; трибун, – 15-25 г/га; хармони экстра,– 30-40 г/га; агростар - 15-18 г/га; эллай лайт,– 6-8 г/га.

Для борьбы с однолетними двудольными сорняками в посевах зерновых в фазе кущения рекомендуется применять баковые смеси гербицидов агритокс с тамероном. Использование этой смеси гербицидов в посевах зерновых культур эффективно против звездчатки средней, ромашки непахучей, мари белой, подмаренника цепкого и горца вьюнкового.

Применение баковой смеси гербицидов аккурат, в норме расхода 8 г/га с диаленом супер, – 0,6 л/га эффективно против видов ромашки непахучей, звездчатки средней, горца, мари белой, разных видов осота, щавеля, и др. Следует иметь в виду что гербицид аккурат имеет последствие на свеклу.

Для борьбы с однолетними двудольными сорняками в посевах ярового тритикале до выхода в трубку применяются, агритокс, дикопур, дикопур, агроксон, гербитокс, эстерон.

Против однолетних двудольных, в т.ч. устойчивых к производным 2,4-Д, применяют базагран, линтур, прима, трибун, магнум. При засоренности посевов зерновых осотом, ромашкой, горцом птичьим рекомендуется использовать гербицид агрон гранд.

### **1.6 Применение антистрессовых препаратов**

Применение гербицидов может жёстко неблагоприятно действовать и на культурные растения – агрофитоценоза. Гербициды могут вызывать стрессовые

состояния культурных растений. Поэтому применение антистрессовых биологических веществ при применении гербицидов

Проведенные в последние годы исследования, доказывают большую роль регуляторов роста в повышении урожайности как в благоприятных (В. П. Казанцев, А. И. Кузнецов 2010, так и в засушливых условиях (Л. А. Дорожкина, А. А. Бородавченко 2007, А. Н. Кшникаткина, М. И. Юров 2013).

Решение задачи о влиянии приёмов предпосевной обработки в сочетании со средствами защиты растений на урожайность и качество продукции – одно из основных условий повышения эффективности сельскохозяйственного производства ячменя. Различное сочетание приёмов предпосевной обработки почвы и приёмов защиты растений обеспечит прибавку урожайности и повысит качество зерна ячменя (Скородумов Н.Ю., Медведева И.Н., Каменских Н.Ю. 2014)

В современных технологиях производства сельскохозяйственной продукции, где большую роль играет применение гербицидов, фунгицидов и других пестицидов, особое значение придается антистрессовым, биологически активным препаратам, которые применяются для предпосевной обработки семян или для опрыскивания вегетирующих растений. Применение их способствует предотвращению стрессовых состояний возделываемых культур, к которым следует отнести засуху, применение гербицидов, снижение интенсивности обработки почвы, сопровождающей повышение плотности почвогрунта. Применение биостимуляторов роста и микроудобрений способствуют снижению стрессовых состояний, улучшению роста и развития растений и повышению урожайности.

Изучением влияния стимуляторов роста и микроудобрений на урожай и качество зерна ячменя занимались П.М. Ольховатов, А.Г. Мусатова, А.А. Семяшкина, Р.Ф. Дашевский, Е.В. Кирсанова, Л.И. Чернова, С.В. Сорокин, В.А. Задорожная, Е.А. Лукина и др.

Предпосевная обработка семян пшеницы и ячменя препаратами мелафен, пифафеном и пектином способствовали повышению посевных качеств семян,

активизации ростовых процессов, усилении фотосинтетической деятельности и увеличении зерновой продуктивности (Г.А. Карпова, М.Е. Миронова 2009)

По данным А.А. Галиуллина (2014) под влиянием некорневой подкормке Гуматом натрия и агрикой повышаются посевные качества зерна, энергия прорастания и всхожесть.

Применение препарата Алкамон ОС-2, имеет определённый потенциал и перспективность в увеличении урожайности при использовании его в приемах защиты растения (Скородумов Н.Ю., Медведева И.Н., Каменских Н.Ю. 2014).

Опрыскивание растений во время вегетации препаратами ККМ, раствором сульфата цинка оказали положительное влияние на развитие и продуктивность ячменя (Сапаров А.С., Досбергенов С.Н., Сапаров Г.А. 2014)

Появление стимуляторов роста нового поколения и хелатных форм удобрений позволяет управлять формированием урожая и качеством полевых культур. В условиях Поволжья исследования по влиянию стимуляторов роста и современных микроудобрений на ячмене проводилась в Самарском ГАУ и ВНИИСХ, Ульяновском ГАУ, Пензеском ГСХА, Волгоградском ГАУ .

Активатор роста растений гумат калия и натрия стимулирует рост растений на основе солей, органических кислот и биологических метаболитов с микроэлементами. В состав его входит содержание сухих веществ не более 200г/л, комплекс органических кислот и витаминов (гуминовая, лимонная, янтарная, аскорбиновая кислота; витамины В<sub>1</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>12</sub>) не менее 80 г/л; калийные и натриевые соли гуминовых кислот не менее 60 г/л; углерода не менее 35 г/л; комплекс макро - и микро элементов не менее (г/л) N – 20, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-1, K<sub>2</sub>O-6, Na-0,5, S-1,5, Mg-0,4, Fe – 0,4, Cu – 1,0, Mn – 0,7, B-0,1, Zn-0,7, Mo-0,02, Co – 0,01. рН = 8,5-9,5. Препарат стимулирует рост корневой системы, повышает урожайность, мобилизует иммунную систему. Совместное применение с гербицидами снижает стресс основной культуры.

Применяется нормой 5 -10 мл на 1л воды или 2-4 л/га.

Микроэлементное удобрение реасил микро содержит в хелатной форме Zn 9%, N-1,5%, K<sub>2</sub>O-2,5%, витамины (С, В<sub>1</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>13</sub>). Увеличивает эффективность

фотосинтеза и поглощение азота растением, участвует в накоплении сахаров и синтезе белков применяется нормой 3л/га.

### **1.7 Значение микроорганизмов в жизни растений**

Микроорганизмы обладают огромным разнообразием ферментов и большой лабильностью метаболизма. Они являются звеном, которое обуславливает самоочищение природных экосистем (А. И. Нетрусов, 2006).

Ещё В.Р. Вильямс установил связь между почвенной микрофлорой и определёнными группами растений. Доказана приуроченность грибов и бактерий к определённым питательным субстратам. В питании растений большую роль играют микроорганизмы ризосферы, окружающие корни растений грибной и бактериальной флорой. При этом выявлено значение чередования культур, обработки почвы, уход за посевом, комплекс высокой агротехники (Т.Е. Аристовская 1962).

Севооборот насыщенный однолетними культурами при регулярной распашки почв приводил к снижению количества микроорганизмов. Это оказывало отрицательное влияние на стабильного и равновесного состояния почв (М.Д. Назарько, В.Т. Щербаков 2005).

Естественные биогенные и искусственные техногенные ландшафты отличаются большим количеством аммонифицирующих, и гумусоразлагающих микроорганизмов.

Доля микромицетов в микробном комплексе пахотных почв незначительна.

Численность грибов и количество микромицетов выше в распаханых почвах. Это приводит к повышению ее токсичности и ухудшению фитосанитарного состояния. Интенсивные процессы минерализации гумуса наблюдались в пахотных почвах особенно при возделывании однолетних культур. Поэтому применение в окультуривании почв минеральных удобрений приводило к увеличению доли микроорганизмов, разлагающих гумус (М.Д. Назарько, В.Т. Щербаков 2005).

Повышение уровня микробиологической активности почвы отрицательно воздействует на динамику гумуса. Возрастание биологической активности почвы приводит к снижению содержания гумуса.

Способы использования земель в земледелии заметно изменяют структуру микробиоценозов, биогенность почвы и интенсивность почвенно-микробиологических процессов. Это влияет на содержание в почве элементов питания и повышает показатели ее плодородия (М.Д. Назарько, В.Т. Щербаков 2005).

Обработка почв и чередование культур улучшает не только физическое состояние почвы, но и оздоравливает её, улучшает питание растений.

*Clostridium Posterianum* (маслянокислые бактерии) обитают в сожительстве с аэробными сапрофитами. Последние поглощают кислород и создают для неё анаэробные условия.

Азотобактер живёт в прикорневой зоне многих растений. Особенно он хорошо себя чувствует в ризосфере табака, кукурузы, люцерны, (крестоцветных) капустных. Он не живёт в ризосфере пшеницы. Она выделяет токсичные для него вещества.

Наибольшее развитие ризосферных бактерий совпадает с максимумом корневых выделений. Корневые выделения кукурузы до цветения усиливали развитие азотобактера. Кукурузе был необходим азот для роста, поэтому возникал симбиоз.

После цветения в связи с сильным подкислением почвенного раствора в ризосфере развитие азотобактера остановилось.

Установлено прямое усвоение корнями растений продуктов жизнедеятельности микроорганизмов: витаминов, ауксинов, ферментов, биотинов, т.е. биотических веществ, ускоряющих и стимулирующих развитие растений, абиотических веществ – угнетающих развитие (пенициллин, стрептоцид, лецитин).

Растения усваивают гуминовые кислоты в растворимой форме. Управление деятельностью почвенной микрофлоры важный фактор в улучшении питания растений (Г.П. Гамзиков 1992).

Кроме бактерий, грибов и актиномицетов на изменение пищевого режима почвы оказывают влияние обитающие в почве водоросли и простейшие животные.

Большое значение почвенные водорослям (количественному и качественному составу) придавали Р. Р. Кабиров, Е. С. Пурина, Л. М. Сафиуллина (2008)

В почве выявлены сотни видов и форм водорослей.

Они участвуют в процессе выветривания, обогащают почву органическими соединениями, выделяют кислород, улучшают аэрацию. Некоторые водоросли усваивают атмосферный азот.

Регулирование пищевого режима растений с наименьшими затратами легче всего осуществлять в структурной почве. По В.Р. Вильямсу два важнейших фактора плодородия – вода и усвояемая пища - в бесструктурной почве являются антагонистами.

В структурной почве наличие органического материала определяет энергетическую деятельность различных микроорганизмов. Почва становится ареной весьма сложных и многообразных биохимических явлений.

Одновременно с разложением органического вещества в почве, благодаря деятельности растений и микроорганизмов, идут процессы синтеза новых органических соединений. Из всех многообразных форм участия микроорганизмов в динамике пищевого режима почвы наибольшее значение для земледелия имеют процессы превращения органического вещества и процессы усвоения свободного азота (Л.Н. Коробова 2007).

Роль аммонификации белкового азота заключается в превращении недоступного для питания растений азота белковых веществ почвы в азот аммиачный – доступный для растений. В аммонификации участвуют как

аэробные, так и анаэробные бактерии. Вследствие этого аммиачный азот равномерно накапливается во всех прослойках пахотного слоя.

Накопление в почве аммиака и нитратов при разложении органических соединений зависит от соотношения между С и N в минерализуемом органическом веществе.

Чем уже в нём C:N, чем больше содержится в органическом веществе азота, тем больше накапливается в почве аммиачного и нитратного азота. По данным ряда авторов при разложении корней овса (C:N=100:1) накапливалось 15 мг минерального азота на один килограмм почвы, корней кукурузы (C:N=60:1) – 40 мг, корней клевера (C:N = 26:1) – 66 мг.

При разложении органических удобрений, вносимых в почву перед посевом, может произойти как повышение, так и понижение урожая. Если в органическом веществе содержится мало азота, то микробы забирают его полностью на построение своего тела. При высоком содержании азота в органическом удобрении он будет накапливаться в почве в виде аммиака. Накопление азота идёт в том случае, если содержание его в разлагающемся органическом веществе более 2%.

Нитрификация - окисление аммиака в присутствии гуминовых веществ до азотной кислоты может идти под влиянием солнечного света. Но этот процесс идёт только в верхних слоях почвы и не имеет большого значения по сравнению с биологическим.

Значение нитрификации в том, что она даёт лучшую форму питания растений при превращении органического вещества. Появляющийся в почве аммиак окисляется, как известно, с образованием нитратов.

Нитратообразующие микробы встречаются в том или ином количестве во всех распаханых почвах. Процесс нитрификации имеет большое значение в земледелии. Процессы нитрификации регулируются агротехническими приёмами. Нитрифицирующие бактерии способны усваивать углекислоту и могут развиваться при отсутствии органического материала в питательной среде.

Появление в почве легкорастворимых органических веществ задерживает или прекращает деятельность нитрификаторов. В почве перегнойные соединения часто усиливают нитрификацию.

Кислотность почвы сильно влияет на нитрификационную способность. Нитрификация лучше идёт при рН близкой к нейтральной или слабощелочной. Известкование кислых и гипсование щелочных сред служат приёмами для усиления указанных процессов. Нитрификация идёт при широкой амплитуде колебаний температур от 5 до 55<sup>о</sup>, но лучше всего проходит при температуре около 37<sup>о</sup>. Следовательно, весной, до значительного прогревания почвы, нитрификаторы работают крайне медленно. В это время особенно важна подкормка озимых культур и многолетних трав азотными удобрениями.

Аэрация почвы и усиление газообмена играют существенную роль в развитии процесса нитрификации. После рыхления почвы количество нитратов увеличивается. В верхних слоях почвы отмечается усиление процессов по сравнению с нижними. В верхних слоях 0-6 см тяжелого суглинка образовывалось до 24 мг NO<sub>3</sub> (нитратов), а на глубине 12-18 см - только 9 мг на 1 кг почвы. Процесс нитрификации протекает при широком интервале влажности почвы от 30 до 80% полной влагоёмкости, но оптимум устанавливается около 60% ПВ или 80% НВ.

Количество накопленных нитратов зависит от химических, физических и биологических свойств почвы, от её культурного состояния: плотности, влажности и температуры (В.И. Кирюшин 2000, Л.Н. Коробова, 2007).

Антропогенные воздействия на почву влияют на содержание в ней микробной биомассы и вызывают изменения в экофизиологическом статусе почвенного микробного сообщества (Н. Д. Ананьева, Е. А. Сусьян 2006).

Биохимическая деятельность микроорганизмов лежит в основе множества элементарных процессов почвообразования (М. С. Гиляров, Д. А. Криволицкий, 1985)

По данным Хамова О.Ф., Юшкевич Л.В., Падерина Е.В. (2011), многолетняя минимальная обработка почвы способствовала повышению



некоторых групп почвенных микроорганизмов. Применение гербицидов снижало численность таких микроорганизмов в почве как грибов, фосфатмобилизующих и нитрифицирующих бактерий.

Применение удобрений устраняло вредное влияние гербицидов на численность микроорганизмов в почве. Количество их возрастало при применении удобрений на 14,8 – 17,8 % (С.А. Показаньев 1994, А.А. Данилова 2007).

На почвах при внесении навоза в чистом пару накапливается к посеву озимых до 90 мг на 1 кг почвы нитратов, а без внесения навоза – 6-10 мг. На чернозёмах нитрификация протекает гораздо интенсивнее. Здесь к моменту посева озимых накапливалось до 115 мг нитратов на 1 кг почвы, без внесения навоза (тучный чернозём), На обыкновенном чернозёме (Безенчук) - 53 мг, на кубанском чернозёме - 40 мг на 1 кг почвы. Это значительно больше, чем на подзолистых и лесных почвах. На чернозёмах возможность образования нитратов гораздо выше.

На солонцеватых и солончаковых почвах нитрификация протекает слабее, чем на обычном чернозёме. При недостатке влаги и тепла нитрификация на чернозёмах резко ослабевает.

Улучшение аэрации и увеличение температуры на серозёмах усиливает нитрификацию, если это сопровождается достаточным увлажнением. Хорошая обработка почвы и орошение усиливают микробиологические процессы в почвах.

Динамика нитратов довольно однообразна и зависит в основном от температуры, влажности почвы, обработки и занятости поля растениями.

Весной, как правило, нитратов в почве мало из-за низкой температуры. По мере прогревания почвы и оживления микробиологической деятельности нитраты накапливаются. По мере развития культур содержание нитратов падает.

Под растениями нитратов как правило совсем мало. Перед посевом озимых содержание нитратов в почве максимально, а перед весенним

отрастанием мало. Здесь играет роль удобрение азотом. Летом под культурами сплошного сева нитратов очень мало. Под пропашными их гораздо больше. Ко времени уборки количество нитратов в посевах увеличивается.

Потеря нитратов из корнеобитаемого слоя происходит под влиянием следующих причин: усвоение нитратов растениями, биологическое поглощение, восстановление нитритов до аммиака и свободного азота в процессе денитрификации.

Денитрификация – восстановление азотных соединений бактериями до молекулярного азота. Кроме того происходит химическое восстановление нитратов до свободного азота путём взаимодействия между азотистой кислотой и аминокислотами. Так же наблюдается вымывание их из корнеобитаемого слоя почв.

Непроизводительными потерями азота считается: денитрификация, химическое восстановление нитратов и вымывание из почвы. Азот при этом полностью теряется для растений.

Основным условием для активной деятельности денитрификаторов является присутствие большого количества легкодоступных для них органических веществ и нитратов; высокая влажность почвы и плохая аэрация. Наиболее интенсивное восстановление нитратов идёт при  $pH = 7-9,2$ . Затухание наблюдается при  $pH = 6,1$  и при  $pH > 8,2$ . На хорошо окультуренных почвах денитрификация идёт слабо или совсем не происходит, вследствие хорошей аэрации почв.

Денитрификация сильнее идёт на глинистых почвах и суглинках.

Этому процессу содействует внесение большого количества органического неперепревшего вещества (опилок, свежего навоза); избыточное уплотнение почвы; заболачивание; плохая обработка почвы.

Для борьбы с денитрификацией в первую очередь необходимо хорошая качественная обработка почвы, осушение переувлажнённых почв, внесение полуперепревшего навоза. Вымывание нитратов в нашей зоне возможно только при орошении и недостаточно избыточных грунтовых водах.

Фосфор находится в почве как в виде органических, так и минеральных соединений. Благодаря биологическим и физико-химическим процессам почвенный запас фосфора претерпевает переход или мобилизацию из труднорастворимых фосфатов в более подвижные формы и наоборот – часто происходит биологическое поглощение фосфорной кислоты. Мобилизация фосфатов почвы происходит благодаря деятельности бактерий кислотообразователей.

Сюда относятся нитрифицирующие микроорганизмы, серобактерии, микроорганизмы выделяющие углекислоту (аммонификаторы), а так же уксусную кислоту, масляную, щавелевую и др.

Эти микробы переводят недоступный для растений фосфор в легкорастворимые фосфорные соединения, увеличивая плодородие почвы.

Под действием кислотообразующих бактерий до 71-72% труднодоступных фосфатов и костной муки переходят в растворимые соли. В стерильных условиях легкорастворимых солей фосфора находится всего 8%.

Физиологически кислые удобрения  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  усиливают растворение фосфатов. Особенно интенсивно идёт процесс мобилизации фосфорной кислоты в присутствии легкорастворимых углеводов.

При расщеплении органических соединений, содержащих фосфор, важная роль принадлежит ферментам - глицерофосфатазе, лецидазе, нуклеазе, фитазе и др. В результате гидролитического распада фосфорорганических соединений освобождается фосфорная кислота, которая быстро связывается основаниями почвы в фосфаты Ca, Mg, Fe. Эти фосфаты не всегда используются растениями, коэффициент их использования составляет 30-40%.

Биологическое поглощение фосфора микроорганизмами (иммобилизация фосфора) широко распространена в почвенных процессах.

Одновалентные и двухвалентные катионы играют важную роль в изменении физико-химического состояния почвы. Значительное содержание  $\text{H}^+$  или  $\text{Na}^+$  резко ухудшает физические свойства почвы, понижают их плодородие.

Плодородие повышается при введении  $\text{Ca}^{++}$ . Недостаток в почве  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$  бывает очень редко, на некоторых почвах. Особенно часто обнаруживается недостаток  $\text{K}$ , особенно при возделывании корнеклубнеплодов, кормовых культур и на лугах, где с урожаем выносятся большое количество калия.

Ход накопления в почве калия имел одинаковую динамику с нитратами. О параллельности накопления  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  и нитратов указывают опыты кафедр земледелия ТСХА. В парах накопление  $\text{Ca}$  шло одинаково с нитратным азотом.

### **1.8 Влияние предшественников на урожайность зерновых культур**

Для получения стабильных урожаев зерновых культур (пшеницы, овса, ячменя) важная роль принадлежит севообороту (И.П. Таланов, 2001, Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.И. Пупонин и др., 2000).

Хорошими предшественниками зерновых культур считаются зернобобовые. Они обогащают почву органическим веществом с высоким содержанием азота. По данным Ульяновского НИИСХ, посев пшеницы после гороха увеличивало урожайность зерна на 4-4,5 ц/га.

В условиях Липецкой области яровая мягкая пшеница лучше развивалась после кормовых бобов, гороха и вики.

Многолетние травы являются наилучшими предшественниками для зерновых культур. Они могут сохранять кальций и магний в почве. Проникая глубоко в подпочву, способны возвращать эти элементы в больших количествах в поверхностные слои почвы (Н.И. Кашеваров, 2000; А.А. Галиуллин, 2008; А.В. Ганькин, Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, 2005; Н.А. Зеленский, А.П. Авдеенко, 2008; Е. Клементова, В. Гейниге, 1995; Н.П. Молчанова, И.В. Чепрасов, А.П. Солодовников, 2008; В.П. Мосолов, 1950).

Исследования, проведенные О.И. Коломиец (2010), показали, что на третий год использования многолетних трав на кормовые цели сумма обменных оснований увеличивалась на южных черноземах до  $23,9 \pm 1,25$  мг-

экв/100 г почвы, т.е. на 0,6 мг-экв/100 г почвы по сравнению со вторым годом и на 1,5 мг-экв/100 г по сравнению с первым годом.

На третий год обменного кальция содержалось 73,2%. Это выше на 1,8%, чем в первый год использования трав.

Многолетние травы в качестве предшественников для яровой пшеницы способны удалять вредные соли из почвы (Б.И. Туктаров, В.М. Попеко, Д.В. Чадин, 2009; В.С. Курсакова, 2005; О.Г. Грамматикати, 1993; Н.А. Иванова, Г.В. Ольгаренко, 1996.).

По мнению некоторых учёных, органические вещества, выделяемые корнями многолетних трав ( аминокислоты, сахара, ферменты и др.), вместе с отмирающими корневыми волосками способствуют образованию гумуса. За вегетационный период их образуется до 10% от массы растительной массы (Е.П. Трепачев, А.Д. Алейникова 1982).

Благоприятные условия для выращивания яровой пшеницы складываются в севооборотах после озимых.

По данным Самарского Научно- исследовательского института сельского хозяйства, урожай яровой пшеницы после кукурузы озимой пшеницы был достоверно одинаковым 21,0 и 20,5 ц/га. Размещение твердой пшеницы в паровом звене с оптимальным удельным весом чистых паров позволяет обеспечить чистоту посевов от сорных растений, уменьшить заболевания пшеницы фузариозом.

Кукуруза на силос, как предшественник пшеницы уступала по урожайности зерна на 0,1 т/га паровым предшественникам из за сильного распространения малолетних сорняков.

Меньшая урожайность твердой пшеницы была после мягкой пшеницы. Снижение наблюдалось соответственно на 0,22 и 0,25 т с 1 га, из за снижения микробиологической активности почвы.

На черноземе Лесостепи Западной Сибири яровая пшеница, возделываемая по пшенице, потребляла наибольшее количество влаги и

интенсивно иссушала почву (А.Н. Власенко, Н.А. Коротких, Н.Г Власенко, 2011)

Итоги изучения роли предшественников для пшеницы показаны в работах многих ученых (А.Ю. Айдиев, 2006; Ф.М. Пруцков, 1982; В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов, 2005; В.Е. Дмитриев, 2005; В.И. Танских, А.К. Тулеева, 2007; А.А. Гаркуша, С.В. Усенко, 2010).

К лучшим предшественникам овса следует отнести озимые хлеба, зернобобовые и пропашные культуры, оборот пласта многолетних трав. Яровые зерновые считаются худшими предшественниками, так как они способствуют поражению корневыми гнилями (Г.А. Баталова, 2000).

По данным Э.Д. Неттевича, А.В. Сергеева, Е.В. Лызлова (1980), лучшими предшественниками овса в условиях достаточного увлажнения являются – многолетние травы, пропашные, зернобобовые и удобренные озимые.

По мнению З.Б. Борисоник (1957) на Кинельской селекционной станции урожайность овса при посеве по гороху равнялась 3,94 т/га, а после яровой пшеницы – 2,17 т/га. На Шадринской опытной станции овёс по гороху дал 1,84 т/га, по овсу – 1,34 т/га, по чине – 1,81 т/га.

Хорошим предшественником для овса считается является клевер луговой, урожайность которого составила 3,9-4,0 т/га (Г.А. Баталовой, Е.Н. Вологжаниной, 2011). Наименьшая урожайность овса сформировалась при возделывании его после озимой пшеницы 3,0-3,1 т/га.

Посев овса после распашки клевера способствовал повышению количества белка в зерне на 2,39% (Г.А. Баталова, 2009).

Урожайность овса по пласту козлятника превышал на 0,43 т/га посеvy овса после черного пара. Урожайность зерна составляла соответственно 4,04 т/га и 3,61 т/га. Это происходит за счет улучшения агрофизических свойств и обеспеченности почвы элементами питания (А.Н. Кшникаткина, А.А. Галиуллина, С.А. Кшникаткин, 2005).

По данным Научно-исследовательского института сельского хозяйства Центральных районов Нечерноземной зоны, урожайность овса увеличилась на

25% при посеве после кормовых бобов, на 18% после вико-овсяной смеси, на 21% при посеве после гороха, по сравнению с яровыми зерновыми культурами (А.С. Митрофанов, К.С. Митрофанова, 1972).

По данным Рамонской опытной станции, урожайность зерна овса при посеве после гороха повысилась на 0,3 т/га, после вики на 0,2 т/га, после клевера - на 0,3 т/га по сравнению с урожаем при посеве после ржи. На Орловской станции овёс дал урожайность зерна после ржи - 2,15 т/га, после люцерны – 2,72 т/га, после эспарцета - 2,47 т/га (А.С. Митрофанов, К.С. Митрофанова, 1972).

По данным З.Б. Борисоника (1957), хорошим предшественником для овса оказался картофель. На Аджамской сельскохозяйственной опытной станции получено после картофеля 2,41 т/га зерна овса, по черному пару - 2,46 т/га.

Для ячменя лучшими предшественниками в степной засушливой зоне считаются зернобобовые, пропашные и озимые культуры, а также пар чистый (В.В. Иванов 2007, В.В. Балашов, Е.Н. Сухарева 2011). Влияние предшественников на урожайность ячменя в Ростовской области изучал И.Н. Лысенко (2012).

Наилучшие условия для формирования агроценоза ячменя в условиях Пензенской области отмечено при возделывании его по пласту козлятника. Полевая всхожесть ячменя при этом была выше, чем при посеве его по обороту пласта, озимой пшенице и чистому пару. Она соответственно составила 85,6%, 85,2; 82,3% и 84,3%.

При возделывании ячменя после козлятника как по пласту так и по обороту пласта развивалась более мощная корневая система, в следствии лучшей обеспеченности ячменя элементами питания и улучшения под ним водно-физических свойств почвы.

По пласту козлятника масса корней ячменя была больше, чем по озимой пшенице на 28,2% и по чистому пару - на 8,7%. Урожайность зерна ячменя по пласту козлятника превышала чистый пар на 0,74 т/га или 15,5%. озимую пшеницу - на 1,53 т/га или 31,9%.

Оборот пласта козлятника уступал пласту на 0,22 т/га или 4,6% (А.А. Галиуллин 2014).

Продуктивная кустистость ячменя по пласту козлятника восточного, повысилась на 9,0 и 11,2% по сравнению с чистым паром и озимой пшеницей. Козлятник как предшественник оздоравливал почву, благоприятно влиял на её фитосанитарное состояние и особенно улучшал водно- физические свойства почвы.

Озернённость одного растения ячменя по пласту козлятника было больше на 10,7%, чем по чистому пару, и на 16,4% чем по озимой пшенице. По обороту пласта продуктивность возросла соответственно на 8,85,0 и 14,3%.

Масса зерна с одного растения ячменя по пласту козлятника была больше на 6,6% чем по чистому пару и на 18,8% больше относительно посевов после озимой пшеницы (А.А. Галиуллин 2014).

В условиях Татарстана хорошими предшественниками для ячменя считаются рапс на маслосемена, горох и картофель с внесением удобрений, рассчитанных на запланированную урожайность (Замайдинов А.А. 2013).

В условиях лесостепи Поволжья высокие урожаи ячменя с хорошим качеством зерна получают при его размещении после гороха и однолетних трав с внесением удобрений (А.А. Замайдинов, М.М. Нафиков, З.А. Саматов 2015).

На Кировоградской государственной сельскохозяйственной опытной станции яровой ячмень формировал наивысшую урожайность при выращивании после сои.

После подсолнечника ячмень снижал урожайность в среднем на 0,62 и 0,52 т/га, или 15,4 и 17,0%, после озимой пшеницы – на 0,31 и 0,39 т/га, или 7,7 и 12,8% (А.Д. Гирька, В.А. Ищенко, О.Г. Андрейченко 2014).

В опытах Замайдинова А.А., Королькова В.А., Нафикова М.М. (2013) на не удобренном фоне ячмень сформировал наивысшую урожайность при посеве его после картофеля, гороха и однолетних трав.



При внесении удобрений наибольшая урожайность ячменя 40,1 - 40,7 ц/га получена при размещении его после гороха, рапса, картофеля и однолетних трав.

Предшествующие культуры для ячменя должны хорошо очищать поле от сорняков не накапливать инфекционного начала, особенно корневой гнили, благоприятно влиять на физические свойства почвы.

## 2. Условия, схема и методика проведения экспериментов

### 2.1 Почвы опытного участка

Исследования проводились на опытном поле Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова Саратовского района Саратовской области на чернозёмах южных среднесуглинистых по гранулометрическому составу, слабогумусированных слабосмытых. Мощность горизонта А – 49 см, реакцияслабощелочная, рН водной вытяжки равняется 7,1–7,2. Сумма обменных оснований составляет 25,5–28,0 мг-экв. на 100 г почвы. Среди поглощенных оснований преобладает обменный кальций (55,2–69,1 %), магний занимает 28,1–34,54 %; натрий - 2,0–2,8 %.

По сухому остатку почвы можно считать незаселёнными. Плотный остаток составляет 0,01–0,02 %. Токсичные соли отсутствуют.

По количеству элементов питания чернозём южный следует считать среднеобеспеченным.

Количество нитратного азота не превышало 21,9–36,0 мг на 1 кг почвы растворимого фосфора  $P_2O_5$  по Мачигину – 33,0–40,0 мг на 1 кг почвы, обменного калия  $K_2O$  по Масловой – 260–300 мг на 1 кг почвы.

В пахотном горизонте плотность почвы колебалась в пределах оптимального значения 1,20–1,30 г/см<sup>3</sup>, в подпахотном увеличилась до 1,36–1,47 г/см<sup>3</sup>.

Влагоёмкость в метровом слое почвы колебалась от 26,3–28,1 %, до 23,7–26,3 % от массы сухой почвы. Глубже метрового слоя изменялась в пределах от 20,0 до 21,8 %.

Влажность устойчивого завядания (ВУЗ) изменялась от 9,3–10,1 до 8,4–9,0 %. Количество агрономически ценных структурных агрегатов равнялось 57–59 %, при водопрочности её – 51,7–52,5 %. Содержание гумуса по Тюрину в верхнем слое почвы изменялось от 3,26 до 3,70 % от массы сухой почвы.

## 2.2 Климат района проведения опыта

Климат района проведения опыта характеризуется как умеренно жаркий и засушливый.

По данным метеостанции города Саратова, самым холодным месяцем года является январь.

Среднемесячная температура воздуха в январе составляет  $-12,0$  °С. Минимальная температура воздуха в отдельные годы снижалась до  $-41,4$  °С.

Самым жарким месяцем считается июль. Среднемесячную температуру воздуха в июле составляет  $21,5$  °С. Максимальная же температура воздуха в этом месяце может подниматься до  $41$  °С.

Амплитуда колебания температуры воздуха составляет  $82,4$  °С (таблица 1).

Таблица 1 – Климатические условия района проведения опыта  
(по метеостанции г. Саратова)

Месяцы	Температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм	Относительная влажность воздуха, %	Сумма испарений с поверхности, мм
	средняя	max	min			
Январь	-12	4,2	-41,4	22	84	4
Февраль	-11,4	4,3	-37,0	21	81	4
Март	-5,7	15,6	-29,1	20	81	9
Апрель	5,3	26,6	-19,4	24	68	49
Май	14,3	32,5	-4,8	37	54	133
Июнь	18,9	38,7	-1,6	50	56	168
Июль	21,5	40,7	6,5	45	55	209
Август	19,5	38,2	4,8	38	57	173
Сентябрь	13,2	36,0	-1,5	37	63	95
Октябрь	5,5	28,3	-13,4	34	71	47
Ноябрь	-2,4	20,0	-30,2	35	83	11
Декабрь	-9,0	7,7	-36,5	28	85	3
За год	4,8	40,7	-41,4	391	70	905

Продолжительность безморозного периода равняется 162 дня. Сумма эффективных температур свыше  $10$  °С достигает  $2500$  °С.

Среднегодовая норма осадков не превышает 391 мм, в том числе за вегетацию выпадает 194 мм. Гидротермический коэффициент равен 0,78.

Запас продуктивной влаги весной в метровом слое не превышал 125–150 мм. Этого количества влаги хватает растениям на небольшой время, так как испарение из почвы достигает 209 мм. В течение вегетации 20–30 дней наблюдаются с суховеями.

### 2.3 Погодные условия в годы проведения опытов

В апреле 2013 года выпало 30,8 мм осадков, что несколько выше нормы. Температура воздуха превышала норму на 3,1°C (Таблица 2).

Таблица 2 – Метеорологические условия 2013 года  
(по метеостанции г. Саратова)

Месяцы	Декады	Средняя температура воздуха, °С		Количество осадков, мм		Относительная влажность воздуха, %	
		Факт.	Норма	Факт.	Норма	Норма	Факт.
Апрель	1	7,6	2,5	12,1	9	73	68
	2	9,3	6,7	0,0	10	65	47
	3	12,1	10,5	18,7	10	58	58
месяц		9,7	6,6	30,8	29		58
Май	1	16,9	12,7	10,6	14	53	48
	2	21,9	15,8	1,2	14	51	39
	3	20,1	16,3	32,2	15	52	59
месяц		19,6	15,0	44,0	43		49
Июнь	1	19,3	17,7	3,7	15	52	54
	2	21,5	19,7	42,4	15	55	56
	3	21,9	20,8	94,9	15	54	66
месяц		20,9	19,4	141,0	45		57
Июль	1	23,2	21,0	1,3	17	56	50
	2	22,1	21,7	4,9	17	56	56
	3	19,0	21,4	31,0	17	55	69
месяц		21,3	21,4	37,2	51		59
Август	1	21,1	21,4	8,8	15	57	65
	2	23,6	19,8	0,0	15	59	54
	3	19,8	18,6	2,3	14	57	52
месяц		21,4	19,9	11,1	44		57

Май 2013 года был средневлажным. Выпало 44 мм вместо 43 мм по норме, средняя температура мая составляла 19,6°C, что на 4,6°C выше нормы.

Июнь был влажным и теплым. Средняя температура воздуха в этом месяце равнялась 20,9°C, что выше средней многолетней величины на 1,5°C. Осадки в июне составили 141 мм, что больше трехмесячных норм.

Средняя температура воздуха июля равнялась 21,3 °С, что практически одинаково с многолетней величиной.

Количество осадков выпало 72 % от нормы. В августе выпало 11,1 мм, что составило всего 25 % многолетней нормы.

Гидротермический коэффициент за вегетацию ячменя равнялся 1,40.

В целом, погодные условия 2013 года были не очень благоприятны для формирования урожая ячменя, так как основное количество осадков выпало в конце июня под налив зерна.

Колос сформировался небольших размеров из за недостатка осадков в апреле (30,8 мм) и в первые две декады мая (11,8 мм)

Начало вегетации 2014 года характеризуется как жаркий и влажный период (таблица 3).

Сумма осадков в апреле равнялась 34,7 мм или 120 % от нормы. Температура воздуха составила 7,4°C, что превышало многолетние данные на 0,8°C. Хорошие запасы влаги в почве способствовали появлению всходов и быстрому развитию ячменя.

Май 2014 года был средневлажным. Средняя температура мая составила 18,9 °С, что на 3,9°C выше нормы. Сумма осадков за май месяц составила 17,9 мм, что было 40,0% от нормы.

Июнь был влажным и жарким. Температура воздуха в июне достигала 19,1°C. Сумма осадков в этом месяце составила 73,5 мм, что соответствует 164 % от многолетней величины.

Июль был засушливым и жарким. В июле средняя температура воздуха достигала 22,2 °С, что близко к средней многолетней величине.

Таблица 3 – Метеорологические условия 2014 года  
(по метеостанции г. Саратова)

Месяцы	Декады	Средняя температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм			Относительная влажность воздуха, %
		Факт.	Норма	$\Delta t$	Факт.	Норма	% от норм.	
Апрель	1	3,3	2,5	0,8	15,3	9	170	56
	2	8,1	6,7	1,4	7,5	10	75	54
	3	10,9	10,5	0,4	11,9	10	119	43
месяц		7,4	6,6	0,8	34,7	29	120	52
Май	1	13,0	12,7	0,3	17,2	14	123	60
	2	21,7	15,8	5,9	0,0	14	0	48
	3	21,7	16,3	5,4	0	15	0	43
месяц		18,9	15,0	3,9	17,2	43	40	50
Июнь	1	22,8	17,7	5,1	27	15	18	37
	2	16,7	19,7	-3,0	57,2	15	381	67
	3	17,9	20,8	-2,9	13,6	15	91	59
месяц		19,1	19,4	-0,3	73,5	45	163	54
Июль	1	21,7	21,0	0,7	10,3	17	61	55
	2	22,9	21,7	1,2	3,6	17	21	45
	3	21,9	21,4	0,5	0,0	17	0	40
месяц		22,2	21,4	0,8	13,9	51	27	47
Август	1	23,6	21,4	2,2	0,7	15	5	54
	2	25,5	19,8	5,7	28,4	15	134	50
	3	20,1	18,6	1,5	5,2	14	37	60
месяц		23,0	19,9	3,1	34,3	44	78	55

Наибольшая температура воздуха поднималась до 40,0°С. Сумма осадков за июль месяц составляла 13,9 мм, что соответствовало 27% от нормы. В августе в третьей декаде выпало– 34,3 мм осадков, что составляло 78 % от многолетней нормы. Гидротермический коэффициент за вегетацию ячменя составил 0,62.

В целом, погодные условия 2014 года были не очень благоприятны для формирования урожая ячменя. Начало вегетации 2015 года характеризуется как жаркий и влажный период (таблица 4).

Сумма осадков в апреле составила 39 мм, что равнялось 134 % от средней многолетней величины. Температура воздуха в апреле превышала среднюю многолетнюю величину на 1,7°C. Высокая температура воздуха и хорошие запасы влаги в почве обеспечили интенсивное появление всходов и хорошее развитие яровых зерновых, в том числе и ячменя. Май 2015 года был средневлажным. Температура мая составила 16,9 °С, что на 1,9°C выше нормы. Сумма осадков достигла 59 мм, что равнялось 136 % нормы.

Таблица 4 – Метеорологические условия 2015 года  
(г. Саратов)

Месяцы	Декады	Средняя температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм			Относительная влажность воздуха, %
		Факт.	Норма	$\Delta t$	Факт.	Норма	% от норм.	
Апрель	1	4,0	2,5	1,5	11	9	123	67,4
	2	9,0	6,7	2,3	10	10	100	50,2
	3	12,0	10,5	1,5	18	10	181	48,4
месяц		8,3	6,6	1,7	39	29	134	55,3
Май	1	14,3	12,7	1,6	41	14	293	57,8
	2	13,1	15,8	-2,7	12	14	86	59,5
	3	23,3	16,3	7,0	6	15	37	42,7
месяц		16,9	15,0	1,9	59	43	136	53,3
Июнь	1	20,7	17,7	3,0	4	15	28	50,0
	2	24,5	19,7	4,8	0,5	15	3	34,9
	3	26,4	20,8	5,6	44	15	293	51,7
месяц		23,8	19,4	4,4	49	45	108	45,5
Июль	1	23,3	21,0	2,3	0,3	17	1,7	51,4
	2	19,7	21,7	-2,0	26	17	155	61,7
	3	22,8	21,4	1,4	4	17	21	57,6
месяц		21,9	21,4	0,5	30,3	51	59	56,9
Август	1	21,9	21,4	0,5	2	15	14	50,3
	2	19,7	19,8	-0,1	3	15	18	52,7
	3	19,3	18,6	0,7	0	14	0	44,7
месяц		20,3	19,9	0,4	5	44	11	49,2
Итого за вегетацию					182,3	212	86	52,0

Июнь отличался влажными и жаркими погодными условиями. Температура воздуха в июне составила 23,8°C, что превышало многолетнюю величину на 4,4°C. Сумма осадков в июне составила 49 мм или 108 % от нормы. Июль был засушливым и жарким. В июле средняя температура воздуха достигала 21,9°C, что близко к средней многолетней величине.

Максимальная температура воздуха поднималась в отдельные дни до 40,0°C. Сумма осадков за июль месяц составляло 30,3 мм или всего 59% от нормы. За август месяц выпало всего 5 мм осадков, что составляло 11 % от многолетней нормы. За каждую декаду августа количество осадков не достигало продуктивного количества (5 мм).

Гидротермический коэффициент за вегетацию ячменя составил 0,87.

В целом, погодные условия 2015 года были не очень благоприятны для формирования урожая ячменя по температурному режиму.

В отдельные дни в мае и июле максимальная температура воздуха достигала 39 -40°C. Это отрицательно влияло на формирование величины колоса.

#### **2.4 Схема опыта с обработкой почвы**

Исследования включали в себя три опыта.

Опыт 1. Изучение влияния основной обработки почвы на агрофизические, агрохимические свойства чернозёма южного и продуктивность ячменя. Схема опыта состояла из 6 вариантов:

1. Глубокое отвальное рыхление на 22-25 см плугом ПЛН - 3 -35 (вспашка).
2. Глубокое отвальное рыхление (вспашка) с приёмами химизации.
3. Осеннее дискование на глубину 10-12 см.
4. Осеннее дискование на глубину 10 -12 см с приёмами химизации.
5. Нулевая обработка почвы (прямой посев).
6. Нулевая обработка (прямой посев) с приёмами химизации.

Опыт 2. Изучалось влияние возделывания ячменя в различных звеньях севооборота при энергосберегающих обработках почвы.



Ячмень высевался в следующих звеньях полевого севооборота:

1. Зерновое звено (яровая пшеница – овес – ячмень).
2. Пропашное звено (кукуруза – овес – ячмень).
3. Травяное звено (люцерна – овёс- ячмень).

В приёмы химизации входило внесение удобрений и обработка посевов гербицидами. В качестве удобрения применялось 40 кг д.в. азота. После уборки предшественника стерня обрабатывалась гербицидом раундап (4-5 л/га), а в фазу кущения ячменя применялся гербицид альянс ( 0,7 л /га).

Опыт 3. Изучалось влияние ростовых веществ на урожайность ячменя гумата калия и реасила в сочетании с азотными удобрениями на различных вариантах по обработки почвы. В фазе кущения и колошения ячменя проводилось двухкратное опрыскивание посевов антистрессовыми препаратами - гуматом калия нормой 4л/га и реасилом - нормой 3л/га.

Площадь делянок 150 м<sup>2</sup>. Расположение делянок рендомизированное. Повторность четырёхкратная.

Ячмень высевалась после овса. При уборке овса солома измельчалась комбайном и равномерно разбрасывалась по полю. Возделывался сорт Нутанс 642. Норма высева ячменя 3,5 млн. всхожих зёрен на 1 гектар. Использовалась сеялка для прямого высева Берегиня АП 421.

### **2.5 Методика проведения полевого опыта в 2013-2015гг.**

Для наблюдений за параметрами поля были использованы методические указания для проведения полевого опыта (А.А. Роде,1970; Б.А. Доспехов, 1987; Б.Д. Кирюшин, 2004,2005; А.Ф. Дружкин, 2013).

В процессе исследований велись определения параметров по следующим методикам:

- влажность почвы – термостатно-весовым методом с отбором проб почвенным буром АМ-16;
- плотность почвы – буром Н.А. Качинского методом режущих колец послойно через 0,1 м до глубины 0,6 м;
- структурность почвы – набором сит сухим рассеиванием;

- степень водопрочности агрономически ценных структурных агрегатов – методом П.И. Андриянова;

- прохождение фенологических фаз – на смежных участках опыта. начало фазы – при вхождении в неё 25% растений, а полная фаза – 75% растений;

- содержание нитратного азота – дисульфифеноловым методом с реактивом Лунге-Грисса;

- содержание доступного фосфора – по Мачигину в модификации ЦИНАО ГОСТ 26205-84;

- количество обменного калия – по Масловой;

- нитрификационная способность чернозёма – по «Методическим указаниям» (М., 1984);

-- обменные основания  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  - согласно МРТУ № 46-15-67;

- обменный натрий – по ГОСТ 26950-86;

- гумус – по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213-84;

- урожайность ячменя – методом пробных снопов с площадок  $0,50 \text{ м}^2$ .

Экспериментальные данные обрабатывались методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов на компьютере по методике Б.А. Доспехова (1985,1987) и А.Ф. Дружкина(2013).

### **3 Изменение водно-физических свойства почвы**

#### **3.1 Плотность почвы в осенний период**

Ячмень высевался в севообороте после овса. При уборке овса солома измельчалась комбайном и вносилась на поверхность почвы.

Обработка способствует интенсивному разрыхлению почвы. После основной осенней обработки почва имеет наименьшую плотность.

Механическая обработка осенью существенно снижала плотность почвы. После проведения осенней основной обработки наблюдалось уплотнение почвы в зависимости от количества выпавших осадков. Сильнее уплотнялась почва во влажную осень, в меньшей степени в сухую. За сентябрь – октябрь 2012 г. выпало 94,8 мм осадков.

Поэтому почва была сравнительно плотной к моменту установления снежного покрова по сравнению с 2013 и 2014 гг, когда за осень выпало 11,2 – 19,8 мм.

Особенно рыхлым осенью был пахотный слой 0-30 см. После вспашки под ячмень в осенний период почва имела плотность в слое 0-0,1 м – 0,87 г/см<sup>3</sup>; в слое 0,1-0,2 м – 1,03 г/см<sup>3</sup>; в слое 0,2-0,3 м – 1,17 г/см<sup>3</sup>.

В нижних подпахотных горизонтах плотность почвы равнялась – 1,38-1,43 г/см<sup>3</sup>, то есть имела равновесную плотность.

Внесение удобрений не влияло на плотность почвы в пахотном слое.

Колебания ее были в пределах 1,02-1,04 г/см<sup>3</sup>, то есть в пределах ошибки опыта (таблица 5).

После осеннего дискования плотность почвы была в слое 0-0,1 м больше, чем на варианте с глубокой обработкой с оборотом пласта на 0,21-0,23 г/см<sup>3</sup> или на 26,4-27,3 %. В слое 0,1-0,2 м плотность почвы возросла до 1,28 г/см<sup>3</sup>. И превосходила вариант с глубоким отвальным рыхлением на 0,23-0,25 г/см<sup>3</sup>, или на 22,8-25,2%.

Таблица 5 – Плотность сложения при обработке почвы под ячмень в осенний период по вариантам в 2012 г., г/см<sup>3</sup>

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	0,87	1,03	1,17	1,38	1,43	1,02	1,41
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	0,88	1,05	1,18	1,38	1,44	1,04	1,41
Осеннее дискование	1,09	1,28	1,36	1,39	1,40	1,24	1,40
Осеннее дискование + приёмы химизации	1,12	1,29	1,38	1,41	1,43	1,26	1,42
Нулевая осенняя обработка	1,17	1,26	1,38	1,39	1,43	1,27	1,41
Нулевая обработка+ приёмы химизации	1,19	1,26	1,40	1,42	1,43	1,28	1,42

В слое 0,2-0,3 м плотность сложения почвы на этом варианте возросла до 1,37-1,38 г/см<sup>3</sup> и мало отличалась от более глубоких подпахотных слоев. В этом слое плотность почвы превышала вариант с глубокой отвальной обработкой на 0,20 г/см<sup>3</sup> или на 16,9-17,1%. В пахотном слое 0-0,3 м разница со вспашкой составила 0,22-0,23 г/см<sup>3</sup> или на 21,1-22,5 %. Следует отметить, что уже в осенний период при осеннем дисковании в слое 0,1-0,2 м плотность уже имела повышенную равновесную величину.

Еще более высокую плотность почва имела при нулевой обработке в слое 0-0,1 м. Она в этом случае равнялась 1,18-1,19 г/см<sup>3</sup>. Это превышало глубокую вспашку на 0,31 г/см<sup>3</sup> или на 35,6% и вариант с дискованием на 0,07-0,08 г/см<sup>3</sup> или на 6,2-7,2%.

В слое 0,1-0,2 м на варианте без обработки почвы плотность была выше, чем при глубокой обработке на 0,21-0,24 г/см<sup>3</sup> или на 20,0-24,3%. В этом слое данный показатель на вариантах с дискованием и нулевой обработке была практически одинаковой.

В слое 0,2-0,3 м после глубокого отвального рыхления (вариант 1 и 2) плотность почвы была ниже, чем на варианте без обработки на 0,22 г/см<sup>3</sup> или на 18,8%. При осеннем дисковании и нулевой обработке в этом слое плотность была практически одинакова. В слое 0-0,3 м этот показатель превышал вспашку на 0,24-0,26 г/см<sup>3</sup> или 23,1-25,5%. Поэтому можно считать, что проникновение осенне-зимней влаги в почву в 2012 г. было интенсивным после вспашки.

Аналогичное изменение плотности почвы после различных обработок отличалось и в 2013 г. в осенний период (таблица 6).

Таблица 6 – Плотность сложения при обработке почвы под ячмень в осенний период в 2013 г., г/см<sup>3</sup>

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	0,81	0,89	1,13	1,36	1,42	0,94	1,39
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	0,83	0,91	1,15	1,38	1,43	0,96	1,40
Осеннее дискование	1,08	1,24	1,37	1,39	1,41	1,23	1,40
Осеннее дискование+ приёмы химизации	1,09	1,25	1,39	1,40	1,42	1,24	1,41
Нулевая обработка	1,16	1,27	1,37	1,41	1,42	1,27	1,41
Нулевая обработка+ приёмы химизации	1,18	1,26	1,38	1,43	1,41	1,27	1,42

После вспашки в слое 0-0,1 м плотность почвы не превышала 0,81-0,83 г/см<sup>3</sup>. Несколько выше отмечалась она в слое 0,1-0,2 м. Здесь величина ее

составляла 0,89-0,91 г/см<sup>3</sup>, что выше, чем в слое 0-0,1 на 0,08 г/см<sup>3</sup>. Сравнительно низкой плотность почвы была в слое 20-30 см. Здесь значение ее превышали верхний слой 0-0,1 м на 0,32 г/см<sup>3</sup>. Подпахотный слой был уплотнен до 1,36-1,42 г/см<sup>3</sup>, то есть до равновесной плотности. В слое 0-0,3 м плотность почвы при глубоком отвальном рыхлении равнялась 0,94-0,96 г/см<sup>3</sup>. Внесение удобрений не изменяло плотность сложения пахотного слоя.

При осеннем дисковании плотность почвы в слое 0-0,1 м превышала варианты со вспашкой на 0,26-0,27 г/см<sup>3</sup> или 31,3-33,3 %. На глубине 0,1-0,2 м это разница с глубокой обработкой равнялось 0,34-0,35 г/см<sup>3</sup> или 37,4-39,3 %. В остальных слоях почвы 0,2-0,3 м, 0,3-0,4 м, 0,4-0,5 м плотность почвы можно считать равновесной. Здесь она колебалась от 1,37 до 1,42 г/см<sup>3</sup>.

В слое 0,2-0,3 м плотность была выше варианта со вспашкой на 0,24 г/см<sup>3</sup> или на 20,8-21,2 %. В слое 0-0,3 м при глубоком отвальном рыхлении плотность сложения почвы в 2013 г. была ниже, чем после осеннего дискования почвы на 0,28-0,29 г/см<sup>3</sup> или на 29,2-30,8%. Нулевая обработка вплоть до осени сохраняла равновесную плотность почвы во всех вариантах, включая и верхний слой 0-0,1 м, где она не превышала 1,16-1,18 г/см<sup>3</sup>. В этом слое плотность превышала вспашку на 0,33-0,35 г/см<sup>3</sup> или на 42,2-43,2% и превышала минимальную обработку почвы на 0,08-0,09 г/см<sup>3</sup> ли на 7,4-8,3%.

В слое 0,1-0,2 м на варианте без обработки плотность сложения почвы увеличилась, по сравнению с глубоким отвальным рыхлением на 0,35-0,38 г/см<sup>3</sup> или на 38,5-42,7%. Существенное различие этого показателя было и в слое 0,2-0,3 м. Здесь при нулевой обработке она превышала вариант с глубокой обработкой на 0,23-0,24 г/см<sup>3</sup> или на 20,0-21,2%.

Без обработки почвы во всех слоях кроме верхнего 0-0,1 м плотность была практически одинакова с вариантом осеннего дискования.

В слое 0-0,3 м этот показатель был выше на варианте с прямым посевом на 0,31-0,33 г/см<sup>3</sup> или на 28,7-32,3%, чем на варианте с глубоким отвальным рыхлением.

Плотность в этом слое после дискования и после нулевой обработки можно считать одинаковой.

Таким образом, после вспашки в осенней период почва была значительно рыхлее, чем после ресурсосберегающих обработок.

Осенью 2014 г. после глубокого отвального рыхления в слое 0-0,1 м плотность сложения почвы не превышала 0,80-0,81 г/см<sup>3</sup> (таблица 7).

Таблица 7 – Плотность сложения при обработке почвы в осенний период по вариантам опыта в 2014 г., г/см<sup>3</sup>

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	0,80	1,03	1,15	1,40	1,43	0,99	1,41
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	0,81	1,05	1,16	1,42	1,42	1,00	1,42
Осеннее дискование	1,01	1,25	1,38	1,41	1,43	1,21	1,42
Осеннее дискование+ приёмы химизации	1,02	1,24	1,39	1,40	1,42	1,22	1,41
Нулевая обработка	1,18	1,25	1,38	1,43	1,44	1,27	1,43
Нулевая обработка+ приёмы химизации	1,19	1,27	1,39	1,42	1,43	1,28	1,42

На глубине 0,1-0,2 м она равнялась 1,03-1,05 г/см<sup>3</sup>, а в слое 0,2-0,3 м – 1,15-1,7 г/см<sup>3</sup>. В глубоких горизонтах отмечалось равновесная плотность – 1,40-1,43 г/см<sup>3</sup>. В слое 0-0,3 м этот показатель не превышал 0,99-1,00 г/см<sup>3</sup>. Внесение удобрений не влияло на показатель сложения пахотного слоя.

При осеннем дисковании разрыхление почвы отмечалось только в слое 0-0,1 м. Здесь плотность составляла 1,01-1,02 г/см<sup>3</sup>. Это на 0,21 г/см<sup>3</sup> или 26,2-

25,9% больше, чем при глубоком отвальном рыхлении. В остальных нижних слоях при осеннем дисковании показатель плотности почвы был близок к равновесному.

В слое 0,1-0,2 м этот параметр превышал вариант с глубоким отвальным рыхлением на 0,19-0,22 г/см<sup>3</sup> или на 18,0-21,4%. В слое 0,2-0,3 м эти показатели отличались на 0,23 г/см<sup>3</sup> или на 19,8-20,0%. В подпахотном слое плотность сложения почвы была близка к равновесной и не различалась по всем вариантам опыта.

На глубине 0-0,3 см плотность почвы при осеннем дисковании превосходила вариант с глубоким отвальным рыхлением на 0,22 г/см<sup>3</sup> или на 22,0-22,2%.

Еще более высокая плотность почвы в осенний период 2014 г. в слое 0-0,1 м отмечалась при нулевой обработке. Здесь она равнялась 1,18-1,19 г/см<sup>3</sup>, что больше, чем при глубоком отвальном рыхлении на 0,38 г/см<sup>3</sup> или 46,9-47,5%.

По сравнению с осенним дискованием в этом случае плотность сложения почвы увеличилась на 0,17 г/см<sup>3</sup> или на 16,7-16,8 %. В остальных нижележащих слоях: 0,1-0,2 м, 0,2-0,3 м сложение почвы при нулевой обработке превосходило вариант с глубоким рыхлением на 0,21-0,22 г/см<sup>3</sup> или на 20,9-21,4% и было одинаковым с вариантом при осеннем дисковании.

В пахотном слое 0-0,3 м без обработки сложение почвы была больше, чем при глубоком отвальном рыхлении на 0,28 г/см<sup>3</sup> или 28,0-28,3% и больше, чем при осеннем дисковании дисковой бороной – на 0,06 г/см<sup>3</sup> или 4,9%. Наиболее рыхлая почва перед уходом в зиму была почва после вспашки.

В среднем за годы проведения опытов при глубоком отвальном рыхлении лемешным плугом (вспашке) в слое 0-0,1 м плотность почвы была не выше 0,83-0,84 г/см<sup>3</sup>; на глубине 0,1-0,2 м – 1,02-1,04 г/см<sup>3</sup>; на глубине 0,2-0,3 м – 1,15-1,16 г/см<sup>3</sup>. В нижних глубоких горизонтах отмечалась равновесная плотность равная 1,38-1,43 г/см<sup>3</sup> (таблица 8).



Таблица 8 – Плотность сложения после обработки почвы в осенний период по вариантам опыта в среднем за 2012-2014 гг., г/см<sup>3</sup>

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	0,83	1,02	1,15	1,38	1,43	0,98	1,40
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	0,84	1,04	1,16	1,39	1,43	1,01	1,41
Осеннее дискование	1,06	1,26	1,36	1,40	1,42	1,23	1,41
Осеннее дискование+ приёмы химизации	1,08	1,26	1,39	1,40	1,42	1,24	1,41
Нулевая обработка	1,17	1,27	1,38	1,41	1,43	1,27	1,42
Нулевая обработка+ приёмы химизации	1,19	1,26	1,39	1,42	1,42	1,28	1,42

$$НСР_{05}=0,036 \quad F_{\phi}=145,268 \quad F_{T}=3,11$$

При осеннем дисковании дисковой бороной в слое 0-0,1 м плотность сложения почвы составляла 1,06-1,08 г/см<sup>3</sup>. Это больше, чем при глубоком отвальном рыхлении лемешным плугом на 0,23-0,24 г/см<sup>3</sup> или на 27,7-28,6%. На глубине 0,1-0,2 м это различие составило 0,22-0,24 г/см<sup>3</sup> или 21,1-23,5%. В слое 20-30 см разница в плотности почвы между этими вариантами равнялась 0,21-0,24 г/см<sup>3</sup> или 18,3-19,8%. Начиная со слоя 20-30 см и глубже почва имела равновесную плотность, которая колебалась в пределах 1,36-1,43 г/см<sup>3</sup>. В слое 0-0,3 м плотность сложения при осеннем дисковании была выше, чем при глубоком отвальном рыхлении лемешным плугом в осенний период в среднем за годы исследований (2012-2014 гг.) на 0,23 г/см<sup>3</sup> или на 23,0-23,8%. На варианте без обработки почвы (прямой посев) в слое 0-0,1 м в среднем за три года проведения опытов после основной обработки сложение почвы была выше, чем после вспашки на 0,34 г/см<sup>3</sup> или 40,9-41,7%; на глубине 0,1-0,2 м разница равнялась 0,22-0,25 г/см<sup>3</sup> или 21,1-24,5 %; на глубине 0,2-0,3 м – 0,23 г/см<sup>3</sup> или 19,8-20,0%. В пахотном слое различие между этими вариантами статистически достоверно и не превышало 0,27 г/см<sup>3</sup> или на 26,7-27,0%.

В подпахотном слое плотность почвы при нулевой обработке не отличалась от остальных вариантов.

Таким образом, в среднем за годы исследований в осенний период, предшествующий посеву ячменя, плотность сложения почвы в слое 0-0,3 м была меньше при глубоком отвальном рыхлении на 23-27%, чем после осеннего дискования и нулевой обработки почвы.

### 3.2 Плотность сложения почвы весной перед посевом ячменя

Перед посевом ячменя в 2013 г. в слое 0-0,1 м сложение почвы по вариантам опыта выровнялась и составила 1,19-1,22 г/см<sup>3</sup>; на глубине 0,1-0,2 м – 1,25 – 1,28 г/см<sup>3</sup>, и в слое 0,2 – 0,3 м -1,29-1,34 г/см<sup>3</sup> (таблица 9).

Таблица 9 – Плотность почвы перед посевом ячменя в 2013 г., г/см<sup>3</sup>

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	1,19	1,26	1,29	1,36	1,43	1,25	1,40
Глубокое отвальное рыхление+приёмы химизации	1,20	1,25	1,30	1,37	1,40	1,25	1,38
Осеннее дискование	1,18	1,27	1,29	1,38	1,43	1,24	1,40
Осеннее дискование+приёмы химизации	1,19	1,28	1,31	1,35	1,42	1,26	1,39
Нулевая обработка	1,22	1,27	1,29	1,34	1,44	1,26	1,39
Нулевая обработка+приёмы химизации	1,21	1,26	1,34	1,35	1,45	1,27	1,40

Коэффициенты вариации равнялись соответственно 1,2; 0,8 и 1,5%, то есть были незначительные.

В 2013 г. в верхнем слое 0-0,1 м различие опытных вариантов с энергосберегающей обработкой по сравнению с глубоким рыхлением не превышало 1,6-2,5%; на глубине 0,1-0,2 м – 1,6-2,4%. Можно отметить, что плотность почвы весной была на всех вариантах опыта одинаковой  $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$ . Различие можно считать в пределах ошибки опыта.

В 2014 засушливом году почва за зиму уплотнилась в меньшей степени и разница по вариантам несколько возросла. В верхнем слое 0-0,1 м плотность сложения почвы колебалась в пределах 1,14-1,20 г/см<sup>3</sup>, на глубине 0,1-0,2 г/см<sup>3</sup>

– 1,17-1,23 г/см<sup>3</sup>; а на глубине 0,2-0,3 м – в пределах 1,26 – 1,28 г/см<sup>3</sup> (таблица 10).

Таблица 10 – Плотность сложения почвы перед посевом ячменя  
в 2014 г., г/см<sup>3</sup>

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	1,14	1,17	1,26	1,42	1,42	1,19	1,39
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	1,15	1,16	1,28	1,38	1,43	1,20	1,40
Осеннее дискование	1,18	1,19	1,28	1,38	1,42	1,21	1,40
Осеннее дискование+ приёмы химизации	1,19	1,20	1,28	1,39	1,40	1,22	1,41
Нулевая обработка	1,20	1,22	1,27	1,38	1,41	1,23	1,40
Нулевая обработка+ приёмы химизации	1,20	1,23	1,28	1,38	1,43	1,24	1,41

Коэффициенты вариации плотности возросли и составили 2,2; 2,4 и 1,0%. Величина их оставалась соответственно незначительной. В 2014 году в верхнем слое 0-0,1 м различие вариантов с ресурсосберегающей обработкой по сравнению с глубоким рыхлением лемешным плугом (вспашка) равнялась 3,5-5,2%, на глубине 0,1-0,2 м – 3,4-6,0%; на глубине 0,2-0,3 м – 0,8-1,6%.

В верхних слоях 0-10 и 10-20 см прослеживалась тенденция снижения плотности почвы и весной перед посевом ячменя. Хотя и для этих слоев  $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$ .

В 2015 г. сравнительно влажном году различие плотности почвы по вариантам было незначительным, меньше, чем в предыдущем году.

В слое 0-0,1 м плотность почвы после вспашки колебалась от 1,15 до 1,16 г/см<sup>3</sup>; на глубине 0,1-0,2 м – от 1,17 до 1,18 г/см<sup>3</sup>; а в нижнем слое 0,2-0,3 м – от 1,27 до 1,28 г/см<sup>3</sup> (таблица 11).

Таблица 11 – Плотность сложения почвы перед посевом ячменя  
в 2015 г., г/см<sup>3</sup>

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое рыхление	1,15	1,18	1,28	1,42	1,44	1,20	1,43
Глубокое рыхление+ приёмы химизации	1,16	1,19	1,27	1,43	1,45	1,21	1,44
Осеннее дискование	1,18	1,22	1,30	1,44	1,46	1,23	1,45
Осеннее дискование+ приёмы химизации	1,17	1,23	1,31	1,43	1,44	1,24	1,43
Нулевая обработка	1,18	1,22	1,31	1,42	1,46	1,23	1,44
Нулевая обработка+ приёмы химизации	1,19	1,23	1,30	1,44	1,45	1,24	1,45

Различие опытных вариантов не превышало по сравнению со вспашкой 0,02-0,04 г/см<sup>3</sup> или 1,7-3,4%.

Коэффициенты вариации были также незначительны и колебались в пределах 1,1-2,1%.

Различие плотности сложения почвы при осеннем дисковании было больше, чем при глубоком отвальном рыхлении лемешным плугом и составляло в верхнем слое 0-0,1 м – 0,8-2,6 %, а на глубине 0,1-0,2 м – 0,8-2,5%. При нулевой обработке сложение почвы было выше, чем после глубокого рыхления с оборотом пласта на 0,03-0,04 г/см<sup>3</sup> или 2,5-4,6%.

В среднем за годы исследований (2013-2015 гг.) в слое 0-0,1 м сложение почвы перед посевом ячменя колебалась после вспашки от 1,16 до 1,17 г/см<sup>3</sup>; после осеннего дискования и на варианте без обработки – от 1,18 до 1,20 г/см<sup>3</sup>. В слое 0,1-0,2 м это изменение было в пределах 1,20-1,22 и 1,23-1,24 г/см<sup>3</sup> (таблица 12).

Таблица 12 – Плотность сложения почвы перед посевом ячменя в среднем за 2013-2015 гг., г/см<sup>3</sup>

Варианты опыта	Слой почвы, см						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	1,16	1,22	1,28	1,38	1,43	1,22	1,41
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	1,17	1,20	1,28	1,39	1,42	1,22	1,40
Осеннее дискование	1,18	1,23	1,29	1,40	1,43	1,23	1,42
Осеннее дискование+ приёмы химизации	1,18	1,24	1,30	1,39	1,42	1,24	1,41
Нулевая обработка	1,20	1,24	1,31	1,38	1,44	1,25	1,41
Нулевая обработка+ приёмы химизации	1,20	1,24	1,30	1,39	1,44	1,25	1,42

$$HCP_{05}=0,016 \quad F_{\phi}=8,027 \quad F_T=3,11$$

В более глубоком горизонте 0,2-0,3 м плотность изменялась по вариантам от 1,28 до 1,31 г/см<sup>3</sup>.

В пахотном слое 0-0,3 м плотность сложения почвы после глубокого отвального рыхления составляла 1,22 г/см<sup>3</sup>, при осеннем дисковании - 1,24 г/см<sup>3</sup>, а при нулевой обработке (прямой посев) – 1,25 г/см<sup>3</sup>.

В подпахотных слоях колебания плотности почвы были также в пределах ошибки опыта.

Таким образом, весной, даже в острозасушливые годы плотность почвы практически не различалась по различным обработкам.

### 3.3 Общая пористость почвы в осенний период

В осенний период 2012 года на варианте с глубоким отвальным рыхлением (вспашка) общая пористость почвы в верхнем слое 0-0,1 м составляла 67,5%. На глубине 0,1-0,2 м её значения равнялись 61,9%, в нижележащем слое 0,2-0,3 м пористость равнялась 56,7%. В пахотном слое 0-0,3 м она не превышала 62,1% (таблица 13).

Таблица 13 – Общая пористость почвы после основной обработки под ячмень в осенний период в 2012 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	67,5	61,9	56,7	48,9	47,1	62,0	48,0
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	67,4	61,1	56,3	48,8	46,7	61,5	47,7
Осеннее дискование	60,3	52,7	49,3	48,2	47,5	54,1	47,8
Осеннее дискование+ приёмы химизации	59,5	52,8	48,9	47,8	47,1	53,7	47,5
Нулевая обработка	56,3	53,0	48,5	48,2	46,7	52,6	47,5
Нулевая обработка+ приёмы химизации	56,2	53,4	48,2	47,5	47,1	52,7	47,4

На варианте с осенним дискованием на обычном фоне без удобрений и гербицидов общая пористость почвы была меньше, чем после вспашки соответственно по слоям на 7,2%; 9,2%; 7,4% и 7,9%. При нулевой обработке пористость почвы уменьшилась на 11,2; 8,9; 8,2 и 9,4% по сравнению с вариантом со вспашкой. Внесение удобрений и гербицидов не привело к увеличению общей пористости почвы в осенний период 2012 г.

В подпахотном слое 0,3-0,5 м общая пористость почвы на всех вариантах была практически одинакова. Различие по вариантам составляло не более 0,2-0,6%. В слое 0,3-0,4 м это различие равнялось 0,7-1,4%; в слое 0,4-0,5 м – 0,4%.

В 2013 г. отмечено в осенний период такое же изменение пористости по слоям и вариантам (таблица 14).

Таблица 14 – Пористость почвы после основной осенней обработки почвы под ячмень в 2013 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	70,1	67,1	58,2	49,6	47,4	65,2	48,5
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	69,3	66,3	57,5	48,9	47,1	64,5	48,0
Осеннее дискование	60,1	54,1	49,3	49,3	48,5	54,5	48,9
Осеннее дискование+ приёмы химизации	59,7	53,7	48,8	48,2	47,4	54,1	47,8
Нулевая обработка	57,1	53,0	49,3	47,8	47,5	53,1	47,7
Нулевая обработка+ приёмы химизации	56,3	53,5	48,9	47,1	47,8	53,0	47,5

В верхнем слое 0-0,1 м на фоновом варианте с глубоким отвальным рыхлением (вспашкой) пористость составила 70,1%; на глубине 0,1-0,2 м – не менее 67,1%. На глубине 0,2-0,3 м она снизилась до 58,2%, а в пахотном слое 0-0,3 м – до 65,2%.

При осеннем дисковании общая пористость почвы уменьшилась в верхнем слое 0-0,1 м на 10,0%, по сравнению с глубокой отвальной обработкой лемешным плугом.

На глубине 0,1-0,2 м она снизилась на 13,0%, а на глубине – 0,2-0,3 м – на 8,9%. В пахотном слое 0-0,3 м различие со вспашкой не превышало 10,7%.

На варианте без обработки почвы (нулевая обработка) в осенний период общая пористость почвы была меньше, чем после глубокого отвального рыхления (вспашка) соответственно по слоям на 13,0%; 14,1%; 8,9% и 12,1%.

Внесение удобрений и обработка посевов гербицидами не изменили пористость почвы. В слое 0,3-0,5 м общая пористость была практически одинакова и изменялась в пределах ошибки опыта на 0,5-1,0%.

В слое 0,3-0,4 м это различие составляло 0,7-2,5%; в слое 0,4-0,5 м – 0,1-1,0%. Как и в предыдущем 2012 г. в осенний период 2013 г. пористость почвы на варианте с глубоким отвальным рыхлением была существенно больше, чем на вариантах с ресурсосберегающими обработками.

В 2014 г. общая пористость почвы при глубоком отвальном рыхлении была заметно больше, чем на вариантах с ресурсосберегающей обработкой (таблица 15).

После вспашки общая пористость почвы в среднезасушливом году 2014 г. в верхнем слое 0-0,1 м равнялась 70,4%.

На глубине 0,1-0,2 м она снизилась до 62,0%; на глубине 0,2-0,3 м – до 57,4%. В пахотном слое 0-0,3 м – величина её достигала 63,3%.

На фоновом варианте с осенним дискованием почвы пористость снижалась в слое 0-10 см на 7,8%; в слое 10-20 см – на 8,3%; на глубине 20-30 см – на 8,5%; в слое 0-30 см – на 8,2%.

На фоновом варианте с нулевой обработкой почвы различие этого показателя со вспашкой равнялась соответственно по слоям 14,1%; 8,3%; 8,5% и 10,3%. Внесение удобрений и обработка посевов гербицидами в 2014 г. не изменила пористость почвы в осенний период, как и в предыдущие годы. На глубине 0,3-0,5 м разница по вариантам с обработкой почвы составляла 0,4-0,9%.



Таблица 15 – Общая пористость осенью после основной обработки почвы под ячмень в 2014 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	70,4	62,0	57,4	48,2	47,0	63,3	47,6
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	70,1	61,2	57,3	47,4	47,3	62,9	47,4
Осеннее дискование	62,6	53,7	48,9	47,8	47,1	55,1	47,5
Осеннее дискование+ приёмы химизации	62,2	54,1	48,5	48,2	47,4	54,9	47,8
Нулевая обработка	56,3	53,7	48,9	47,1	46,7	53,0	46,9
Нулевая обработка+ приёмы химизации	55,9	53,0	48,5	47,4	47,1	52,5	47,3

В среднем за годы исследований (2012-2014 гг). в осенний период на фоне варианте без внесения удобрений и без обработки посевов гербицидами при глубоком отвальном рыхлении общая пористость почвы равнялась в верхнем слое 0-0,1 м 69,3% (таблица 16).

На глубине 0,1-0,2 м она не превышала 63,7%, а на глубине 0,2-0,3 м – 57,4%. В пахотном слое 0-0,3 м величина её не снижалась менее 63,5%.

На таком же варианте при минимальной обработке почвы в среднем за 2012 – 2014 гг. пористость была меньше, чем на варианте с глубоким отвальным рыхлением лемешным плугом соответственно по слоям: 8,3%; 10,2%; 8,2% и 8,9%.

При нулевой обработке почвы различие с глубоким отвальным рыхлением было в верхнем слое 0-0,1 м 12,7%. На глубине 0,1-0,2 м оно

равнялось 10,5%; в более глубоких слоях 0,2-0,3 м – 8,5%. В пахотном слое 0-0,3 м пористость между вариантами со вспашкой и нулевой обработкой составляла 10,6%.

Таблица 16 – Общая пористость почвы после осенней основной обработки под ячмень в среднем за 2012-2014 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, см						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	69,3	63,7	57,4	48,9	47,1	63,5	48,0
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	68,9	62,9	57,0	48,4	47,0	62,9	47,7
Осеннее дискование	61,0	53,5	49,2	48,4	47,7	54,6	48,0
Осеннее дискование+ приёмы химизации	60,5	53,5	48,7	48,1	47,3	54,2	47,7
Нулевая обработка	56,6	53,2	48,9	47,7	46,9	52,9	47,3
Нулевая обработка+ приёмы химизации	56,4	53,1	48,7	47,6	47,2	52,7	47,4

$$HCP_{05}=1,448 \quad F_{\phi}=119,458 \quad F_T=3,11$$

В среднем за годы исследований общая пористость на варианте без обработки почвы была меньше, чем при осеннем дисковании: в верхнем слое 0-0,1 м на 4,4%; в среднем слое 0,1-0,2 м – на 0,3%; на глубине 0,2-0,3 м – на 0,3%. В пахотном слое это различие равнялось 1,7%. Существенное различие между этими вариантами можно считать только в верхнем слое 0-0,1 м.

В среднем за 2012 -2014 гг. в осенний период общая пористость почвы при вспашке была существенно выше, чем после энергосберегающей обработки.

### 3.4 Общая пористость чернозёма весной перед посевом ячменя

Весной в 2013 г. различие в пористости почвы практически не было. В слое 0-0,1 м колебание пористости отмечено в пределах 54,8-56,0%.

Коэффициент вариации при этом составлял всего 0,9% (таблица 17).

Таблица 17 – Общая пористость почвы перед посевом ячменя в 2013 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	56,0	53,3	52,2	49,6	47,1	53,8	48,4
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	55,6	53,8	51,9	49,3	48,2	53,7	48,8
Осеннее дискование	56,3	53,0	52,2	48,9	47,0	55,8	48,0
Осеннее дискование+ приёмы химизации	56,0	52,6	51,5	50,1	47,4	53,4	48,7
Нулевая обработка	54,8	53,0	52,2	50,4	46,7	53,3	48,5
Нулевая обработка+ приёмы химизации	55,2	53,4	50,4	50,1	46,3	53,0	48,2

В слое 0,1-0,2 м изменение по вариантам пористости составляло в пределах 52,6-53,8%. Коэффициент вариации равнялся 0,8%, то есть был также незначительным.

Аналогичное изменение было и в слое 0,2-0,3 м. Здесь колебание пористости по обработкам равнялось 50,4-52,2%. Коэффициент вариации не превышал 1,4%. В слое 0-0,3 м изменение общей пористости в 2013 г. отмечено в пределах 53,0-53,8%. Коэффициент вариации равнялся 0,4%.

Незначительный коэффициент вариации позволяет считать общую пористость почвы по всем вариантам опыта практически одинаковой.

В засушливом 2014 г. весной перед посевом ячменя благодаря зимним осадкам общая пористость в слое 0-0,1 м не превышала по вариантам 55,5-57,8% (таблица 18).

Таблица 18 – Общая пористость чернозёма весной  
в 2014 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, см						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	57,8	56,7	53,4	49,3	47,2	56,0	48,3
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	57,4	57,1	52,6	48,9	47,0	55,7	48,0
Осеннее дискование	56,4	56,0	52,7	48,8	47,4	55,0	48,2
Осеннее дискование+ приёмы химизации	56,1	55,6	52,5	48,5	48,2	54,8	47,4
Нулевая обработка	55,6	54,9	53,0	48,9	47,8	54,5	48,3
Нулевая обработка+ приёмы химизации	55,5	54,4	52,6	49,0	47,1	54,2	48,1

Разница по обработкам почвы составила 1,9-2,2%. Коэффициент вариации не превышал 1,6%. В слое 0,1-0,2 м пористость изменялась от 54,4 до 57,1%. Различия по обработкам почвы не превышали 1,8-2,3%. Коэффициент вариации 0,7%. Варьирование общей пористости по вариантам с обработками почвы было очень незначительным, его можно считать в пределах ошибки опыта. Однако во всех слоях между вспашкой и нулевой обработкой в этом

году можно предположить наличие тенденции в увеличение пористости после вспашки. Различие между этими вариантами составляло 1,8-2,8%.

В слое 0-0,3 м колебания пористости наблюдалось в пределах 54,2-56,0%. Различие вспашки и варианта с нулевой обработкой равнялось 1,5%, то есть было незначительным.

В 2015 г. весной пористость в верхнем слое 0-0,1 м изменялась по обработкам почвы в пределах 56,0 - 57,4%. Разница по вариантам не превышала 0,7-1,4%. Коэффициент вариации 0,9% (таблица 19).

Таблица 19 – Общая пористость почвы весной перед посевом ячменя в 2015 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	57,4	54,8	52,5	47,5	46,7	54,9	47,1
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	57,1	56,0	53,0	47,1	46,3	55,4	46,7
Осеннее дискование	56,5	54,9	51,9	47,0	46,3	54,5	46,6
Осеннее дискование+ приёмы химизации	56,7	54,5	51,5	47,2	46,7	54,2	47,0
Нулевая обработка	56,4	54,8	51,6	47,4	46,0	54,3	46,7
Нулевая обработка+ приёмы химизации	56,0	54,5	51,9	46,7	46,3	54,1	46,5

В слое 0,1-0,2 м пористость весной перед посевом колебалась по вариантам от 54,5 до 56,0%. Различие составило - 0,3-1,5%. Коэффициент вариации - 1,0%.

В слое 0,2-0,3 м пористость почвы снизилась до 51,5-53,0%. Различие по вариантам не превышало 0,4-1,5%. Коэффициент вариации был незначительным и равнялся 1,1%. Незначительный коэффициент вариации

позволяет предположить, что пористость почвы по вариантам была в пределах ошибки измерений.

В слое 0-0,3 м изменение по вариантам общей пористости почвы составляло 0,2 – 1,3%. Пористость почвы варьировала в пределах от 54,1 до 55,4 %.

Как и в предыдущие годы, пористость по вариантам в 2015 г. можно считать практически одинаковой.

В среднем за годы проведения опыта пористость почвы по вариантам изменялась в очень незначительных пределах (таблица 20).

Таблица 20 – Общая пористость почвы весной перед посевом ячменя в среднем за 2013-2015 гг., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	57,1	54,9	52,7	48,8	47,0	54,9	47,9
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	56,7	55,6	52,5	48,4	47,2	54,9	47,8
Осеннее дискование	56,4	54,6	52,2	48,2	46,9	54,4	47,6
Осеннее дискование+ приёмы химизации	56,2	54,2	51,9	48,6	47,4	54,1	48,0
Нулевая обработка	55,6	54,2	52,3	48,9	46,8	54,0	47,8
Нулевая обработка+ приёмы химизации	55,5	54,1	51,6	48,6	46,6	53,8	47,6

$$HCP_{05}=0,501 \quad F_{\phi}=8,978 \quad F_{T}=3,11$$

В слое 0-10 см она колебалась от 55,5 до 57,1%; в слое 10-20 см от 54,1 до 55,6%; на глубине 20-30 см от 51,6 до 52,7%. Различие составляло по слоям почвы не более чем на 1,1-1,6%.

Следовательно, обработка почвы интенсивно разрыхляла почву в осенний период особенно на варианте с глубоким отвальным рыхлением. К посеву ячменя почвы уплотнялась весенними талыми водами. Различие плотности и пористости по вариантам заметно сглаживалась.

### 3.5 Пористость аэрации

Интенсивно изменялась под действием обработки почвы и пористость аэрации в осенний период по всем годам исследований

В 2012 г. в осенний период пористость аэрации после вспашки в слое 0-10 см равнялась 39,4-39,8%. На варианте с осенним дискованием она уменьшилась до 31,4-32,2%; при нулевой осенней обработкой она равнялась 28,0-28,3%. Различие со вспашкой составляло соответственно 7,0-7,6 и 11,4-11,8% (таблица 21).

Таблица 21 – Пористость аэрации после основной обработки почвы под посев ячменя в осенний период 2012 г., % от общего объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, см						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	39,4	35,5	30,4	22,8	22,2	35,1	22,5
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	39,8	34,7	30,1	22,6	21,0	34,9	21,8
Осеннее дискование	32,2	26,3	23,0	22,1	21,5	27,1	21,8
Осеннее дискование+ приёмы химизации	31,4	26,0	22,6	21,7	20,5	26,7	21,1
Нулевая обработка	28,2	26,6	22,2	22,0	20,1	25,7	21,0
Нулевая обработка+ приёмы химизации	28,0	27,4	21,9	21,8	20,9	25,8	21,4

На глубине 0,1-0,2 м разница с глубоким отвальным рыхлением равнялось в первом случае 8,7-9,2% и во втором – 7,3-8,9%, с колебаниями на первом варианте в пределах 34,7-35,5%; на втором в пределах 26,0-26,3%; на третьем в пределах 26,6-27,4%.

На глубине 0,2-0,3 м пористость аэрации уменьшалась после вспашки по сравнению с верхними слоями на 9,0-9,7% и составила 30,1-30,4%. При осеннем дисковании пористость аэрации снизилась на 8,8-9,2%. При нулевой

обработке различие с верхним слоем 0-10 см уменьшилась на 6,0-6,1%. В этом случае она не превышала 21,9-22,2%.

В слое 0-0,3 м пористость аэрации составила после вспашки 35,1-34,9%; после минимальной обработки – 26,7-27,1%; после нулевой – 25,7-25,8%. В этом слое различие вариантов с обработками почвы было существенным. На вариантах с ресурсосберегающими обработками она составила по сравнению с глубоким отвальным рыхлением 8,0-8,2% и 9,1-9,4%. Коэффициент вариации пористости аэрации в осенний период 2013 г. изменялся по слоям почвы в пределах 15,1-15,8%

Внесение удобрений не влияло на величину пористости аэрации.

В 2013 г. в слое 0-10 см пористость аэрации в почве на вариантах со вспашкой равнялась в осенний период 41,2-41,9% (таблица 22).

Таблица 22 – Пористость аэрации после основной обработки почвы под посев ячменя в осенний период 2013 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	41,9	40,7	31,9	23,5	21,3	37,8	22,4
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	41,2	40,1	31,2	22,8	21,0	37,5	21,9
Осеннее дискование	32,0	27,7	23,0	23,1	23,0	27,6	23,1
Осеннее дискование+ приёмы химизации	31,6	27,3	22,5	22,1	22,0	27,1	22,1
Нулевая обработка	29,0	26,6	23,0	21,7	21,1	26,2	21,4
Нулевая обработка+ приёмы химизации	28,2	25,4	22,6	21,0	20,9	25,4	21,0



При осеннем дисковании она составляла – 31,6-31,9% или на 9,6-9,9% меньше. При нулевой осенней обработке различие возросло до 12,9-13,0%.

В слое 0,1-0,2 м на вариантах с глубоким отвальным рыхлением пористость аэрации снизилась по сравнению с верхним слоем до 40,1-40,7% после осеннего дискования до 27,3-27,7%; при нулевой обработке – до 25,4-26,6%. После вспашки этот показатель был выше, чем после ресурсосберегающих обработок на 12,8-13,0 и 14,1-14,7%.

На глубине 0,2-0,3 м это различие уменьшилось до 8,7-8,9% и 8,6-8,9%. В слое 0-0,3 м разница пористости аэрации на варианте с глубоким отвальным рыхлением и после ресурсосберегающих обработок не превышала 10,2-10,4% и 11,6-12,1%.

В нижележащих горизонтах пористость аэрации по вариантам с различными обработками почвы практически не различалась.

Более высокая пористость аэрации в осенний период после вспашки в 2013 г. создавала благоприятные условия для проникновения воды в глубокие горизонты почвы.

Осенью в 2014 г. после вспашки в верхнем слое 0-10 см пористость аэрации равнялась 42,0-42,3% (таблица 23).

На варианте с осенним дискованием пористость аэрации в этом году уменьшилась по сравнению с глубоким отвальным рыхлением на 7,8-7,9%, а на варианте без обработки почвы - на 14,1-14,2%.

В слое 0,1-0,2 м различие по обработкам почвы уменьшилась до 7,1-8,3% и 8,2-8,3%. На глубине 20-30 см эта разница также сгладилась по сравнению с верхним слоем и составляла 8,5-8,8%.

В слое 0-0,3 м после вспашки пористость аэрации равнялась 35,9-36,3%. На варианте с осенним дискованием она снизилась на 7,9-8,2%, а при нулевой обработке - на 10,3-10,4%. Также как и в предыдущие годы, пористость аэрации была выше при глубоком отвальном рыхлении.

Таблица 23 – Пористость аэрации после основной обработки почвы под посев ячменя в осенний период 2014 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	42,3	35,6	31,1	22,1	20,9	36,3	21,5
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	42,0	34,8	31,0	21,3	21,1	35,9	21,2
Осеннее дискование	34,5	27,3	22,6	22,0	21,7	28,1	21,8
Осеннее дискование+ приёмы химизации	34,1	27,7	22,2	22,1	22,2	28,0	22,2
Нулевая обработка	28,2	27,3	22,6	22,8	21,2	26,0	21,9
Нулевая обработка+ приёмы химизации	27,8	26,6	22,2	22,0	21,3	25,5	21,7

В среднем за годы проведения опытов (2012-2014 гг.) в осенний период пористость аэрации после глубокого отвального рыхления лемешным плугом в слое 0-0,1 м равнялась 41,0-41,2%, после осеннего мелкого дискования (поверхностная обработка) – 32,6-32,9%; без осенней обработки (прямой посев) – 28,0-28,5% (таблица 24).

На вариантах с ресурсосберегающими обработками пористость аэрации в этом слое снизилась на 8,3-8,4% и 12,7-13,0%.

В слое 0,1-0,2 м это снижение равнялось соответственно 9,5-11,8% и 10,0-10,5%. На глубине 0,2-0,3 м после вспашки пористость аэрации снизилась по сравнению с верхним слоем на 10,2-11,1%; после осеннего дискования– на 10,0 – 10,2%, без обработки – на 5,8%. Более стабильной она была на варианте с нулевой обработкой (без обработки).

Таблица 24 – Пористость аэрации после основной обработки почвы под посев ячменя в осенний период в среднем за 2012-2014 гг., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	41,2	37,3	31,1	22,8	21,5	36,5	22,1
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	41,0	36,5	30,8	22,2	21,0	36,1	21,6
Осеннее дискование	32,9	25,5	22,7	22,4	22,1	27,0	22,3
Осеннее дискование+ приёмы химизации	32,6	27,0	22,6	22,0	21,6	27,4	21,8
Нулевая обработка	28,5	26,8	22,7	22,1	20,8	26,0	21,4
Нулевая обработка+ приёмы химизации	28,0	26,5	22,2	21,6	21,0	25,6	21,3

$$HCP_{05}=1,289 \quad F_{\phi}=153,215 \quad F_{T}=3,11$$

В слое 0-0,3 м различия пористости аэрации на вариантах с глубоким отвальным рыхлением и на вариантах с ресурсосберегающими обработками равнялись 8,7-9,5% и 10,5%. В слоях глубже 0,3 м пористость аэрации была практически одинакова и не превышала 20,8-22,4%.

Пред посевом ячменя весной пористость аэрации в 2013 г. в слое 0-10 см не превышала 27,5-27,9% (таблица 25).

После осеннего дискования почвы она составляла 27,8-28,0%, а без осенней обработки – 26,3-27,1%. Различие с вариантом со вспашкой равнялось 0,1-0,3% и 0,8-1,2%. Коэффициент вариации весенней пористости аэрации по вариантам опыта составлял для верхнего слоя 0-0,1 м – 1,6%. Различие пористости аэрации по обработкам почвы было в пределах ошибки измерений.

Таблица 25 – Пористость аэрации почвы весной перед посевом ячменя в 2013 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	27,9	26,9	25,9	23,5	21,1	26,9	22,3
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	27,5	27,4	25,6	23,2	22,1	26,8	22,6
Осеннее дискование	28,0	26,0	25,9	26,1	22,8	26,5	24,4
Осеннее дискование+ приёмы химизации	27,8	26,2	25,2	24,0	23,7	26,4	23,8
Нулевая обработка	26,3	26,0	25,9	24,3	20,7	26,0	22,3
Нулевая обработка+ приёмы химизации	27,1	27,0	24,1	24,0	20,2	26,1	22,1

В слое 0,1-0,2 м различие весенней пористости аэрации опытных вариантов со вспашкой составляло сравнительно малую величину 0,9-1,2% и 0,4-0,9%

Коэффициент вариации пористости аэрации в этом слое по вариантам опыта был также незначителен – 2,2%. На глубине 0,2-0,3 м весенняя пористость аэрации после вспашки составляла 25,6-25,9%; после осеннего дискования почвы– 25,2-25,9%; без обработки (нулевая обработка) – 24,1-25,9%. Различие с глубоким отвальным рыхлением равнялось 0,4 и 1,5%. Коэффициент вариации по вариантам составлял 3,3%. В более глубоких слоях различия по вариантам было также незначительными. В слое 0-0,3 м различие пористости аэрации вариантов с энергосберегающими обработкам и со вспашкой равнялись 0,2-0,4% и 0,7-0,9%, что меньше ошибки опыта.

В 2014 г. засушливом году пористость аэрации была выше по сравнению с 2013 г. В слое 0-0,1 м она равнялась на варианте с глубоким отвальным рыхлением 30,7-30,9%; после осеннего дискования – 28,2-29,9%; на варианте с прямым посевом – 27,3-27,7% (таблица 26).

Различие с глубоким отвальным рыхлением составляло 1,0-2,5% и 3,2-3,4%. Коэффициент вариации 4,9%. Видимо даже при заметном различии пористости аэрации по вариантам ее можно считать одинаковой.

В слое 0,1-0,2 м различия опытных вариантов с традиционной вспашкой составляли 1,3-2,0% и 3,1-3,3%. Коэффициент вариации составлял по вариантам опыта 4,7%.

Таблица 26 - Пористость аэрации чернозёма перед посевом ячменя в 2014 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	30,7	30,3	27,1	23,1	21,1	29,4	22,1
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	30,9	30,0	25,3	22,8	20,9	28,6	21,8
Осеннее дискование	29,9	29,0	26,2	22,7	21,3	28,3	22,0
Осеннее дискование+ приёмы химизации	28,2	28,0	26,0	22,3	22,0	27,4	22,1
Нулевая обработка	27,7	27,0	26,7	22,7	21,7	27,1	22,2
Нулевая обработка+ приёмы химизации	27,3	27,2	26,0	22,8	21,0	26,8	21,9

На глубине 0,2-0,3 м различие ресурсосберегающих опытных вариантов с глубоким отвальным рыхлением равнялось 0,9-1,3% и 0,3-0,7 %.

Коэффициент вариации не превышал 2,1%. В слое 0-0,3 м весенняя пористость аэрации при глубоком отвальном рыхлении равнялась 28,6-29,4%; после осеннего дискования - 27,4-28,3%, без обработки почвы – 26,8-27,1%. Различие с глубоким отвальным рыхлением лемешным плугом было в пределах ошибки опыта 1,1-1,2% и 1,8-2,3%. В более глубоких горизонтах пористость аэрации по вариантам была одинакова. Различие не превышало 0,1-0,7%.

Несмотря на незначительные различия по вариантам опыта, можно предположить, что в сухой год намечается тенденция повышения аэрации почвы после вспашки.

В 2015 г. весной перед посевом ячменя в слое 0-0,1 см после вспашки пористость аэрации составила 29,0-29,3%. На варианте с осенним дискованием она не превысила 28,4-28,7%, а без обработки – 27,7-28,3%.

Различие с глубоким отвальным рыхлением не превышало 0,6-0,7 и 1,0-1,3%. Коэффициент вариации этого параметра равнялся 2,0% (таблица 27).

В слое 10-20 см различие вариантов с энергосберегающей обработкой со вспашкой равнялось соответственно – 0,1-0,5%.

Коэффициент вариации пористости аэрации по вариантам опыта не превышал 0,8%. На глубине 0,2-0,3 м пористость аэрации соответственно по вариантам равнялась 26,2-26,7%; 25,6-25,1% и 25,0-25,4%.

Различие опытных вариантов со вспашкой равнялось 0,6-1,6% и 1,2-1,3%. В более глубоких горизонтах пористость аэрации в 2015 г. не превышала 20,4-21,1%.

Коэффициент вариации - 1,9%. Во всех случаях НСР<sub>05</sub> больше различия по вариантам со вспашкой, следовательно, различие в пористости аэрации по вариантам не отмечено. В слое 0-0,3 м различие опытных вариантов с глубокой отвальной обработкой не превышало 0,5-0,6 и 0,8-0,9%.

Таблица 27 –Пористость аэрации почвы весной перед посевом ячменя в 2015 г., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	29,3	28,4	26,2	21,4	20,3	28,0	20,9
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	29,0	28,0	26,7	21,1	20,1	27,8	20,6
Осеннее дискование	28,4	28,5	25,6	21,9	20,3	27,5	21,1
Осеннее дискование+ приёмы химизации	28,7	28,0	25,1	21,1	20,6	27,2	20,8
Нулевая обработка	28,3	28,1	25,0	21,4	19,9	27,1	20,6
Нулевая обработка+ приёмы химизации	27,7	28,0	25,4	20,6	20,2	27,0	20,4

В среднем за годы проведения опытов (2013 - 2015гг.) в слое 0-0,1 м после глубокого отвального рыхления пористость аэрации не превышала весной 29,1-29,3%.

При ресурсосберегающих обработках она уменьшилась до 28,2-28,7 и 27,3-27,4%.

Различие с глубоким отвальным рыхлением составляло 0,6-0,9 и 0,8-0,9% (таблица 28).

В среднем слое 0,1-0,2 м различие не превышало 0,3-0,8 % и 0,5-1,5%. На глубине 0,2-0,3 м разница этих показателей равнялась 0,5-0,8% и 0,5-1,0%.

Таблица 28 - Пористость аэрации почвы перед посевом ячменя в среднем за 2013-2015 гг., % от объема почвы

Варианты опыта	Слой почвы, м						
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0-0,3	0,3-0,5
Глубокое отвальное рыхление	29,3	28,5	26,4	22,7	20,8	28,1	21,8
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	29,1	28,2	26,2	22,3	21,0	27,8	21,6
Осеннее дискование	28,7	27,8	25,9	23,6	21,5	27,5	22,5
Осеннее дискование+ приёмы химизации	28,2	27,4	25,4	22,5	22,1	27,0	22,3
Нулевая обработка	27,4	27,0	25,9	22,8	20,7	26,8	21,8
Нулевая обработка+ приёмы химизации	27,3	27,7	25,2	22,5	20,5	26,7	21,5

$$HCP_{05}=0,674 \quad F_{\phi}=7,421 \quad F_T=3,11$$

Незначительное различие перед посевом ячменя позволяет считать пористость аэрации почвы одинаковой во всех горизонтах по вариантам опыта. Аналогичная картина отмечена в слое 0-30 см и в более глубоких горизонтах.

### 3.6 Капиллярная пористость

Проникновение влаги в почву идет не только по крупным порам, но и по капиллярам. По теории влагопереноса поступление воды в глубокие слои зависит от общего суммарного количества капилляров. В этом случае используется понятие влагопроводности, то есть ненасыщенную гидравлическую проводимость. Коэффициент влагопроводности не является постоянной величиной, а изменяется с изменением давления почвенной влаги, которая зависит от влажности почвы (от капиллярно-сорбционной его составляющей).



За осенне-зимний и весенний периоды при высокой влажности почвы большую значение в фильтрации влаги в глубокие горизонты имеет капиллярная пористость. Капилляры, насыщенные влагой хорошо проводят воду вниз по профилю почвы (Е.В. Шеин, В.М. Гончаров, 2006). Движение влаги в насыщенной почве описывается законом Анри Дарси:

$$q_w = Q/St, \text{ где}$$

$q_w$ - поток влаги, см/сутки;

$Q$ - количество воды, мм;

$S$ - сечение, см<sup>2</sup>;

$t$ -время, сутки.

Снижение площади водопроводящих путей уменьшает способность почвы проводить поток влаги. Площадь водопроводящих путей зависит от капиллярной пористости и от влажности почвы.

В модифицированном законе Анри Дарси коэффициент пропорциональности является не коэффициентом фильтрации, а коэффициентом влагопроводности.

Формула А. Дарси для фильтрации воды в почву  $g_w = k_f \frac{\Delta h}{l}$ , где  $k_f$  – коэффициент фильтрации,  $\frac{\Delta h}{l}$  – гидравлический градиент, то есть отношение гидравлического напора к длине.

Модифицированная формула А. Дарси:  $g_w = K_{вл} (k_{кап} - 1)$ ,  $K_{вл}$  – коэффициент влагопроводности;  $k_{кап}$  – капиллярно-сорбционное давление;  $z$  – расстояние. Гравитационное давление равно 1. Осмотическим давлением пренебрегаем. Для движения влаги в почве не насыщенной водой используется модифицированная формула Дарси:

$$g_w = K_{вл} P (dP/dZ - 1), \text{ где } K_{вл} - \text{коэффициент влагопроводности};$$

$P$  – капиллярно сорбционное давление;  $Z$  – расстояние.

Гравитационное давление равно 1. Осмотическим давлением пренебрегаем.

Тогда для расчета движения воды в почве используют формулу:

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{d}{dz} K_{вл} (P_{кап} - Z), \text{ где } \theta - \text{влажность почвы в процентах к объему почвы,}$$

$P_{\text{кап}}$  – капиллярно-сорбционное давление, которое зависит от многих факторов, в том числе и от количества капилляров или капиллярной влагоемкости.

Следовательно, капиллярная пористость имеет важное значение в фильтрации воды в почву. Определение капиллярной пористости показало, что наибольшей она была на вариантах с энергосберегающей технологией обработки почвы (таблица 29).

В слое 0-0,1 см после вспашки в 2013 г. весной она не превышала 24,4-24,7%. При осеннем дисковании этот показатель был выше, чем после глубокого отвального рыхления на 0,1-0,4%, при нулевой обработке (прямой посев) - на 1,1-2,3%. В слое 0,1-0,2 м на варианте с глубоким отвальным рыхлением капиллярная пористость равнялась 22,6-23,7%; при осеннем дисковании – 25,2-25,3%, при нулевой обработке (прямой посев) – 26,4-28,0%.

Таблица 29 – Изменение капиллярной пористости почвы весной по вариантам опыта в 2013 г., %

Слой почвы, м	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование + приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-0,1	24,7	24,4	24,3	24,4	25,8	27,0
0,1-0,2	22,6	23,7	25,3	25,2	26,4	28,0
0,2-0,3	20,3	20,7	29,2	29,0	29,2	27,8
0,3-0,4	26,1	26,5	26,8	28,0	28,7	29,1
0,4-0,5	25,7	26,1	26,0	25,4	25,6	25,4
0-0,3	22,5	22,9	26,3	26,2	27,1	28,0
0,3-0,5	23,8	24,3	26,4	26,7	27,0	27,3

При ресурсосберегающей обработке почвы капиллярная пористость была выше, чем при глубоком отвальном рыхлении на 1,6-2,6% и 3,8-4,3%. С глубиной это различие сглаживается.

На глубине 0,2-0,3 м после вспашки капиллярная пористость возросла до 20,3-20,7%, хотя и оставалась ниже, чем при энергосберегающих обработках почвы на 8,3-8,9% и 7,1-8,9%.

В слое 0-0,3 м капиллярная пористость почвы при глубоком отвальном рыхлении было меньше, чем на вариантах с энергосберегающими обработками на 3,3-3,8 и 4,6-5,1%. В слоях ниже пахотного горизонта капиллярную пористость по вариантам опыта можно считать практически одинаковой. Различия со вспашкой на глубине 30-60 см были всего 2,4-2,6% и 2,9-3,2%.

В 2014 г. капиллярная пористость в слое 0-0,1 м на вариантах с глубоким отвальным рыхлением не превышала 25,4-25,5%. После осеннего дискования капиллярная пористость была ниже на 3,4-4,6%, без обработки почвы - выше на 1,9% и 2,3%. В слое 0,1-0,2 м этот параметр возрос до 21,6-22,3% (таблица 30).

Таблица 30 – Изменение капиллярной пористости почвы весной по вариантам опыта в 2014 г., %

Слой почвы, м	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование + приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-0,1	25,5	25,4	21,9	22,0	27,4	27,7
0,1-0,2	21,1	22,3	28,7	27,9	27,6	27,8
0,2-0,3	22,3	21,6	30,1	30,4	30,4	30,4
0,3-0,4	27,2	27,6	26,8	26,4	26,1	27,0
0,4-0,5	26,3	25,9	25,7	26,0	26,6	25,8
0-0,3	23,0	23,1	26,9	26,7	28,5	28,6
0,3-0,5	26,7	26,8	26,3	26,2	26,3	26,4
0-50	24,5	24,6	26,6	26,8	27,6	27,7

После осеннего дискования различие с глубоким отвальным рыхлением равнялось 5,6-7,6%, после нулевой обработки почвы (прямой посев) – 5,5-6,5%.

На глубине 0,2-0,3 м разница со вспашкой составила 7,8-8,8% и 8,1-8,8%.

В слое 0-30 см разница со вспашкой экспериментальных вариантов была 3,6-3,9 и 5,4-5,5%.

В глубоких горизонтах капиллярная пористость по всем обработкам почвы была практически одинакова.

Различие по вариантам не превышало на глубине 0,3-0,5 м 0,4-0,6%.

В 2015 г. капиллярная пористость в почве весной на варианте со вспашкой практически не отличалась от вариантов с энергосберегающей технологией.

В слое 0-0,1 м капиллярная пористость по вариантам колебалась от 28,0 до 28,8%. Варьирование пористости аэрации по вариантам обработки почвы не превышали 0,1-0,7% (таблица 31).

Таблица 31 - Изменение капиллярной пористости почвы весной по вариантам опыта в 2015 г., %

Слой почвы, см	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование + приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-0,1	28,1	28,0	28,8	28,0	28,1	28,3
0,1-0,2	26,4	26,8	26,4	26,5	26,8	26,5
0,2-0,3	26,3	26,3	26,2	26,4	26,6	26,5
0,3-0,4	26,1	26,4	25,1	26,1	26,0	26,1
0,4-0,5	26,4	26,2	25,7	26,2	26,1	26,0
0-0,3	26,9	27,0	27,1	26,9	27,2	27,1
0,3-0,5	26,2	26,3	25,4	26,1	26,0	26,1
0-50	26,7	26,8	26,4	26,5	26,7	26,6

Коэффициент вариации составлял 1,1%. В слое 0,1-0,2 м различия опытных вариантов с глубоким отвальным рыхлением равнялись 0,1-0,4%. Коэффициент вариации капиллярной пористости по вариантам составлял 0,7%.

В слое 0-0,3 м превышение опытных вариантов над вариантом со вспашкой равнялось 0,1-0,3%. В 2015 г. в отличие от предыдущих капиллярная пористость по всем вариантам была одинакова.

Различие со вспашкой не превышало существенной разницы.

За годы исследований (2013 - 2015гг.) капиллярная пористость в верхнем слое 0-0,1 м на вариантах с глубоким отвальным рыхлением была несколько выше, чем на варианте с осенним дискованием почвы, и ниже, чем при нулевой обработке почвы на 1,0-1,8% (таблица 32).

Таблица 32 – Капиллярная пористость в почве весной по вариантам опыта в среднем за 2013-2015 гг.,%

Слой почвы, м	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование + приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-0,1	26,1	25,9	25,0	24,8	27,1	27,7
0,1-0,2	23,7	24,3	26,8	26,5	26,9	27,4
0,2-0,3	22,9	22,8	28,5	28,6	28,7	28,2
0,3-0,4	26,5	26,8	26,2	26,8	26,9	27,4
0,4-0,5	26,1	26,0	25,8	25,9	26,1	25,7
0-0,3	25,4	24,3	26,8	26,6	27,6	27,8
0,3-0,5	25,1	25,2	26,0	26,4	26,5	26,6
0-50	23,0	23,1	26,5	26,6	27,1	27,3

$HCp_{05}=2,374$   $F_{\phi}=4,145$   $F_r=3,11$

Различие ресурсосберегающих обработок почвы с глубоким отвальным рыхлением было 2,1-2,9%. В слое 0,1-0,2 м разница по вариантам со вспашкой была соответственно 2,1-3,1% и 3,1-3,2%.

На глубине 0,2-0,3 м на энергосберегающих обработках капиллярная пористость превышала вариант с глубоким отвальным рыхлением на 5,6-5,8% и 5,4-5,8%. В нижележащих слоях это различие уменьшалось и не превышало 0,3-0,6% и 0,2-0,4 %.

За годы исследований (2013-2015 гг.) капиллярная пористость в слое 0-0,3 м после ресурсосберегающей обработки почвы была выше, чем при глубоком отвальном рыхлении (вспашки) на 1,4-2,3 и 2,2-2,4%.

Следовательно, можно предположить, что интенсивность влагопроводности была наибольшей при ресурсосберегающих обработках почвы.

Внесение удобрений и гербицидов не влияло на капиллярную пористость почв.

### **3.7 Структура почвы**

Структура почвы важный показатель плодородия. После вспашки структурность почвы составляла 63,8-61,3% (таблица 33). Коэффициент структурности не превышал 1,58-1,76 единиц. Глыбистая фракция более 10 мм составляла 28,3-29,4%. Пылеватая фракция менее 0,25 мм не превышала 7,9-9,3%. Мелкая фракция агрономически ценной структуры (менее 3 мм) составляла 27,9%, а крупная (более 3 мм) - 33,7%-35,9.

При осеннем дисковании под ячменем количество агрономически ценных агрегатов было 74,7-71,2%. Это превышало вариант с глубоким отвальным рыхлением на 9,9- 10,9 %. Наблюдалось увеличение коэффициента структурности до 2,47-2,95. Пылеватая фракция при этом уменьшилась до 1,1-3,5%, а глыбистая – на 4,1%.

Количество мелкой фракции агрономически ценных структурных агрегатов при осеннем дисковании составляло 33,6%, а крупных фракций – 38,6-41,1%.

Увеличение более крупных фракций на 10,7-13,2% подтверждает более интенсивное структурообразование при осеннем дисковании по сравнению с глубоким отвальным рыхлением.

Наиболее сильно возросло количество агрономически ценных структурных агрегатов при нулевой обработке почвы. Их число увеличилось до 73,2 и 76,0%. Это превышало, вариант с глубоким отвальным рыхлением на 12,2-12,9% и осеннее дискование на 1,3-2,0%.

Количество пылеватой фракции снизилось до 1,0-2,2% или на 6,9-7,1% по сравнению с глубоким отвальным рыхлением. В этом случае коэффициент структурности увеличивался до 2,73-3,17 или на 72,8-80,1% по сравнению с глубоким отвальным рыхлением (вспашка). Отмечено также снижение глыбистых фракций до 23,0-24,6% или на 4,8-5,3%.

Количество мелких фракций (0,25-3,00 мм) равнялось 35,0-36,2%, а крупных 38,2-39,8%. Увеличение крупных фракций (3-10 мм) указывает на более интенсивное структурообразование по сравнению с вариантом со вспашкой.

Степень водопрочности структуры почвы в слое 0-30 см под ячмень в 2013 г. при осеннем дисковании была больше на 3,4-5,1% по сравнению с глубоким отвальным рыхлением (вспашка).

Таблица 33 – Изменение агрономически ценных структурных агрегатов под ячменем по обработкам почвы в среднем за 2013-2015 гг., %

Варианты опыта	Размер структурных агрегатов, мм										
	>10	7-10	5-7	3-5	2-3	1-2	0,5-1	0,25-0,50	<0,25	0,25—10,0	Кст
Глубокое отвальное рыхление	28,3	12,5	11,3	12,1	10,6	10,1	5,1	2,1	7,9	63,8	1,76
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	29,4	11,5	11,2	11,0	9,1	10,2	5,2	3,1	9,3	61,3	1,58
Осеннее дискование	24,2	18,0	11,5	11,6	11,0	9,0	8,6	5,0	1,1	74,7	2,95
Осеннее дискование+ приёмы химизации	25,3	17,0	11,5	10,1	10,0	8,5	8,6	5,5	3,5	71,2	2,47
Нулевая обработка	23,0	14,6	12,6	12,6	16,3	9,6	6,8	3,5	1,0	76,0	3,17
Нулевая обработка+ приёмы химизации	24,6	14,3	12,3	11,6	16,1	9,1	6,4	3,4	2,2	73,2	2,73



При нулевой обработке почвы это различие возросло до 5,7-67% (таблица 34). В 2014 г. водопрочность структурных агрегатов при энергосберегающих обработках почвы увеличилась по сравнению с глубоким отвальным рыхлением на 6,5-6,9% и 7,5-8,5%. В 2015 г. различие в количестве агрономически ценных агрегатов при ресурсосберегающей технологии превышало вспашку на 8,2-8,8% и 9,7-10,1%. За 2013 -2015 гг. среднем превышение составило 6,2-6,8% и 7,9-8,1%.

Таблица 34 – Степень водопрочности структуры почвы под ячменём  
в среднем за 2013-2015 гг., %

Варианты опыта	Годы исследований			
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	в среднем за 2013-2015 г
Глубокое отвальное рыхление	27,0	26,7	25,1	26,3
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	25,8	24,8	23,7	25,1
Осеннее дискование	32,1	33,2	33,9	33,1
Осеннее дискование+ приёмы химизации	30,2	31,7	31,9	31,3
Нулевая обработка	33,7	34,2	34,8	34,2
Нулевая обработка+ приёмы химизации	32,5	33,3	33,8	33,2

Водопрочность структурных агрегатов выше при энергосберегающих обработках почвы. На варианте с глубоким отвальным рыхлением водопрочность структурных агрегатов снизилась на 1,9-2,1%. При осеннем дисковании она увеличивалась на 1,7-1,8%., а при нулевой обработке - на 1,1-1,3%. Водопрочность структурных агрегатов при менее интенсивной обработке – возрастает. Об улучшении структуры почвы при снижении интенсивности обработки указывает увеличение фракций более 3мм.

## 4. Водный режим почвы

### 4.1 Влажность почвы

Водно-физические свойства почвы в значительной степени определяют водный режим в посевах сельскохозяйственных культур.

Плотность почвы, пористость и пористость аэрации тесно связаны с водопроницаемостью почвогрунта, особенно в осенне-зимний период, а капиллярная влагоемкость - с водопроницаемостью (фильтрацией).

Большое значение в накоплении влаги имеют не только крупные поры, но и капилляры, по которым осуществляется влагоперенос в глубоких слоях почвы. Определение капиллярной пористости в почве во многом поясняет формирование запасов влаги в почве, особенно при нулевой обработке

В 2013 средневлажном году весной влажность почвы перед посевом ячменя в слое 0-50 см была практически одинакова по всем вариантам опыта. Различие энергосберегающей обработки почвы со вспашкой составляли всего 0,5-1,8%.

На глубине второго полуметра почва при глубоком отвальном рыхлении была влажнее, чем на вариантах с осенним дискованием на 3,5-4,8% и при нулевой обработке почвы - на 1,9 – 2,2% (таблица 35).

Видимо на глубине 50-100 см при вспашке влажность почвы формировалась, главным образом, за счет водопроницаемости, которая была выше на варианте с глубоким отвальным рыхлением.

При нулевой обработке (прямой посев) отмечена тенденция увеличения влажности почвы по сравнению с осенним дискованием за счет большей водопроницаемости.

Аналогичное явление было и в слое 0-100 см. здесь после вспашки влажность почвы превышала минимальную обработку на 1,9-2,4%, а нулевую – 0,1-0,7%. На варианте с нулевой обработкой влажность почвы была выше, чем после осеннего дискования.

Таблица 35 – Изменение влажности почвы перед посевом ячменя в зависимости от обработки почвы в 2013 г., % от абсолютно сухой почвы

Слои почвы, см	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование+ приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-10	18,8	19,5	19,1	19,7	20,5	19,6
10-20	20,6	21,0	19,9	21,2	21,0	21,0
20-30	23,2	23,1	20,3	21,7	22,1	21,6
30-40	25,0	24,7	21,8	22,9	26,6	25,2
40-50	23,7	22,9	21,2	23,0	24,4	24,0
50-60	22,6	23,0	19,9	20,1	23,3	23,1
60-70	22,0	22,7	18,7	19,0	23,0	21,9
70-80	22,5	22,1	17,0	18,7	19,0	18,7
80-90	22,1	22,2	15,1	17,3	18,1	18,0
90-100	19,6	20,0	14,1	17,6	16,0	17,1
0-50	22,3	22,2	20,5	21,7	22,9	22,2
50-100	21,8	22,0	17,0	18,5	19,9	19,8
0-100	22,1	22,1	18,7	20,2	21,4	22,0

В 2014 засушливом году влажность почвы в слое 0-50 см после глубокого отвального рыхления (вспашка) перед посевом ячменя превосходила ресурсосберегающие обработки на 1,6-2,2 и на 1,6-2,65%.

Во втором полуметре это различие возросло до 2,4-3,0% и 1,4-1,6% (таблица 36). Различие во влажности почвы по вариантам опыта с осенним дискованием и нулевой обработкой не отмечено. В сухие годы влажность почвы к весне формируется в основном за счет водопроницаемости.

Таблица 36 Изменение влажности почвы перед посевом ячменя в зависимости от обработки почвы в 2014 г., % от абсолютно сухой почвы

Слои почвы, см	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование+ приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-10	20,8	19,0	21,6	20,7	22,6	22,9
10-20	20,9	20,1	21,9	21,8	22,9	20,9
20-30	21,5	24,0	23,3	23,8	23,2	21,6
30-40	24,3	22,9	20,3	20,4	21,5	18,7
40-50	23,6	22,6	13,2	13,9	16,4	16,9
50-60	21,6	21,1	12,9	12,0	15,9	16,9
60-70	18,2	18,9	15,7	15,8	15,7	14,9
70-80	17,2	16,8	16,2	17,2	16,7	16,9
80-90	17,7	16,7	16,8	17,3	17,9	17,8
90-100	17,2	18,9	18,4	15,2	18,9	18,1
0-50	22,3	21,7	20,1	20,1	19,7	20,2
50-100	18,4	18,5	16,0	15,5	17,0	16,9
0-100	20,4	20,1	18,0	17,8	18,4	18,5

После вспашки в метровом слое почвы весной влажность почвы была выше, чем после ресурсосберегающих технологий обработки на 2,3-2,4% и 1,6-2,0%. Различие между минимальной и нулевой обработкой было незначительным и составляло 0,4-0,7%. Внесение минеральных удобрений и гербицидов не влияло в нашем случае на влажность почвы.

В 2015 году различие по вариантам с разной обработкой почвы заметно сгладилось (таблица 37).

Таблица 37 – Изменение влажности почвы перед посевом ячменя в зависимости от обработки почвы в 2014 г., % от абсолютно сухой почвы

Слои почвы, см	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	Осеннее дискование	осеннее дискование + приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-10	24,2	23,9	23,8	23,1	24,1	23,9
10-20	26,7	25,9	23,5	22,9	23,4	23,6
20-30	23,1	23,7	23,4	22,5	21,7	22,0
30-40	22,4	22,7	22,0	21,9	21,1	21,5
40-50	21,2	22,0	22,1	21,7	19,2	20,4
50-60	21,6	21,9	21,5	21,5	19,5	19,8
60-70	19,3	20,2	17,3	18,9	18,7	18,8
70-80	18,2	19,1	16,4	17,1	18,1	18,0
80-90	18,0	18,7	15,5	16,5	17,8	17,9
90-100	17,9	18,0	15,8	15,0	15,5	16,6
0-50	23,5	23,6	23,0	22,4	21,9	22,2
50-100	19,0	19,6	17,3	17,8	17,9	18,1
0-100	21,3	21,6	20,2	20,1	19,9	20,1

В слое 0-50 см различие со вспашкой энергосберегающей обработки почвы не превышало 0,5-1,2% и 1,4-1,6%. Это меньше чем в предыдущие более сухие годы. Во втором полуметре различие во влажности между вариантами не превышало 1,7-1,8% и 1,1-1,5%. Это также было меньше, чем в предыдущие годы. В метровом слое влажность почвы при глубоком отвальном рыхлении (вспашка) превышала осеннее дискование на 1,1-1,5 %, а нулевую обработку – на 1,4-1,6%. Видимо во влажные годы роль водопроницаемости в формировании влажности почвы возрастает.

В среднем за 2013 -2015 гг влажность почвы весной в первом полуметре после глубокого отвального рыхления превышала варианты с ресурсосберегающими обработками на 1,1-1,6% и 0,7-1,2%. Во втором полуметре эта разница не превышала 2,7-3,0% и 1,5-2,0% (таблица 38).

Таблица 38 – Изменение влажности почвы перед посевом ячменя в зависимости от обработки почвы в среднем за 2013-2015 гг., % от абсолютно сухой почвы

Слои почвы, см	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование+ приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-10	21,3	20,8	21,5	21,1	22,4	22,1
10-20	22,7	22,3	21,9	21,8	22,3	21,8
20-30	22,6	23,6	22,3	22,6	22,3	21,7
30-40	23,9	23,4	21,4	21,7	23,0	21,8
40-50	22,8	22,5	18,8	19,5	20,0	19,4
50-60	21,9	22,0	18,1	17,9	19,6	18,4
60-70	19,8	20,6	16,9	17,8	19,2	18,5
70-80	19,3	19,4	16,5	17,6	17,9	17,9
80-90	19,2	19,2	15,8	17,0	17,9	17,8
90-100	18,2	19,0	16,1	15,9	16,8	17,2
0-50	22,7	22,5	21,1	21,4	22,0	21,3
50-100	19,7	20,0	16,7	17,3	18,2	18,0
0-100	21,2	21,3	18,9	19,4	20,1	19,7

Для слоя 0-50 см,  $F_{\text{факт.}}=2,193$ ;  $F_{\text{теор.}}=3,11$

$НСР_{05}$  для слоя 50-100 см =1,27;  $F_{\text{факт.}}=10,469$ ;  $F_{\text{теор.}}=3,11$

$НСР_{05}$  для слоя 0-100 см =1,217;  $F_{\text{факт.}}=6,12$ ;  $F_{\text{теор.}}=3,11$

В метровом слое почвы влажность почвы после вспашки была выше, чем на опытных вариантах на 1,9-2,3 и 1,1-1,6%. Видимо, в сухие годы водопроницаемость имела большее значение в поступлении влаги в глубокие слои почвы, чем водопроводность.

В 2015 более влажном году роль влагопроводности заметно возросла. После осеннего дискования отмечена наименьшая влажность почвы, особенно во втором полуметре. При глубоком отвальном рыхлении она составляла 19,0-19,6%, при осеннем дисковании - 17,3-17,8%, при нулевой обработке – 17,9-18,1%.

Влажность почвы в метровом слое равнялась соответственно по вариантам 21,3-21,6%, 20,1-20,2% и 19,9-20,1%. Снижение влажности почвы после минимальной обработки можно объяснить уменьшением капиллярных пор в верхнем слое почвы.

В среднем за 2013- 2015 годы наиболее высокая влажность в слое 0-50 см была при вспашке. Здесь она составляла 22,5-22,7% от массы сухой почвы. При нулевой обработке она мало отличалась от вспашки и равнялась 22,0 - 22,3%. Наименьшей она была при осеннем дисковании 21,1-21,4%. Различие совпашкой составило в первом случае 0,7-1,2%, а во втором – 1,1-1,6%. На глубине второго полуметра различие вариантов со вспашкой и осенним дискованием составляло 2,7-3,0%, а нулевой обработкой 1,5-2,0%.

В метровом слое почвы особенность увлажнения сохранялась как и вышерасположенных слоях.

При вспашке влажность почвы была больше по сравнению с нулевой обработкой на 1,1 -1,6%, а по сравнению с осенним дискованием -на 1,9-2,3%. Увеличение влажности почвы при вспашки объясняется повышением пористости аэрации, а при нулевой обработке большей капиллярной пористостью.

#### **4.2 Запасы влаги в почве**

Запасы влаги в почве весной перед посевом ячменя тесно связаны с увлажнением почвы.

Запасы продуктивной влаги перед посевом ячменя в 2013 г. в метровом слое после вспашки составляли 144,5-145,2 мм. При минимальной обработке почвы они снизились на 23,3-27,5 мм или на 16,1-19,0% и равнялись 117,0-121,2 мм (таблица 39).

Таблица 39 – Изменение запасов продуктивной влаги весной в зависимости от обработки почвы в 2013 г., мм.,

Слои почвы, см	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование+ приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-50	73,8	73,2	69,0	70,2	77,4	73,2
50-100	70,7	72,0	48,0	51,0	59,4	58,8
0-100	144,5	145,2	117,0	121,2	136,8	132,0
Отклонение от вспашки, мм						
0-50	-	-0,6	-4,8	-3,6	3,6	-0,6
50-100	-	1,3	-22,7	-19,7	-11,3	-11,9
0-100	-	0,7	-27,5	-23,3	-8,3	-12,5
Отклонение от вспашки, %						
0-50	-	0,8	6,5	4,9	4,9	0,8
50-100	-	1,8	32,1	27,9	16,0	16,8
0-100	-	0,5	19,0	16,1	5,7	8,6
Отклонение от фоновых вариантов, %						
0-50	-	0,8	-	1,7	-	5,4
50-100	-	1,8	-	6,2	-	1,1
0-100	-	0,7	-	3,5	-	3,5

На варианте с нулевой обработкой почвы (прямой посев) запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в этом году составляли 132-136



мм, что меньше чем после глубокого отвального рыхления на 8,3-12,5 мм или 5,7-8,6%. На варианте с нулевой обработкой почвы запас влаги в метром слое был больше, по сравнению с осенним дискованием на 10,8-19,8 мм.

В 2014 острозасушливом году запасы влаги в почве после вспашки в метровом слое составляли 121,2-124,2 мм. В этом случае запасы влаги в почвогрунтах были больше, чем после осеннего дискования на 27,6-30,7 мм или 22,2-24,7 % (таблица 40).

Таблица 40– Изменение запасов продуктивной влаги весной в зависимости от обработки почвы в 2014 г., мм.,

Слои почвы, см	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование+ приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-50	73,0	70,2	60,6	60,5	58,2	61,2
50-100	50,4	51,0	36,0	33,0	42,0	41,4
0-100	124,2	121,2	96,6	93,5	100,2	102,6
Отклонение от вспашки, мм						
0-50	-	-2,8	-12,4	-12,5	-14,8	-11,8
50-100	-	0,6	-14,4	-17,4	-8,4	-9,0
0-100	-	-3,0	-27,6	-30,7	-24,0	-18,6
Отклонение от вспашки, %						
0-50	-	4,9	17,9	17,7	20,2	16,2
50-100	-	1,2	28,6	34,5	16,6	17,9
0-100	-	2,4	22,2	24,7	19,3	14,9
Отклонение от фоновых вариантов, %						
0-50	-	4,9	-	0,2	-	5,1
50-100	-	1,2	-	8,3	-	1,4
0-100	-	2,4	-	3,3	-	2,4

После нулевой обработки запасы влаги уступали вспашке на 18,6-24,0 или 14,9-19,3%.

Меньше всего запасов в метровом слое отмечалось после обработки, которые составляли всего 93,5-96,6 мм, что ниже, чем после нулевой обработки на 3,6-9,1 мм

Внесение удобрений и применение гербицидов не превышало отклонение от фоновых вариантов величины запасов влаги 1,2-5,1%.

Как и в предыдущий год наибольшие запасы продуктивной влаги отмечались после вспашки и при нулевой обработки почвы.

Запасы влаги в метровом слое почвы в 2015 году составляли на варианте с глубоким отвальным рыхлением 135-139 мм (таблица 41).

При осеннем дисковании количество влаги в почвогрунтах снизились на 13-14 мм или на 9,8-10,2%.

На варианте без обработки почвы эти показатели уменьшились на 13-16 мм или на 9,8-12,0%.

На варианте с нулевой обработкой почвы (прямой посев) в 2015 запас влаги в почве при осеннем дисковании и нулевой обработке почвы были практически одинаковы. Различие составляло на 2,4 мм или на 2%.

Применение удобрений и гербицидов не влияли на изменение запасов влаги в почве, которые колебались в метровом слое от 0,7 до 6,8%. запасы продуктивной влаги в метровом слое к посеву ячменя во влажном году были наибольшими после вспашки. Различие это было в меньшей степени чем в предыдущие годы. В 2013 г. различие запасов в метровом слое на вариантах с ресурсосберегающими обработками по сравнению с глубоким отвальным рыхлением составляло 5,6-19,0%, в 2014г – 14,9-24,7%, а в 2015 г. - 9,8-12,0%. Чем влажнее год, тем меньше различие запасов влаги на опытных вариантах со вспашкой. Это можно объяснить за счет увеличения интенсивности влагопроводности (влагопереноса) в почве при заполнении всех пор водой. В среднем за 2013-2015 гг. запасы влаги в метровом слое почвы после вспашки составляли 134,2-135,2 мм (таблица 42).

При осеннем дисковании почвы этот показатель снизился на 22,3-22,5 мм или 16,6-16,7.

На варианте с нулевой обработкой почвы наблюдалось уменьшение запасов продуктивной влаги в верхнем метровом слое на 15,8-16,0 мм или 11,2-11,7%.

Таблица 41 – Изменение запасов продуктивной влаги весной в зависимости от обработки почвы в 2015 г., мм.,

Слои почвы, см	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование+ приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-50	81,0	81,6	78,0	74,4	71,2	73,2
50-100	54,0	57,6	43,8	46,8	47,4	48,6
0-100	135,0	139,2	121,8	121,2	118,6	121,8
Отклонение от варианта со вспашкой, мм						
0-50	-	0,6	-3,0	-6,6	-9,6	-7,8
50-100	-	3,6	-10,2	-7,2	-6,6	-5,4
0-100	-	4,2	-13,2	-13,8	-16,2	13,2
Отклонение от варианта вспашкой, %						
0-50	-	0,7	3,7	8,1	11,8	9,6
50-100	-	6,6	18,9	13,3	12,2	10,0
0-100	-	3,1	9,8	10,2	12,0	9,8
Отклонение от фонового варианта, %						
0-50	-	0,7	-	4,6	-	2,5
50-100	-	6,6	-	6,8	-	2,5
0-100	-	3,1	-	0,5	-	2,5

Таблица 42 – Изменение запасов продуктивной влаги весной в зависимости от обработки почвы в среднем за 2013 -2015 гг., мм.,

Слои почвы, см	Варианты опыта					
	Глубокое отвальное рыхление	Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	осеннее дискование	осеннее дискование+ приёмы химизации	нулевая обработка	нулевая обработка + приёмы химизации
0-50	75,9	75,0	69,2	68,4	68,9	69,2
50-100	58,4	60,2	42,6	43,6	49,6	49,6
0-100	134,3	135,2	111,8	112,0	118,5	118,8
Отклонение от варианта со вспашкой, мм						
0-50	-	-0,9	-6,7	-7,5	-7,0	-6,7
50-100	-	1,8	-15,8	-14,8	-8,8	-8,8
0-100	-	0,9	-22,5	-22,3	-15,8	16,0
Отклонение от варианта со вспашкой, %						
0-50	-	1,2	8,8	9,9	9,2	8,8
50-100	-	3,1	27,0	25,3	15,0	15,0
0-100	-	0,7	16,7	16,6	11,7	11,2
Отклонение от фонового варианта, %						
0-50	-	1,2	-	1,2	-	0,4
50-100	-	3,1	-	2,3	-	-
0-100	-	0,7	-	0,2	-	0,3

Для слоя 0-50 см,  $F_{\phi}=2,376$ ;  $F_{теор.}=3,11$

НСР05 для слоя 50-100 см =5,207;  $F_{\phi.}=19,589$ ;  $F_{т.}=3,11$

НСР05 для слоя 0-100 см =8,556;  $F_{\phi.}=14,376$ ;  $F_{т.}=3,11$

Запасы продуктивной влаги в почве на варианте с нулевой обработкой (прямой посев) были больше, чем при осеннем дисковании на 6,7-6,8 мм или 6,1%. Применение удобрений и гербицидов не влияло на весенние запасы влаги в почвогрунтах. Колебания этого показателя по вариантам опыта не превышало 0,2-3,1%.

## **5. Биологическая активность почвы и засоренность посевов ячменя**

### **5.1. Биологическая активность почвы**

В опытах с ячменём в верхнем слое плотность почвы в среднем за годы исследований при вспашке составляла 1,09 г/см<sup>3</sup>. Наибольшей она была при осеннем дисковании и после нулевой обработки 1,28 г/см<sup>3</sup>. Пористость в верхнем слое почвы 0 – 0,1 м была больше на вспашке 64,7%. На других вариантах она изменялась от 56,7 до 60,8 %. В связи с этим наблюдалось увеличение нитратного азота после вспашки.

Изменение плотности и пористости почвы под действием обработки изменяла биологическую активность почвенных организмов (таблица 43).

Основные превращения веществ в почве происходит за счёт жизнедеятельности почвенной микрофлоры, главным образом сапрофитных микроорганизмов, гетеротрофов по типу питания.

Количество сапрофитной микрофлоры в верхнем слое снизилась на вариантах с осенним дискованием и нулевой обработкой в 2 – 3 раза по сравнению с глубоким отвальным рыхлением, где количество их составляло 1,788 тыс. КОЕ/г.

В слое 10-20 см количество сапрофитных микроорганизмов снизилось по сравнению с верхним горизонтом гораздо в меньшей степени. При вспашке число этой группы было больше, чем при осеннем дисковании в 1,8 раз, а при нулевой в 2,7 раз.

Это указывает на снижение биологической активности почвы и на уменьшение разложения гумуса при энергосберегающей обработке, так как количество пожнивных остатков после зерновых культур было не велико и не превышало 1,5-2,0 т/га.

Важную роль в процессах почвообразования и создания плодородия почвы играют актиномицеты. Они разлагают сложные органические

вещества, недоступные другим микробам, в том числе и гумус, самую устойчивую часть органического вещества почвы.

Таблица 43 - Количество микроорганизмов при различных обработках почвы в слое 0-10 и 10 - 20 см

Варианты опыта	Группы микроорганизмов					
	Сапрофитные бактерии, тыс. *КОЕ/г	**ОМЧ, тыс. КОЕ/г	Актиномицеты тыс. КОЕ/г	Аммонификаторы, ***титр	Нитрификаторы, титр	Аноэробные целлюлозоразрушающие бактерии
Слой 0-10 см						
1. Глубокое отвальное рыхление	549	1788	45,5	0,0001	0,01	0,001
2. Осеннее дискование	215,5	844	143,5	0,0001	0,01	0,001
3. Нулевая обработка	402	609	59,0	0,001	0,1	0,001
Слой 10-20 см						
1. Глубокое отвальное рыхление	623	934	96	0,0001	0,01	0,0001
2. Осеннее дискование	271	522	51,5	0,0001	0,01	0,0001
3. Нулевая обработка	46	339	65,5	0,01	0,1	0,0001

\*КОЕ/г – колония образующая единица.

\*\*ОМЧ – общее микробиологическое число

\*\*\*Титр – определён по последней пробирке, где отмечен рост микроорганизма.

Актиномицеты в процессе жизнедеятельности образуют продукты, обладающие антибиотическими свойствами. Кроме того они продуцируют физиологически активные вещества - ферменты, витамины.

Актиномицеты распространены в почве на всех вариантах в достаточно больших количествах. Присутствие их в таком количестве в почве свидетельствует об её биологической активности и интенсивных процессах переработки в ней органического вещества. Отмечен разнообразный видовой состав актиномицетов, при росте на питательной среде.

Динамика актиномицетов подтверждает и дополняет суждения о высокой биологической активности почвы. В верхнем слое актиномицетов

было меньше при вспашке, чем при осеннем дисковании и нулевой обработке почвы в 1,3-3,0 раза. В нижнем слое 10-20 см. количество их на вспашке несколько возросло.

Наличие в почве легкоминерализуемых органических соединений способствует бурному размножению аммонификаторов. Аммонификаторы расщепляют белковые соединения в почве. Конечным продуктом расщепления данных веществ является аммиак. Процесс аммонификации происходит достаточно энергично при вспашке и при осеннем дисковании почвы. В 0,0001 г почвы ещё обнаруживается рост микроорганизмов.

Затухает процесс аммонификации при нулевой обработке, как в слое 0-10, так и в слое 10-20 см.

Важен в почве процесс нитрификационной способности почвы. Нитрифицирующие бактерии завершают цикл превращений в почве азотосодержащих соединений, окисляя аммиак до нитритов и нитратов. На всех вариантах процесс нитрификации малоактивен. Наименьшее число нитрификаторов отмечено при нулевой обработке почвы.

В оценке биологической активности почвы интерес представляет жизнедеятельность аэробных целлюлозоразрушающих бактерий, так как после уборки в почву вносилась солома. Целлюлозоразрушающие бактерии принимают участие в разложении клетчатки, попадающей в почву с растительными остатками и соломой и содержащими большое количество углерода.

Содержание целлюлозоразрушающих бактерий в почвах опытных участков значительное на всех вариантах. Это говорит о значительном разложении клетчатки. При этом в разрушении клетчатки принимали участие различные виды этих бактерий.

Наибольшее количество целлюлозоразрушающих бактерий отмечено при осеннем дисковании и нулевой обработках почвы, особенно в слое почвы 10-20 см.

Таким образом, при снижении плотности и пористости почвы по вспашке наблюдалось более интенсивное развитие сапрофитных бактерий, аммонификаторов и нитрификаторов. Этим объясняется увеличение нитратного азота после вспашки. Наиболее активно разлагалось органическое вещество, в т.ч. и гумус, сапрофитными микроорганизмами на вариантах с отвальной обработкой, это и объясняет снижение гумуса. Белковые соединения богатые азотом перерабатывались наиболее активно аммонификаторами актиномицетами и нитрификаторами. При вспашке и осеннем дисковании почвы клетчатка соломы активно разрушалась целлюлозоразрушающими бактериями и актиномицетами как в слое 0-10 так и на глубине 10-20 см.

Для повышения урожайности при энергосберегающих обработках почвы следует рекомендовать внесение минеральных удобрений в дозе 30 – 40 кг д.в. на 1 га.

## **5.2. Засоренность посевов ячменя**

Посевы ячменя на опытном поле были засорены различными сорными растениями. Встречались сорняки яровые малолетние ранние, яровые поздние, многолетние корнеотпрысковые. Из ранних преобладали гречишка вьюнковая (*Poligonum convolvulus*), марь белая (*Chenopodium album*), овсюг (*Avena fatua*), конопля сорная (*Camabis ruderalis*), дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis*).

Из поздних встречались щирица обыкновенная (*Amaranthus retroflexus*), щетинник зеленый (*Setaria viridis*), щетинник сизый (*Setaria glauca*), куриное просо (*Echinochloa crus galli*). К многолетним сорнякам принадлежали осот синий (*Mulgedium tataricum*), осот желтый (*Sonchus arvensis*), бодяк (*Cirsium arvense*), молочай лозный (*Euphorbia virgata*), и др.

В звене севооборота в первый год (2013 г.) проведения опыта засоренность посевов ячменя при вспашке без применения гербицидов была наименьшая (таблица 44).



Количество ранних яровых сорняков не превышало 2,1 шт./м<sup>2</sup>. Значительно меньше было количество поздних яровых – 0,4 шт./м<sup>2</sup>. Многолетние сорняки составляли – 0,5 шт./м<sup>2</sup>. Внесение гербицидов на варианте со вспашкой снизило число многолетних сорняков – на 60,0%, ранних яровых - на 52,4%, поздних яровых – на 50,0%.

Таблица 44 – Изменение засорённости посевов ячменя по вариантам обработки почвы в 2013 г., шт. /м<sup>2</sup>

Варианты опыта	Состав сорняков			
	малолетние		многолетние	итого
	ранние яровые	поздние яровые		
Глубокое отвальное рыхление	2,1	0,4	0,5	3,0
Глубокое отвальное рыхление+приёмы химизации,	1,0	0,2	0,2	1,4
% снижения от обработки	-	-	-	-
% снижения от гербицида	52,4	50,0	60,0	53,3
Осеннее дискование	3,5	0,4	1,8	5,7
Осеннее дискование+приёмы химизации	2,0	0,2	0,8	3,0
% снижения от обработки	40,	-	72,2	47,4
% снижения от гербицида	42,8	50,0	55,6	47,4
Нулевая осенняя обработка	4,0	0,7	2,1	6,8
Нулевая осенняя обработка + приёмы химизации	1,5	0,3	1,0	2,8
% снижения от обработки	47,5	42,8	33,6	55,9
% снижения от гербицида	62,5	57,1	52,4	58,8

При осеннем дисковании обработке почвы, число ранних сорняков увеличилось до 3,5 шт./м<sup>2</sup>, поздних практически не изменилось, а многолетних увеличилось до 1,8 шт./м<sup>2</sup> или соответственно на 66,7% и в 2,6 раза.

Внесение гербицидов (раундапа осенью и дифезана в фазу кущения ячменя) снизило число ранних яровых сорняков на 42,8% , поздних яровых на 50,0% и многолетних на 55,6%.

Снижение засоренности от обработки посевов ячменя гербицидами в 2013 г. количество ранних сорняков при осеннем дисковании увеличилось, по сравнению со вспашкой на 2,8%, а многолетних сорняков на 16,6%.

Гербициды на варианте с осенним дискованием почвы слабее подавляли многолетние сорняки, чем традиционная обработка почвы, которая включала в себя лущение стерни, вспашку, покровное боронование и культивацию до посева.

Применение гербицидов снизило число сорняков при осеннем дисковании обработке до уровня фонового варианта с глубоким отвальным рыхлением.

Ячмень при нулевой обработке был засорен сильнее, чем при посеве его после глубокого отвального рыхления и после осеннего дискования. При нулевой обработке количество ранних сорняков было больше, чем на варианте с глубоким отвальным рыхлением в 2 раза, и больше чем на варианте с осенним дискованием обработкой на 14,3%. Различие в численности поздних яровых сорняков было незначительно – всего на 0,3 шт./м<sup>2</sup>. Многолетних сорняков было при нулевой обработке больше, чем после глубокого отвального рыхления на 1,6 шт./м<sup>2</sup>, а после осеннего дискования - на 0,3 шт./м<sup>2</sup> или на 76,2 и 14,3%..

При обработке посевов гербицидами на варианте с нулевой обработкой почвы количество ранних яровых сорняков уменьшилось на 62,5%, а поздних - на 57,1%, многолетних - на 52,4%. Это значительно выше, чем снижение сорняков от вспашки, которое составляло для этого варианта 33,6-47,5%. В 2013 г. эффективность гербицидов на варианте с нулевой обработкой почвы была самая высокая.

В 2014 г. засоренность изменилась по вариантам аналогично предыдущему году. На варианте без применения приёмов химизации с глубоким отвальным рыхлением число сорняков в посевах ячменя равнялось соответственно по группам 2,3 шт./м<sup>2</sup>; 0,6 шт./м<sup>2</sup>; 0,7 шт./м<sup>2</sup> (таблица 45).

Внесение гербицидов на вариантах со вспашкой снизило засоренность посевов ячменя поздними сорняками на - 83,3%, ранними - 65,2%, многолетними – на 85,7%. Общая засорённость после обработки посевов гербицидами в этом случае снизилась на 72,2%. При осеннем дисковании на без применения приёмов химизации количество сорняков по сравнению с глубоким отвальным рыхлением возросло при этом количество ранних сорных растений повысилось на 60,8%; поздних - на 33,3%, многолетних в 3 раза.

Таблица 45 – Изменение засорённости посевов ячменя по вариантам обработки почвы в 2014 г., шт. /м<sup>2</sup>

Варианты опыта	Состав сорняков			
	малолетние		многолетние	итого
	ранние яровые	поздние яровые		
Глубокое отвальное рыхление	2,3	0,6	0,7	3,6
Глубокое отвальное рыхление+приёмы химизации,	0,8	0,1	0,1	1,0
% снижения от обработки	-	-	-	-
% снижения от гербицида	65,2	83,3	85,7	72,2
Осеннее дискование	3,7	0,8	2,2	6,7
Осеннее дискование+приёмы химизации	1,7	0,1	0,5	2,3
% снижения от обработки	37,8	25,0	68,2	46,3
% снижения от гербицида	54,0	87,5	77,3	65,7
Нулевая осенняя обработка	4,9	1,1	2,5	8,5
Нулевая осенняя обработка + приёмы химизации	1,2	0,2	0,6	2,0
% снижения от обработки	53,1	45,5	76,0	57,6
% снижения от гербицида	75,5	81,8	68,0	76,5

Общее число сорных растений увеличилось почти в два раза. Опрыскивание посевов ячменя гербицидами снизило общую засорённость при осеннем дисковании на 65,7%. Число поздних сорняков при этом

уменьшилось на 87,5%, а ранних – на 54,0% и многолетних - на 77,3%. После вспашки число сорняков уменьшилось соответственно на 37,8, 25,0 и 68,2%. Очевидно, что эффективность гербицидов в борьбе с сорняками в 2014 г. на варианте с осенним дискованием была выше, чем глубокая отвальная обработка почвы.

В 2014 г. при нулевой обработке почвы число сорняков было больше, чем после глубокой отвальной обработке и после осеннего дискования. Без обработки почвы количество ранних сорняков достигало 4,9 шт./м<sup>2</sup>, что больше, по сравнению со вспашкой в 2 раза и больше, по сравнению с осенним дискованием на 32,4%. Количество поздних сорных растений увеличилось на 83,3% и 37,5%, многолетних – в 3,5 раза и на 13,6%. Использование гербицидов снизило число сорняков на этом варианте на 75,5; 81,8 и 68,0% соответственно по группам растений.

После использования гербицидов при нулевой обработке почвы количество сорняков снизилось почти в 2 раза по сравнению с фоновым вариантом со вспашкой.

При нулевой обработке почвы эффективность гербицидов в борьбе с малолетними сорняками гораздо эффективнее, чем после глубокой отвальной обработке. Снижение сорняков в этом случае по сравнению с глубоким отвальным рыхлением отмечено на 45,5-53,1%. При опрыскивании посевов гербицидами засорённость снизилась на – 75,5-81,5%. Исключение составляли многолетние сорняки.

В 2014 г. засорённость посевов ячменя на варианте со вспашкой без применения гербицидов несколько возросла по сравнению с предыдущим годом. Число поздних сорняков возросло с 0,4 до 0,6 шт./м<sup>2</sup>, ранних сорняков - с 2,1 до 2,3 шт./м<sup>2</sup>, а многолетних – с 0,5 до 0,7 шт./м<sup>2</sup>. Общая засорённость возросла с 3,0 до 3,6 шт./м<sup>2</sup>. При внесении гербицидов в 2014 г. засорённость при глубоком отвальном рыхлении снизилась по сравнению с 2013 годом. Снижение общего числа сорняков составило 0,4- шт./м<sup>2</sup> или 28,6%.

В 2014 г. отмечено увеличение числа сорняков и после осеннего дискования без гербицидов по сравнению с 2013 годом.

Засорённость ранними сорняками увеличилась с 3,5- до 3,7 шт./м<sup>2</sup>, многолетними сорными растениями с 0,8 до 2,2 шт./м<sup>2</sup>. Засорённость посевов поздними сорняками не изменилась.

Общая засоренность возросла с 3,0 - до 6,7 шт./м<sup>2</sup> или 2,2 раза. При внесении гербицидов засоренность на вариантах с осенним дискованием снизилась и была менее уровня фонового варианта со вспашкой предыдущего года.

При глубоком отвальном рыхлении без использования средств химизации число ранних сорняков в 2014 г. не превышало 2,3 шт./м<sup>2</sup>. При использовании приёмов химизации на варианте с осенним дискованием число сорняков не превышало 1,7 шт./ м<sup>2</sup> или снизилось на 23,5 %. Поздних яровых сорных растений уменьшилось с 0,4 до 0,1 шт./м<sup>2</sup>, а многолетних корнеотпрысковых сорных растений убавилось до 0,5шт./м<sup>2</sup>. Общее засорённость снизилась с 6,7 до 2,3 шт./м<sup>2</sup> или в 2,5 раза.

На фоновых вариантах с нулевой обработкой почвы засоренность в 2014 г. возросла еще больше по сравнению с 2013 г., чем после минимальной обработки.

Если в 2013 г. на этих вариантах ранних яровых сорняков было 4,0 шт./м<sup>2</sup>, то в 2014 г. их увеличилось до 4,9 шт./м<sup>2</sup> или на 22,5%. Засорённость поздними яровыми сорняками увеличилась с 0,7 до 1,1 шт./м<sup>2</sup> или на 57,1%, а засорённость корнеотпрысковыми многолетними сорными растениями – с 2,1 до 2,5 шт./м<sup>2</sup> или на 19,0%.

Применение гербицидов снизило количество всех сорняков до 2,0 шт./м<sup>2</sup>. Это значительно меньше, чем на фоновом варианте со вспашкой в 2013 г.

На фоне гербицидов после нулевой обработки почвы ранних сорняков отмечено меньше, чем после глубокой отвальной обработке в 2013 г. без применение гербицидов на 75%, поздних яровых сорняков - на 50,0 %.

Число многолетних сорняков возросло на 20,0 %. Отсюда очевидно, что количество сорняков на фоновых вариантах на второй год посева ячменя возрастало по сравнению с предыдущим годом.

Применение гербицидов значительно снижало количество сорняков на вариантах с ресурсосберегающей обработкой почвы.

В 2015 г. при глубоком отвальном рыхлении посева ячменя были засорены в меньшей степени, чем по другим обработкам почвы. Ранних малолетних сорняков насчитывалось 2,5 шт./м<sup>2</sup>, поздних – 0,8 шт./м<sup>2</sup>, многолетних корнеотпрысковых – 1,0 шт./м<sup>2</sup> (таблица 46).

Таблица 46 – Изменение засорённости посевов ячменя по вариантам обработки почвы в 2015 г., шт. /м<sup>2</sup>

Варианты опыта	Состав сорняков			
	малолетние		многолетние	итого
	ранние яровые	поздние яровые		
Глубокое отвальное рыхление	2,5	0,8	1,0	4,3
Глубокое отвальное рыхление+приёмы химизации,	0,96	0,1	0,2	1,2
% снижения от обработки	-	-	-	-
% снижения от гербицида	64,0	87,5	80,0	72,1
Осеннее дискование	4,0	0,8	3,1	7,9
Осеннее дискование+приёмы химизации	1,1	0,1	0,5	1,7
% снижения от обработки	20,0	-	67,7	45,6
% снижения от гербицида	72,5	87,5	83,8	78,5
Нулевая осенняя обработка	5,1	1,2	2,9	9,2
Нулевая осенняя обработка + приёмы химизации	1,0	0,1	0,7	1,8
% снижения от обработки	50,4	33,3	65,5	53,3
% снижения от гербицида	80,4	91,7	75,8	80,4

Обработки посевов гербицидами привело к снижению засорённости ранними яровыми сорняками на 64,0%, поздними - на 87,5%, а засорённость многолетними корнеотпрысковыми сорными растениями - на 80,0%.

При осеннем дисковании засорённость ранними сорняками повысилась по сравнению с глубоким отвальным рыхлением на 60,0%. Засорённость поздними сорняками не изменилась, а многолетними увеличилась в 3 раза.

Обработка посевов ячменя гербицидами в 2015 г. снизило число сорняков на этом варианте на 72,5-87,5%.

Гербициды уменьшили засоренность ячменя при минимальной обработке почти до уровня фонового варианта со вспашкой.

Фоновые варианты с нулевой обработкой почвы были засорены сильнее, чем варианты без применения агроприёмов химизации при осеннем дисковании.

Засорённость ранними яровыми сорняками в этом случае превысила аналогичный вариант с осенним дискованием на 27,5%, а вспашку – в 2 раза. Засорённость поздними сорняками повысилась на 50,0%, многолетними – почти в 3 раза по сравнению с глубоким отвальным рыхлением.

Внесение гербицидов снизило засоренность ранними яровыми на 80,4%; поздними яровыми – на 91,7%; многолетними сорняками – на 75,8%. Глубокая обработка почвы (вспашка) уменьшала засоренность на 50,9; 33,3 и 65,5%. При нулевой обработке почвы (прямой посев) в 2015 г. эффективность гербицидов в борьбе с сорняками почти в 1,5-2,0 раза превышала традиционную обработку почвы (лущение стерни, вспашку, боронование и предпосевную культивацию в комплексе).

Анализ изменения засоренности посевов ячменя по годам проведения опытов показал, что на варианте с глубоким отвальным рыхлением число малолетних ранних сорных растений увеличилось с 2,1 до 2,5 шт./м<sup>2</sup>; поздних – с 0,4 до 0,8 шт./м<sup>2</sup>, многолетних корнеотпрысковых сорняков – с 0,5 до 1,0 шт./м<sup>2</sup>. Общая засорённость изменялась с 3,0 до 3,6 и до 4,3 шт./м<sup>2</sup>

Применение гербицидов привело к снижению или стабилизации засоренности при проведении глубокого отвального рыхления. Число ранних сорняков практически не снизилось под влиянием гербицидов. Оно изменилось с 1,0 шт./м<sup>2</sup> в 2013 г. до 0,9 шт./м<sup>2</sup> в 2015 г. Количество поздних яровых и многолетних было одинаково по годам. Первых насчитывалось 0,1-0,2 шт./м<sup>2</sup>, многолетних – 0,2 шт./м<sup>2</sup>. При осеннем дисковании число ранних сорняков на варианте без приёмов химизации возросло за 3 года с 2013 по 2015 гг. с 3,7 до 5,1 шт./м<sup>2</sup>. Число поздних яровых увеличилось с 0,4 до 0,7-0,8 шт./м<sup>2</sup>; многолетников – с 0,5 до 2,4 и 2,9 шт./м<sup>2</sup>. Общая засоренность фонового варианта при осеннем дисковании почвы возросла в 2,0-2,6 раза. Обработка посевов гербицидами не только снижала засоренность ячменя, но и стабилизировали ее по годам исследований. Число ранних сорняков в 2013 г. было на варианте с осенним дискованием 2,0; в 2014 г. – 1,6, в 2015 г. – 1,1 шт./м<sup>2</sup>. Поздние яровые сорняки составляли на этом варианте соответственно по годам – 0,2; 0,1 и 0,1 шт./м<sup>2</sup>, а многолетники – 0,8; 0,6 и 0,5 шт./м<sup>2</sup>.

Аналогичные изменения по годам наблюдалось и при нулевой обработке почвы (прямой посев).

На варианте без приёмов химизации по годам общая засорённость с 2013 г. по 2015 г. увеличилось с 6,8 до 9,2 шт./м<sup>2</sup>, то есть на 35,3%. Засорённость ранними сорняками увеличилась с 4,0 до 4,5 – 5,1 шт./м<sup>2</sup>, поздних – с 0,7 до 1,0-1,2 шт./м<sup>2</sup>. Засорённость многолетними корнеотпрысковыми сорными растениями повысилась с 2,1 до 2,5-2,9 шт./м<sup>2</sup>.

Ежегодное внесение гербицидов снизило засоренность и по вариантам и по годам исследований.

Общее количество сорняков на фоне гербицидов по годам при нулевой обработке почвы уменьшилась с 2,8 до 2,2-1,8 шт./м<sup>2</sup> или на 27,2-55,5%. Засорённость ранними сорняками уменьшилась от гербицидов по годам с 1,5 до 1,2-1,0 шт./м<sup>2</sup>; число поздних уменьшилось с 0,3 до 0,2-0,1



шт./м<sup>2</sup>. Засорённость многолетними корнеотпрысковыми сорняками с 1,0 до 0,8-0,7 шт./м<sup>2</sup>.

Применение гербицидов способствовало очищению посевов зерновых культур от сорняков в течение ротации севооборота.

За 2013-2015 гг. на варианте с глубоким отвальным рыхлением общая засорённость не превышала 3,6 шт./м<sup>2</sup>.

Число ранних малолетников составляло 2,3 шт./м<sup>2</sup>, поздних – 0,6 шт./м<sup>2</sup>. Засорённость многолетними корнеотпрысковыми сорняками не превышало – 0,7 шт./м<sup>2</sup>.

Применение гербицидов снизила общую засорённость на 66,7%, а ранних малолетних яровых – на 60,7%, поздних яровых – на 83,3%, а многолетних – на 71,4% (таблица 47).

Таблица 47– Изменение засорённости посевов ячменя по вариантам обработки почвы в 2013-2015 г., шт. /м<sup>2</sup>

Варианты опыта	Состав сорняков			
	малолетние		многолетние	итого
	ранние яровые	поздние яровые		
Глубокое отвальное рыхление	2,3	0,6	0,7	3,6
Глубокое отвальное рыхление+приёмы химизации,	0,9	0,1	0,2	1,2
% снижения от обработки	-	-	-	-
% снижения от гербицида	60,7	83,3	71,4	66,7
Осеннее дискование	3,7	0,7	2,4	6,8
Осеннее дискование+приёмы химизации	1,6	0,1	0,6	2,3
% снижения от обработки	37,8	14,3	70,8	47,1
% снижения от гербицида	56,8	85,7	75,0	66,2
Нулевая осенняя обработка	4,7	1,0	2,5	8,2
Нулевая осенняя обработка + приёмы химизации	1,2	0,2	0,8	2,2
% снижения от обработки	51,1	40,0	72,0	56,1
% снижения от гербицида	74,4	80,0	68,0	73,2

НСР<sub>05</sub> для фактора А=1,063, F<sub>φ</sub>=18,449; F<sub>τ</sub>=3,59.

НСР<sub>05</sub> для фактора В=0,868 F<sub>φ</sub> =120,508; F<sub>τ</sub>=4,45.

НСР<sub>05</sub> для фактора АВ=1,504; F<sub>φ</sub>=6,891; F<sub>τ</sub>=3,59

После осеннего дискования без приёмов химизации общая засорённость увеличилась на 88,9%, в том числе ранними сорняками – на 60,9%, поздними однолетними - на 16,6%. Засорённость многолетними корнеотпрысковыми сорняками возросла в 4 раза.

Применение гербицидов снизило общую засорённость на 66,2%; яровыми ранними – на 56,8%; яровыми поздними – на 85,7%. Засорённость многолетними корнеотпрысковыми сорняками изменилась в меньшую сторону на 75,0%.

При нулевой обработке почвы без приёмов химизации общая засоренность повысилась по сравнению с глубоким отвальным рыхлением в 2,3 раза, а по сравнению с осенним дискованием - на 20,6%. Число сорняков из группы ранних яровых возросло в 2 раза относительно глубокого отвального рыхления и увеличилось на 27,0% относительно осеннего дискования.

Число поздних яровых однолетников увеличилось - на 66,7 и 42,8%, а многолетних корнеотпрысковых сорных растений - в 3,4-3,5 раз. Использование химической прополки уменьшило засоренность при прямом посеве по составу сорняков в 4,0-5,0 и 3,1 раза. Как и в предыдущем случае при нулевой обработке почвы гербициды были в борьбе с сорняками более эффективными по сравнению с обработкой почвы. Эффективность гербицидов при глубоком отвальном рыхлении (вспашка) была выше по общей засоренности на 66,7%, чем интенсивная обработка почвы. Такая же эффективность была и на варианте с осенним дискованием – 66,2%. При нулевой обработке почвы эффективность применения гербицидов оказалась выше на 73,2%, чем на остальных вариантах. Использование гербицидов в борьбе с сорняками при минимальной обработке почвы было эффективнее обработки почвы на 19,1%, а при нулевой обработки – на 17,1%.

## **6. Агрехимические свойства почвы**

### **6.1 Гумус**

Формирование урожайности зерновых культур во многом зависит от количества гумуса и элементов питания в почве.

Почвы разного сельскохозяйственного использования с естественными ландшафтами заметно обеднены органическим веществом при возделывании однолетних культур. Содержание общего азота в почвах коррелировало с количеством гумуса. Количество микроорганизмов в верхнем горизонте почвы было наибольшим в почвах биогенного ландшафта (171млрд. клеток/г почвы). Севооборот с чередованием однолетних культур при ежегодном проведении вспашки привел к существенному уменьшению количества микроорганизмов (М.Д. Назарько, В.Т. Щербаков. 2005).

Исследованиями Юшкевича Л.В. (2002), установлено, что ресурсосберегающая система обработки под зерновые культуры в южной лесостепи Западной Сибири повышает содержание гумуса по мере сокращения числа и глубины обработки почвы с 7,75% при отвальной вспашке до 7,96% при минимально-нулевой обработке.

Обработка почвы заметно сказывалась на содержание гумуса в пахотном слое (таблица 48).

На варианте со вспашкой количество гумуса по годам практически не изменялось и составляло по годам исследований 3,30-3,32%. Внесение минеральных азотных удобрений не влияло на содержание гумуса в почве.

Снижение интенсивности обработки почвы заметно повышало количество гумуса. При осеннем дисковании по годам исследований содержания гумуса возрастало с 3,32-3,33 до 33,6- 33,7%. Это превышало вариант с интенсивной обработкой почвы (вспашка) на 0,05-0,06 %. При нулевой обработке почвы (прямой посев) количество гумуса возрастало до 3,39-3,43 %. Это выше чем после вспашки на 0,08-0,12%.

Таблица 48 – Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см  
по вариантам опыта, %

Варианты опыта	Годы исследований			
	2013	2014	2015	в среднем
Глубокое отвальное рыхление	3,32	3,31	3,30	3,31
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	3,32	3,30	3,32	3,31
Осеннее дискование	3,32	3,37	3,38	3,36
Осеннее дискование+ приёмы химизации	3,33	3,38	3,39	3,37
Нулевая обработка	3,33	3,38	3,40	3,38
Нулевая обработка+ приёмы химизации	3,34	3,39	3,43	3,39

$НСР_{05}=0,024$ ;  $F_{\phi}=22,237$ ;  $F_T=3,11$

Коэффициент вариации гумуса составлял – 0,8%. По содержанию гумуса различие со вспашкой на опытных вариантах составляло 1,5-2,8(относительных процентов), на фоновых вариантах с удобрениями и обработанными гербицидами – на 0,6-0,9%. Следовательно, внесение удобрений в данном случае не влияло на количество гумуса в почве. Однако содержание гумуса достоверно зависело от обработки почвы.

## 6.2 Содержание питательных веществ

Количество нитратного азота в почве под ячменем изменялось в зависимости от обработки почвы, так и от внесения удобрений. Причем содержание нитратов в почве во многом зависело от погодных условий.

В 2013 средневлажном году количество нитратов в почве колебалось от 4,6 до 7,8 мг на 1 кг почвы. В 2014 более засушливом году варьирование нитратного азота в почве было от 5,3 до 7,9 мг. В 2015 году этот показатель изменялся в пределах от 7,0 до 9,5 мг на 1 кг почвы. Видимо, содержание азота в почве зависело от влажности пахотного слоя и от количества выпадающих осадков, что связано с интенсивностью нитрификационного процесса (таблица 49).

Таблица 49 – Изменение количества нитратного азота в слое почвы 0-20 см в зависимости от приёмов обработки почвы, мг/кг

Варианты опыта	Годы исследований			
	2013	2014	2015	в среднем
Глубокое отвальное рыхление	5,1	6,7	8,0	6,6
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	7,8	7,9	9,5	8,4
Осеннее дискование	5,6	6,8	8,7	7,0
Осеннее дискование+ приёмы химизации	7,7	7,9	9,4	8,4
Нулевая обработка	4,6	5,3	7,0	5,6
Нулевая обработка+ приёмы химизации	6,2	6,6	8,5	7,1

НСР<sub>05</sub> фактор А (обработка почвы) = 0,658;  $F_{\phi}=24,999$   $F_T=3,42$

НСР<sub>05</sub> фактор В (удобрения) = 0,466;  $F_{\phi}=23,299$   $F_T=4,28$

НСР<sub>05</sub> фактор АВ = 0,380;  $F_{\phi}=77,302$   $F_T=3,59$

Внесение азотных удобрений под вспашку увеличило количество нитратного азота на 1,2-2,7 мг на 1 кг почвы. В среднем по годам проведения опыта это увеличение составило на 1,8 мг на 1 кг почвы. При осеннем дисковании отмечалось увеличение количества нитратного азота в почве по сравнению с глубоким отвальным рыхлением в 2013 на 0,5 мг на 1 кг почвы, в 2014 г. – на 0,1 мг на 1 кг почвы. В 2015 г. этот показатель возрос на 0,7 мг на 1 кг почвы. Внесение азотных удобрений повысило количество азота в почве при осеннем дисковании на 1,1-2,1 мг на 1 кг почвы. В среднем за годы проведения опыта внесение азотных удобрений увеличило количество нитратного азота на 1,3 мг/кг.

В 2013 году при нулевой обработке почвы содержание азота снизилось по сравнению с глубоким отвальной рыхлением на 0,5-1,6 мг, в 2014 г. - на 1,3-1,4 мг, а в 2015 г. - на 1,0 мг. В среднем за годы проведения

опытов на этом варианте уменьшение нитратного азота составило 1,0-1,3 мг/кг почвы.

Азотные удобрения увеличивали количество нитратного азота при минимальной обработке соответственно по годам на 2,1; 1,1 и 0,7 мг на кг почвы.

Применение минеральных удобрений повысило количество азота при нулевой обработке почвы в 2013 г. на 1,6 мг, в 2014 г.- на 1,3, и в 2015 г. – на 1,5 мг на 1 кг почвы.

В среднем за годы проведения опытов (2013 -2015 гг.) увеличение равнялось 1,5 мг/кг почвы. Повышение нитратного азота в почве на фоне удобрений после вспашки, в среднем за годы исследований, составляло - 27,3%; при осеннем дисковании – 18,5%, при нулевой – 27,0%. Очевидно, что минеральный азот из удобрений использовался при осеннем дисковании и прямом посеве интенсивнее, чем при глубоком отвальном рыхлении. Следует учитывать, что в этом случае использование азота шло на разложение соломенных остатков микроорганизмами на поверхности почвы.

Коэффициент вариации содержания нитратного азота в почве составил 23,1%. Различие фоновых вариантов и вариантов с удобрениями было 24,2-32,1%, а при вспашке с опытными вариантами – 25,0-42,8%.

Очевидно, что применение интенсивной обработки почвы и внесение минеральных азотных удобрения существенно повышало содержание нитратного азота в пахотном слое почвы.

Содержание доступного фосфора в верхнем слое почвы изменялось по годам 2013 году с 16,3 до 20,9; в 2014 году с 13,9 до 17,7 и в 2015 году с 17,7 до 23,1 (таблица 50).

При осеннем дисковании без внесения удобрений в сравнительно влажные годы по сравнению со вспашкой количество фосфора в почве не увеличилось.

Некоторое увеличение отмечено в засушливом 2014 г., видимо в связи с малым его потреблением растений.

В 2013 году внесение минеральных удобрений и соломы увеличивало количество доступного растворимого фосфора в почве при осеннем дисковании на 3,7 мг, в 2014 году - на 0,2 мг и в 2015 году - на 4,2 мг на 1 кг почвы.

На варианте с нулевой обработкой (прямой посев) во влажном 2013 году содержание доступного фосфора было выше, чем при глубоком отвальном рыхлении на 2,2 мг на 1 кг почвы, в среднесухом 2014 году - на 3,7 мг, а в среднем по увлажнению 2015 году - на 4,2 мг.

Таблица 50 – Изменение количества доступного фосфора в слое почвы 0-20 см в зависимости от приёмов обработки почвы, мг/кг

Варианты опыта	Годы исследований			
	2013	2014	2015	в среднем
Глубокое отвальное рыхление	18,0	13,9	17,7	16,5
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	20,4	14,0	21,6	18,7
Осеннее дискование	16,3	16,8	17,9	17,0
Осеннее дискование+ приёмы химизации	20,0	17,0	22,1	19,7
Нулевая обработка	20,2	17,6	21,9	20,6
Нулевая обработка+ приёмы химизации	20,9	17,5	23,1	20,5

$$HCP_{05}=2,409; F_{\phi}=4,640; F_T=3,11$$

Внесение минеральных удобрений и соломы повышали количество растворимого доступного фосфора по мере снижения интенсивности обработки почвы в среднем с 18,7 до 20,5 мг/кг почвы.

Наиболее эффективным увеличением фосфора от удобрений отмечено при вспашке и осеннем дисковании. В этом случае содержание этого элемента возросло от удобрений на 13,3-15,8%. При нулевой обработке увеличения не отмечено.

Коэффициент вариации доступного фосфора в почве составлял в наших условиях 8,0%. Различие опытных вариантов со вспашкой по

содержанию фосфора была не ниже 9,1-24,8%, а удобренных вариантов с фоновыми 13,3-15,8%. Содержание фосфора зависело от интенсивности обработки почвы.

Наиболее стабильным было содержание в почве калия (таблица 51).

На вариантах со вспашкой содержание калия в почве колебалось в пределах 290-295 мг/кг почвы. После осеннего дискования количество его изменялось от 289 до 303 мг, а после нулевой обработки – от 296 до 307 мг/кг почвы. В среднем за годы проведения опытов (2013 - 2015 гг.) содержание обменного калия по вариантам изменялось в пределах 293-295 мг; 297-298 мг и 300-302 мг соответственно. Количество его различалось по вариантам в пределах 1,6-3,1%, то есть можно считать в пределах ошибки опыта.

Таблица 51 – Изменение количества доступного фосфора в слое почвы 0-20 см в зависимости от приёмов обработки почвы, мг/кг

Варианты опыта	Годы исследований			
	2013	2014	2015	в среднем
Глубокое отвальное рыхление	295	291	294	293
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	299	290	295	295
Осеннее дискование	300	301	289	297
Осеннее дискование+ приёмы химизации	303	297	293	298
Нулевая обработка	296	302	302	300
Нулевая обработка+ приёмы химизации	297	307	297	300

$$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}; F_{\text{факт.}} = 0,991; F_T = 3,11$$

Коэффициент вариации количество обменного калия по вариантам опыта не превышает 0,8%. Различие содержания этого питательного элемента на опытных вариантах со вспашкой равнялось 1,3-2,4%. Такое же различие выявлено и на вариантах с использованием гербицидов и удобрений (0,3-0,7%). На всех вариантах количество обменного калия было практически одинаково.



### 6.3 Сумма обменных оснований

Для поддержания плодородия почвы на высоком уровне и повышения урожайности сельскохозяйственных культур большое значение имеет суммы обменных оснований и соотношение в ней обменных катионов. Основную роль здесь играет обменный кальций, от которого во многом зависят почвенные процессы, особенно структурообразование. Важно также содержание обменного натрия, как показателя солонцеватости почвы.

В 2013 г. сумма обменных оснований по вариантам опыта колебалась от 30,3 до 31,5 мг - экв/100 г почвы (таблица 52).

Таблица 52 – Изменение суммы обменных оснований в пахотном слое почвы под ячменем по вариантам опыта в 2013 г., мг - экв/100 г почвы

Варианты опыта	Сумма обменных оснований	В том числе обменный		
		кальций	магни й	натрий
Глубокое отвальное рыхление	30,9	21,9	7,9	1,1
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	30,3	21,6	7,5	1,2
Осеннее дискование	30,6	21,4	7,8	1,4
Осеннее дискование+ приёмы химизации	31,5	22,3	8,0	1,2
Нулевая обработка	30,7	21,7	7,8	1,2
Нулевая обработка+ приёмы химизации	30,8	21,8	7,7	1,3

Коэффициент вариации не превышал 4,2%. В среднем различия по обработкам почвы изменялись по сравнению с традиционной вспашкой в пределах 0,6-1,3%. В этом случае сумма обменных оснований можно считать одинаковой по всем вариантам. Количество обменного кальция изменялось в пределах 21,4 - 22,3 мг – экв на 100 г почвы и составляло 70,0-71,7% от суммы оснований. Количество магния равнялось 7,5-8,0 мг – экв. на 100 г почвы. Это соответствовало 24,7-25,4%. Количество обменного натрия было не более 3,5-4,6%.

В 2014 г. сумма обменных оснований изменялась от 28,0 до 29,9 мг экв. на 100 г почвы (таблица. 53).

Таблица 53 – Изменение суммы обменных оснований в пахатном слое почвы под ячменем по вариантам опыта в 2014 г. мг-экв. на 100 г почвы

Варианты опыта	Сумма обменных оснований	В том числе обменный		
		кальций	магни й	натрий
Глубокое отвальное рыхление	29,9	20,8	7,8	1,3
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	29,3	20,7	7,2	1,4
Осеннее дискование	29,6	21,5	6,8	1,3
Осеннее дискование+ приёмы химизации	28,0	20,4	6,4	1,2
Нулевая обработка	29,5	21,5	6,9	1,1
Нулевая обработка+ приёмы химизации	29,6	21,4	7,0	1,2

Коэффициент вариации этого показателя не превышал 2,3%. Различие по вариантам обработки почвы в среднем составляло 1,3-2,7%. В этом случае также можно считать сумму обменных оснований одинаковой по всем вариантам с различными обработками почвы.

В засушливом 2014 г. в среднем сумма обменных оснований равнялась  $29,3 \pm 0,67$  мг - экв/100 г, а в 2013 г. –  $30,9 \pm 1,31$  мг - экв. В первом случае величина суммы обменных оснований была несколько ниже, чем во втором.

Содержание обменного кальция изменялась в пределах 72,3-72,8% от суммы обменных оснований, обменного магния – в пределах 22,8-26,1%, обменного натрия от 4,2 до 4,7%.

Содержание обменного кальция в почве было в 2014 г. несколько выше в процентном отношении, чем в предыдущем году.

В 2015 г. сумма обменных оснований изменялась от 30,8 до 32,3 мг – экв. на 100г почвы (таблица 54).

Таблица 54 – Изменение суммы обменных оснований в пахотном слое почвы под ячменем по вариантам опыта в 2015 г., мг – экв. на 100 г почвы

Варианты опыта	Сумма обменных оснований	В том числе обменный		
		кальций	магни й	натрий
Глубокое отвальное рыхление	30,8	22,1	7,6	1,1
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	30,9	21,9	7,7	1,3
Осеннее дискование	31,7	22,2	8,3	1,2
Осеннее дискование+ приёмы химизации	31,1	22,0	8,0	1,1
Нулевая обработка	32,3	23,1	8,0	1,2
Нулевая обработка+ приёмы химизации	31,9	22,7	7,9	1,3

Коэффициент вариации не превышал 2,0%.

Различие суммы обменных оснований по вариантам опыта с обработкой почвы составляло в среднем 1,9-4,2%.

В 2015 г. в среднем сумма обменных оснований в почве была выше, чем в предыдущие годы и составляла  $31,5 \pm 0,61$  мг - экв/100 г почвы.

Можно отметить некоторое увеличение суммы обменных оснований при нулевой обработке почвы.

Процентное отношение обменного кальция в 2015 г. на вспашке составляло 70,9-71,7%; осеннем дисковании – 70,0-70,7%, а при нулевой - 71,1-71,5%.

Содержание обменного магния изменялось в пределах 24,6-26,2%, обменного натрия – в пределах 3,5-4,2%.

В среднем за 2013-2015 гг. сумма обменных оснований в чернозёме южном колебалась от 30,2 до 30,8 мг – экв. на 100 г почвы (таблица 55).

Таблица 55 – Изменение суммы обменных оснований в пахотном слое почвы под ячменем по вариантам опыта в 2015 г., мг – экв. на 100 г почвы

Варианты опыта	Сумма обменных оснований	В том числе обменный		
		кальций	магни й	натрий
Глубокое отвальное рыхление	30,5	21,6	7,7	1,2
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	30,2	21,3	7,6	1,3
Осеннее дискование	30,6	21,7	7,6	1,3
Осеннее дискование+ приёмы химизации	30,2	21,6	7,4	1,2
Нулевая обработка	30,8	22,1	7,5	1,2
Нулевая обработка+ приёмы химизации	30,7	22,0	7,4	1,3

Различие данного показателя агрохимических свойств почвы по обработкам почвы не отмечено. Количество обменного кальция от суммы обменных оснований составляло 70,5-71,6%. Наибольшим оно было, на при нулевой обработке почвы.

Содержание обменного магния не превышало 24,7-25,4%, а натрия – 3,9-4,5%.

## 7 Изменение урожайности ячменя под влиянием обработки почвы, удобрений и предшественников

### 7.1 Урожайность зерна ячменя

Урожайность подопытной культуры является основным критерием определения эффективности различных изучаемых агроприемов, в том числе и обработки почвы.

В 2013 средневлажном году урожайность зерна ячменя по вариантам колебалась в пределах 0,76-1,32 т/га. На фоновых вариантах наибольшую урожайность ячмень сформировал после вспашки - 1,08 т/га зерна. При проведении осеннего дискования урожайность зерна ячменя уменьшилась на 18,5%, а при нулевой обработке снизилась на 29,6% (таблица 56).

Таблица 56 – Изменение урожайности зерна ячменя в 2013 г. в при разных способах обработки почвы и приёмов химизации, т/га

Варианты опыта А- обработка почвы В-приемы химизации	Урожайн ость зерна, т/га	Отклонение от вспашки		Отклонение от фоновых вариантов	
		т/га	%	т/га	%
Глубокое отвальное рыхление	1,08	-	-	-	-
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	1,32	-	-	0,24	22,2
Осеннее дискование	0,88	-0,20	-18,5	-	-
Осеннее дискование + приёмы химизации	1,17	-0,15	-11,4	0,29	32,9
Нулевая обработка	0,76	-0,32	-29,6	-	-
Нулевая обработка + приёмы химизации	1,09	-0,23	-17,4	0,33	43,4

НСР05 по фактору А=0,115  $F_{\phi}=13,250$   $F_T=3,59$

НСР05 по фактору В=0,094  $F_{\phi}=42,151$   $F_T=4,45$

НСР05 по фактору АВ=0,163  $F_{\phi}=0,347$   $F_T=3,59$

Применение удобрений и гербицидов повысили урожайность зерна ячменя на варианте с глубоким отвальным рыхлением на 22,2%, на варианте с осенним дискованием – на 32,9%, а при нулевой обработке – на 43,4%.

Наибольший эффект от применения приемов химизации отмечался при энергосберегающей обработке почвы.

Применение гербицидов и удобрений повысили урожайность ячменя после осеннего дискования и нулевой обработки почвы до уровня фонового варианта со вспашкой.

На фоне приемов химизации и вспашки ячмень дал урожайность выше, чем аналогичные варианты с энергосберегающими обработками на 11,4 и 17,4%.

В 2014 острозасушливом году урожайность ячменя не превышала 0,69-1,20 т/га зерна (таблица 57).

Таблица 57 – Изменение урожайности зерна ячменя в 2014 г. в при разных способах обработки почвы и приёмов химизации, т/г

Варианты опыта А- обработка почвы В-приемы химизации	Урожай ность зерна, т/га	Отклонение от вспашки		Отклонение от фоновых вариантов	
		т/га	%	т/га	%
Глубокое отвальное рыхление	1,06	-	-	-	-
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	1,20	-	-	0,14	11,7
Осеннее дискование	0,98	-0,08	-7,5	-	-
Осеннее дискование + приёмы химизации	1,11	-0,09	-7,5	0,13	11,7
Нулевая обработка	0,69	-0,37	-34,9	-	-
Нулевая обработка + приёмы химизации	0,89	-0,31	-25,8	0,20	22,5

НСР<sub>05</sub> по фактору А=0,182 F<sub>ф</sub>=18,198 F<sub>т</sub>=3,59

НСР<sub>05</sub> по фактору В=0,075 F<sub>ф</sub>=12,07 F<sub>т</sub>=4,45

НСР<sub>05</sub> по фактору АВ=0,257 F<sub>ф</sub>=13,25 F<sub>т</sub>=3,59

На варианте с глубоким отвальным рыхлением без удобрений и гербицидов урожайность ячменя равнялась 1,06 т/га зерна. При идентичном варианте с осенним дискованием урожайность снизилась на 7,5 %, по сравнению со вспашкой, нулевая обработка – на 34,9%. Снижение урожайности ячменя при нулевой обработке с контрольным вариантом

(традиционной вспашкой) в 2014 г. было более значительным, чем в 2013 г. (на 5,3%).

Применение приёмов химизации повышало урожайность при глубоком отвальном рыхлении на 11,7 %, на варианте с осенним дискованием также – на 11,7%, а при нулевой обработке (прямой посев) – на 22,5%. Эффективность приемов химизации снижалась в 2014 г. по сравнению с 2013 г. в 2 раза. Однако, несмотря на это наибольшая эффективность гербицидов и удобрений в этом году была также выше при энергосберегающих обработках по сравнению со вспашкой.

В 2015 г. в сравнительно влажном году урожайность зерна ячменя по вариантам составила 0,87-1,30 т/га (таблица 58).

Наибольшую урожайность ячмень сформировал на варианте с глубоким отвальным рыхлением – 1,13 т/га зерна. На варианте без удобрений и гербицидов с осенним дискованием ячмень снизил урожайность на 17,7%, а с нулевой обработкой – на 23,0%.

Таблица 58 – Изменение урожайности зерна ячменя в 2015 г. в при разных способах обработки почвы и приёмов химизации, т/га

Варианты опыта А- обработка почвы В-приемы химизации	Урожай ность зерна, т/га	Отклонение от вспашки		Отклонение от фоновых вариантов	
		т/га	%	т/г а	%
Глубокое отвальное рыхление	1,13	-	-	-	-
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	1,30	-	-	0,1 7	15,0
Осеннее дискование	0,93	-0,20	17,7	-	-
Осеннее дискование + приёмы химизации	1,13	-0,17	13,1	0,2 0	21,5
Нулевая обработка	0,87	-0,26	23,0	-	-
Нулевая обработка + приёмы химизации	1,18	-0,12	9,2	0,3 1	35,6

НСР05 по фактору А=0,280     $F_{\phi}=18,198$      $F_{\tau}=3,59$

По фактору В                     $F_{\phi}=2,07$                      $F_{\tau}=4,45$

По фактору АВ                     $F_{\phi}=0,035$                      $F_{\tau}=3,59$

Внесение удобрений и гербицидов повысили урожайность после глубокого отвального рыхления на 15,0%, после осеннего дискования – на 21,5%, при нулевой обработке - на 35,6%. Как и в предыдущие годы, наиболее эффективными были приемы химизации на посевах ячменя с энергосберегающей обработкой почвы. Прибавка урожайности на их фоне возрастала во втором случае в 1,5-2,0 раза. Внесение удобрений и гербицидов сравнивали урожайность ячменя на энергосберегающих обработках с вариантом на фоновой вспашке.

Средства химизации снизили различие со вспашкой по вариантам, как при минимальной обработке, так и при нулевой.

В среднем за годы проведения опыта (2013 – 2015 гг. ) урожайность ячменя по вариантам опыта не превышала 0,93-1,27 т/га зерна (таблица 59).

Таблица 59 – Изменение урожайности зерна ячменя за 2013- 2015 гг. в при разных способах обработки почвы и приёмов химизации, т/га

Варианты опыта А- обработка почвы В-приемы химизации	Урожайн ость зерна, т/га	Отклонение от вспашки		Отклонение от фоновых вариантов	
		т/га	%	т/га	%
Глубокое отвальное рыхление	1,09	-	-	-	-
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	1,27	-	-	0,18	16,5
Осеннее дискование	0,93	-0,16	14,7	-	-
Осеннее дискование + приёмы химизации	1,14	-0,13	10,2	0,21	22,6
Нулевая обработка	0,77	-0,32	29,4	-	-
Нулевая обработка + приёмы химизации	1,05	-0,22	17,3	0,28	36,4

Без использования гербицидов и удобрений наибольшую урожайность ячмень сформировал на варианте с глубоким отвальным рыхлением - 1,09 т/га. Без приёмов химизации с осенним дискованием урожайность в среднем снижалась - на 14,7%, а с нулевой – на 29,4. Обработка посевов гербицидами



и внесение удобрений повышали урожайность ячменя по варианту со вспашкой - на 16,5%, на варианте с осенним дискованием - на 22,6%, с нулевой обработкой – на 36,4%.

Эффективность применения приёмов химизации была выше при ресурсосберегающих обработках почвы. Прибавка урожайности от вспашки при внесении удобрений и применении гербицидов была по сравнению с осенним дискованием 10,2%, а по сравнению с нулевой обработкой – 17,3%. Таким образом, борьба с сорняками и улучшение пищевого режима ячменя на вариантах с энергосберегающей обработкой повышали урожайность этой культурой до уровня вспашки.

## **7.2 Роль предшественников при возделывании ячменя с энергосберегающей обработкой почвы**

Важную роль получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, в том числе и ячменя имеют предшественники. Наилучшими предшественниками считаются для многолетних трав, озимая пшеница, зернобобовые и пропашные культуры.

В опытах изучалась влияние возделывания ячменя в различных звеньях севооборота при энергосберегающих обработках почвы.

Ячмень высевался в следующих звеньях полевого севооборота:

1. Зерновое звено (яровая пшеница – овес – ячмень).
2. Пропашное звено (кукуруза – овес – ячмень).
3. Травяное звено (люцерна – овёс- ячмень).

Пропашные культуры (кукуруза) и многолетние травы (люцерна) обладают высоким средообразующим действием. Они в значительной мере улучшают водно – физические и агрохимические свойства почвы, снижают засоренность, численность вредителей и заражённость болезнями. Определение агрофизических свойств почвы показало, что и предшественники и обработка почвы заметно влияли на плотность и пористость почвы. В зерновом звене отмечается наибольшая плотность почвы как при глубоком отвальном рыхлении так и при энергосберегающих

обработках почвы. При глубоком отвальном рыхлении она составила 1,29 г/см<sup>3</sup>, при дисковании - 1,32 и при нулевой - 1,37 г/см<sup>3</sup> (таблица 60).

Таблица 60. Изменения плотности почвы под действием разных предшественников и приемов обработки почвы в посевах ячменя в слое 0-0,3 м в среднем за годы исследований, г/см<sup>3</sup>

Звено севооборота	Обработка почвы				
	Глубокое отвальное рыхление	осеннее дискование	нулевая обработка	в среднем	%
Зерновое звено	1,29	1,32	1,37	1,33	100
Пропашное звено	1,24	1,27	1,31	1,27	95,5
Травяное звено	1,16	1,22	-	1,19	89,5
В среднем по обработкам почвы	1,23	1,27	1,34	-	-
%	100	103,2	104,6	-	-

НСР<sub>05</sub>=0,03    F<sub>φ</sub>=15,433    F<sub>T</sub>=4,46

При вспашке плотность была меньше на 2,3 – 3,1 %, что в пределах ошибки опыта. В зернопропашном звене при вспашке плотность была меньше на 2,4 – 5,6 %, чем при энергосберегающих обработках. В травяном звене это различие составило 5,2 %. В среднем различие составило по обработкам почвы 3,2 – 4,6 %.

Снижение плотности почвы по предшественникам в зернопропашном звене севооборота составило 4,5 %, а в травяном - 10,5 % по сравнению с зерновым звеном. Введение в севооборот кукурузы и люцерны способствовало снижению плотности почвы. Аналогично плотности почвы снижалась общая пористость (таблица 61). На варианте со вспашкой в среднем по предшественникам пористость составила 54,5 %, по дискованию – 53,0 %, по нулевой обработке - 50,4 %. При энергосберегающей обработке почвы пористость была ниже, чем при вспашке на 1,5 – 4,1 %. В среднем по предшественникам различие составило в пропашном звене севооборота 2,0 %, а в травяном - 5,1 %, по сравнению с зерновым звеном. Введение в севооборот кукурузы и люцерны повышало пористость почвы.

Таблица 61. Изменение пористости почвы под влияние энергосберегающих обработок почвы и предшественников в посевах ячменя в слое 0 – 0,3 м в среднем за годы исследований, %.

Звено севооборота	Обработка почвы			
	Глубокое отвальное рыхление	осеннее дискование	нулевая обработка	в среднем
Зерновое звено	52,3	51,1	49,3	50,9
Пропашное звено	54,1	53,0	51,5	52,9
Травяное звено	57,1	54,9	-	56,0
В среднем по обработкам почвы	54,5	53,0	50,4	-

$НСР_{05}=0,51$   $F_{\phi}=10,427$   $F_{T}=4,46$

Содержание гумуса изменялось как по вариантам обработки почвы, так и по звеньям севооборота (таблица 62).

Таблица 62. Содержание гумуса в почве по различным вариантам опыта в среднем за годы исследований. %

Звено севооборота	Обработка почвы			
	глубокая отвальное рыхление	осеннее дискование	нулевая обработка	в среднем
Зерновое звено	3,5	3,6	3,8	3,63
Пропашное звено	3,5	3,8	3,9	3,73
Травяное звено	3,7	4,2	-	4,05
В среднем по обработкам почвы	3,60	3,87	3,85	-

$НСР_{05}=0,10$   $F_{\phi}=9,327$   $F_{T}=4,46$

Снижение интенсивности обработки почвы приводило к увеличению содержания гумуса в зерновом звене на 0,1-0,3%, в пропашном звене на 0,3-0,4 %, в травяном звене – 0,5 %. В среднем под ячменём в зерновом звене за

годы исследований гумуса было 3,63 %, в пропашном звене - 3,73 %, и в травяном звене - 4,05 %.

Во втором случае содержание гумуса возросло в среднем по обработкам почвы на 0,1 %, а в третьем случае на 0,42% по сравнению с первым. Снижение интенсивности обработки почвы уменьшало содержание гумуса на 0,27 – 0,25 %. Введение в севооборот кукурузы и люцерны повышало количество гумуса в почве.

И обработка почвы и предшественники влияли на количество элементов питания в почве (Таблица 63).

Таблица 63. Количество элементов питания в почве по вариантам опыта в среднем за годы исследований.

Звено севооборота	Обработка почвы			
	Глубокое отвальное рыхление	осеннее диско вание	нулевая обра ботка	в среднем
Нитратный азот, мг на 1 кг почвы				
Зерновое звено	8,1	7,1	6,6	7,3
Пропашное звено	7,9	7,7	7,8	7,8
Травяное звено	14,8	12,8	-	13,8
В среднем по обработкам почвы	10,3	9,2	7,2	-
НСР <sub>05</sub> =0,71 F <sub>ф</sub> =17,564 F <sub>т</sub> =4,46				
Доступный фосфор, мг на 1 кг почвы				
Зерновое звено	17,9	16,8	14,3	16,3
Пропашное звено	18,2	19,2	15,1	17,5
Травяное звено	22,3	19,3	-	20,8
В среднем по обработкам почвы	19,5	18,4	14,7	-
НСР <sub>05</sub> =0,83 F <sub>ф</sub> =14,429 F <sub>т</sub> =4,46				
Обменный калий, мг на 1 кг почвы				
Зерновое звено	303	302	298	301
Пропашное звено	300	308	306	305
Травяное звено	319	326	-	322
В среднем по обработкам почвы	307	312	302	-
НСР <sub>05</sub> =12,5 F <sub>ф</sub> =20,123 F <sub>т</sub> =4,46				

Наибольшее содержание нитратного азота было в почве на варианте со вспашкой в травяном звене севооборота, количество его колебалось от 12,8 до

14,8 мг на 1 кг почвы. В пропашном звене севооборота и в зерновом звене содержание нитратного азота было практически одинаковым и колебалось от 6,6 – 8,1 до 7,7 – 7,9 мг на 1 кг почвы. В среднем в травяном звене было 13,8 мг на 1 кг почвы, а в зерновом и в пропашном - 7,3 – 7,8 мг или на 89,0 и 77,0 % меньше. При вспашке количество азота было больше, чем при осеннем дисковании и нулевой обработках почвы. При глубоком отвальном рыхлении в среднем по звеньям севооборота количество нитратного азота составляло 10,3 мг на 1 кг почвы, при осеннем дисковании – 9,2 мг, при нулевой обработке (прямой посев) – 7,2 мг на 1 кг почвы. В первом случае нитратного азота было больше, чем во втором и третьем - на 7,0 и 30,0%.

Наибольшее количество доступного фосфора было в травяном севообороте 22,3 мг на 1 кг почвы, при осеннем дисковании оно снизилось до 19,3 мг. В зерновом звене севооборота было наименьшее количество фосфора. Содержание его колебалось от 14,3 до 17,9 мг. В пропашном звене количество доступного фосфора занимало промежуточное положение 15,1 – 18,2 мг. В среднем по звеньям севооборота содержание фосфора равнялось 16,3; 17,5; 20,8 мг.

Во втором и третьем случае фосфора было больше, чем в первом на 7,4 и 27,4 %. С увеличением интенсивности обработки почвы содержание подвижного фосфора снижалось с 19,5 до 14,7 мг на 1 кг почвы.

Обменный калий на всех вариантах опыта в зерновом и пропашном звеньях был практически одинаков и колебался в пределах ошибки опыта от 298 до 308 мг на 1 кг почвы. В травяном звене севооборота содержание обменного калия увеличивалось до 319 – 326 мг. В среднем в этом звене севооборота обменного калия было больше, чем в предыдущих двух звеньях на 3,4 – 5,3 %.

Введение в севооборот кукурузы и люцерны значительно повышало урожайность ячменя при энергосберегающих обработках почвы (таблица 64).

В пропашном звене севооборота ячмень дал прибавку урожайности на 25,0 % по сравнению с зерновым звеном, а в травяном звене прибавка при минимальной обработке составила 167,6 %, т о есть урожайность увеличилась в 2,7 раза.

В различных звеньях севооборота энергосберегающая обработка почвы снижала урожайность в различной степени по сравнению с глубоким отвальным рыхлением.

В зерновом звене севооборота осеннее дискование уменьшило урожайность ячменя на 29,1 %, а при нулевой обработки - на 32,5 %. В пропашном звене севооборота разница со вспашкой составила 18,0 и 28,0 %. В травяном звене севооборота снижение урожайности на дисковании по сравнению со вспашкой составило всего 10,4 %.

Введение в севооборот кукурузы и люцерны значительно увеличили урожайность на вариантах с энергосберегающими обработками почвы и снижали различие с традиционной обработкой.

Таблица 64. Изменение урожайности ячменя по звеньям севооборота в среднем за годы исследований, т/га.

Звено севооборота	Обработка почвы				
	Глубокое отвальное рыхление	осеннее дискование	нулевая обработка	в среднем	%
Зерновое звено	0,86	0,61	0,58	0,68	100,0
Пропашное звено	1,00	0,82	0,72	0,85	125,0
Травяное звено	1,92	1,72	-	1,82	267,6
В среднем по обработкам почвы	1,26	1,05	0,65	-	-
%	100	83,3	51,6	-	-

$$НСР_{05}=0,11 \quad F_{\phi}=7,358 \quad F_T=4,46$$

По расчетам наилучшие показатели экономической эффективности (чистый доход и уровень рентабельности) отмечались в травяном звене севооборота, наименьший показатели были в зерновом звене севооборота. При нулевой обработке и осеннем дисковании чистый доход и уровень

рентабельности был выше, чем при вспашке. Себестоимость урожая ячменя была меньше при энергосберегающих обработках почвы на всех звеньях севооборота.

Выявлена зависимость количество внесённой с осени соломы предшественника при нулевой обработке почвы с урожайностью ячменя. Увеличение соломы с 3,0 до 6,7 т/га, повышало урожайность ячменя на этом варианте на 50%, в следствии повышения влажности почвы и снижения ее плотности.

При применении гербицидов угнетаются не только сорные растения, но и страдают возделываемые культуры. Для уменьшения отрицательного воздействия гербицидов на культурные растения применяют антистрессовые биологические препараты, относящиеся к стимуляторам роста, хелатным формам удобрения в сочетании с микроэлементами и т.д. Нами изучалось с этой целью влияние на урожайность ячменя гумата натрия и реасила в сочетании с азотными удобрениями на различных фонах обработки почвы. В фазе кущения и колошения ячменя проводилось двухкратное опрыскивание посевов гуматом натрия нормой 4л/га и реасилом - нормой 3л/га. Реасил оказывал большее положительное влияние на растения ячменя, чем гумат натрия (таблица 65).

Таблица 65 Влияние обработки почвы в сочетании с антистрессовыми препаратами на фоне гербицидов на урожайность зерна ячменя, т/га.

Варианты опыта	Гумат натрия			Реасил		
	урожайность, т/га	прибавка		урожайность, т/га	прибавка	
		т/га	%		т/га	%
Глубокое отвальное рыхление	1,36	-	-	1,10	-	-
Глубокое отвальное рыхление +биопрепараты	1,44	0,08	5,9	1,18	0,08	7,8
Осеннее дискование	1,24	-	-	0,97	-	-
Осеннее дискование+биопрепараты	1,35	0,11	8,9	1,17	0,20	20,6
Нулевая обработка	1,08	-	-	0,90	-	-
Нулевая обработка+биопрепараты	1,35	0,27	25,0	1,16	0,26	28,9

Если прибавка урожайности от применения гумата натрия составила 5,9 – 25,0%, то обработка посевов реасилом повысила урожайность зерна ячменя на 7,8- 28,9 %. При интенсивной обработке почвы (вспашке) эффект от антистрессовых препаратов был значительно ниже, чем при осеннем дисковании и нулевой обработке. При глубоком отвальном рыхлении прибавка урожайности составила 5,9 – 7,8%, при дисковании, увеличение урожая достигло 8,9 – 20,6 %. При нулевой обработке урожайность возросла на 25,0 – 28,9 %. Это можно объяснить с одной стороны лучшими условиями произрастания ячменя, а с другой стороны различием в засорённости посевов.

### **7.3 Анализ зависимости урожайности ячменя от основных факторов жизни растений**

В условиях Поволжья урожайность ячменя в первую очередь зависит от выпадающих осадков, от запасов влаги в почве, от уровня агротехники. Зависимость урожайности (у) от количества выпадающих осадков (х) выражалось уравнением вида:  $Y_1=100,1x-3,41$  и  $Y_2=84,7x-9,48$ . Коэффициенты корреляции колебались в пределах 0,91-0,95 (рисунок 1).

На варианте со вспашкой за три года, из которых один год был засушливым и один год сравнительно влажным, урожайность в среднем равнялась без удобрений  $1,09\pm 0,53$ , а с удобрениями -  $1,27\pm 0,62$  т/га. Коэффициент вариации равнялся 0,48-0,49. В среднем коэффициент вариации равнялся 0,485.



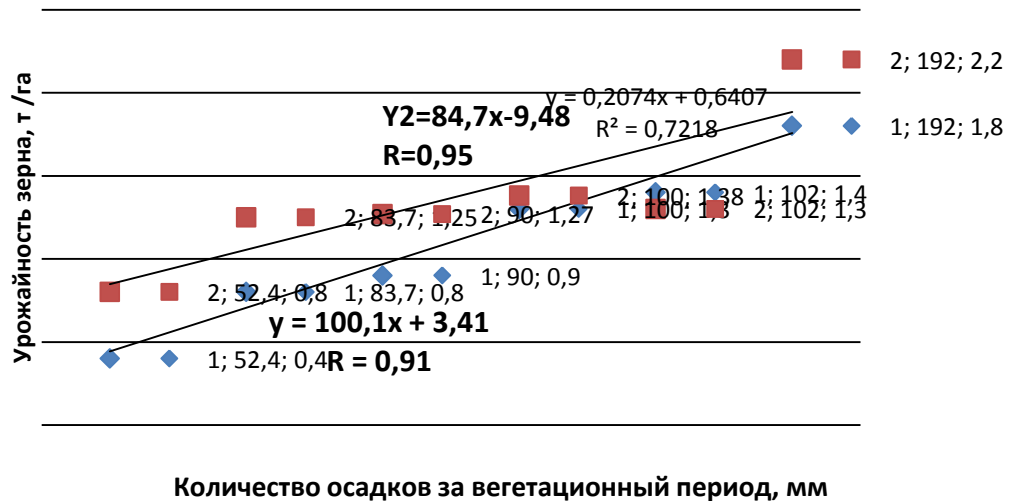


Рис.1. Зависимость урожайности ячменя от количества осадков за вегетационный период (1- при нулевой обработке; 2 - при вспашке), мм

На варианте с нулевой обработкой урожайность ячменя по годам была без удобрений  $0,77 \pm 0,67$  т/га, а с удобрениями  $1,05 \pm 0,57$  т/га.

Коэффициенты вариации равнялись от 0,87,0 и до 0,54%.

В среднем коэффициент составил 0,71%.

На вариантах со вспашкой урожайность ячменя за эти годы зависела от осадков на 48,0%, а при нулевой обработке почвы – на 60,0%.

Это объясняется интенсивным испарением влаги из почвы во втором случае.

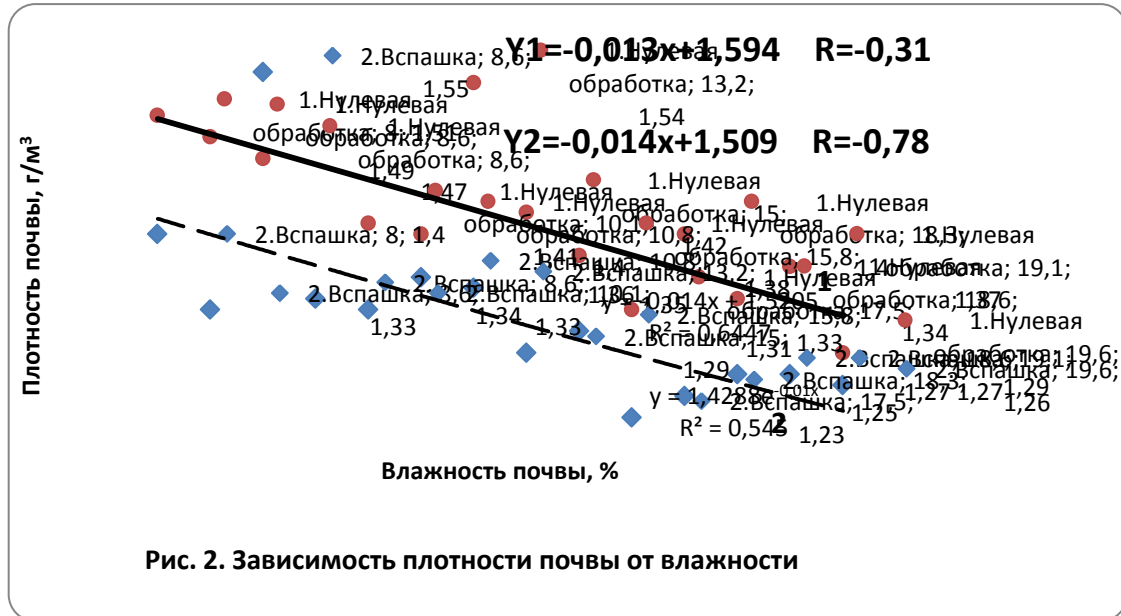
Зависимость урожайности ячменя (y) от количества продуктивной влаги весной перед посевом в слое 0-0,5 м (x) при вспашке имела коэффициент корреляции 0,66 и выражалась уравнением  $y = 0,021x - 0,547$ .

Для слоя 0,5-1,0 метр коэффициент корреляции не превышал 0,18, а уравнение имело вид  $y = 0,007x + 0,57$ .

При изменении запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-0,5 м на вспашке коэффициент вариации урожайности ячменя равнялся 1,2%; при осеннем дисковании - 13,0%; при нулевой обработке - 5,5%.

Урожайности ячменя зависела от запасов влаги в слое 0,5-1,0 м в меньшей степени, чем в слое 0-0,5м.

Коэффициент вариации урожайности в этом случае в слое 0,5-1,0 м при вспашке составил 1,4%, при осеннем дисковании – 3,7%, при нулевой обработке – 2,6%.



Запасы влаги в слое 0-0,5 м (почвы) влияет на формирование урожайности ячменя на 6,6%, а в слое 0,5-1,0 м – 2,6%. По Шеину Е.В. Гончарову В.М. (2006), оптимальной плотностью почвы на чернозёмах южных среднесуглинистых по гранулометрическому составу признана плотность в пределах 1,10-1,30 г/см<sup>3</sup>. Оптимальная плотность почвы в посевах ячменя находится весной в верхнем слое, при влажности почвы более 18 - 20% от массы сухой почвы.

В сухих условиях Поволжья влажность почвы в слое 0-0,3 м не редко снижается до влажности устойчивого завядания, которая равняется 8,0-10%. Если такое снижение отмечается в начале вегетации, у ячменя не образуются продуктивные боковые побеги, отсутствует продуктивное кущение и вторичная корневая система и снижается урожайность зерна.

При снижении влажности почвы увеличивается плотность (рисунок 2).

Уравнение взаимосвязи плотности почвы от влажности имели вид:

$Y_1 = -0,013x + 1,594$  и  $Y_2 = -0,014x + 1,509$ . Коэффициенты корреляции составляли соответственно  $R = -0,31$  и  $R = -0,78$

Ячмень при низкой влажности плохо переносит высокую плотность почвы.

В условиях Поволжья при нулевой обработке почвы наблюдается слабое мульчирование почвы соломой из-за низкой её урожайности предыдущей культуры.

Высокая капиллярная пористость при нулевой обработке благоприятствует быстрому испарению воды из почвы. При нулевой обработке (прямой посев) почва с восходящим током воды теряет больше влаги, чем после вспашки, где капилляров меньше. Снижение влажности почвы приводят к значительному повышению плотности.

Перед посевом ячменя весной в пахотном слое при влажности почвы 19-21% после глубокого отвального рыхления плотность сложения почвы не превышала 1,24-1,26 г/см<sup>3</sup>. На фоне нулевой обработки она возросла до 1,27-1,31 г/см<sup>3</sup>. Такое значение плотности было близко к оптимальному. При уменьшении влажности до 14-16% плотность возросла при вспашке до 1,30 г/см<sup>3</sup>, а при нулевой обработке – до 1,38 – 1,40 г/см<sup>3</sup>, что превышало оптимальные значения.

Уменьшение влажности почвы до 8-10% увеличивало плотность в первом случае до 1,38-1,39 г/см<sup>3</sup>, а во втором – до 1,51 г/см<sup>3</sup>. Видимо, более быстрое иссушение и интенсивное уплотнение в сухие годы создаёт плохие условия для роста растений. Это объясняет снижение урожайности ячменя на вариантах с нулевой обработкой, особенно в засушливые годы.

Во влажные годы отрицательный эффект от увеличения плотности существенно сглаживается. В средне сухие годы уменьшение урожайности по сравнению с глубоким отвальным рыхлением составило 18,5-29,6 и даже 50,0%, то во влажные годы это различие уменьшается до 7,5 – 25,8%. Большую роль при этом играет количество пожнивных остатков и урожайность соломы предшественника. Хорошим предшественником считают кукурузу на зерно, люцерну, и т.д.

Взаимосвязь урожайности ячменя ( $y$ ) с количеством нитратного азота ( $x$ ) аппроксимировалась уравнением вида  $y=0,137x -0,266$ . Коэффициент корреляции равнялся 0,94.

Коэффициент вариации урожайности зерна ячменя после фоновой вспашки в зависимости от количества нитратов в почве составлял 33,5% а при внесении удобрений 25,1%. В среднем он не превышал 29,3%.

При дисковании эти показатели равнялись соответственно 34,2 и 32,3%, а при нулевой обработке – 19,7 и 21,5%. В среднем коэффициент вариации урожайности ячменя в этом случае составлял 27,7%.

Взаимосвязь урожайности ячменя от плотности почвы ( $x$ ) аппроксимировалась уравнением вида  $y=1,546-0,285x$ . Коэффициент корреляции составлял -0,83.

Коэффициент вариации урожайности на варианте со вспашкой равнялся 5,3%; при осеннем дисковании– 8,9%, при нулевой обработке – 8,5%. В среднем он не превышал 7,6%.

Взаимосвязь урожайности ячменя ( $y$ ) с количеством сорных растений ( $x$ ) аппроксимировалась уравнением вида  $y=-0,207x +1,79$  при коэффициенте корреляции 0,38.

Коэффициенты вариации урожайности ячменя при разной засорённости на вспашке составил 16,0%; при осеннем дисковании– 31,1%; при нулевой обработке – 27,3%. В среднем его величина не превышала 25,0%.

Таким образом, анализ зависимости урожайности ячменя в условиях засушливого Поволжья от факторов жизни растений показал, что в первую очередь на неё влияли осадки за вегетационный период. В средnezасушливые годы урожайность от осадков зависела на 48-60%, а в засушливые годы – до 83%.

Значительное влияние на урожайность зерна ячменя оказывало количество азота в почве. От количества нитратного азота в условиях

проведения опыта урожайность зависела на 29,3%, причём после нулевой обработки почвы – на 33,5 %, а при вспашке - на 25,1%.

От плотности почвы в пределах оптимального значения последней урожайность зависела на 7,6%, в средние по влагообеспеченности годы при глубоком отвальном рыхлении - на 5,3 %. при осеннем дисковании - на 8,9%, а при нулевой – на 8,5%. В сухие годы доля участия плотности почвы в формировании урожайности ячменя возрастает до 15-20%.

Засорённость полей может снижать продуктивность ячменя на 16- 32%.

## 8 Энергетическая и экономическая эффективность

Для объективного представления эффективности возделывания ячменя при различных обработках почвы рассчитывают энергетическую эффективность.

Расчет энергетической эффективности дает возможность установить дифференцированно количество затрат электроэнергии, удобрений, топлива, мелиорантов, пестицидов, машин, оборудования и т.д.

Анализ энергетической эффективности дает возможность оценить увеличение плодородия почвы. Энергетические эквиваленты дают возможность определить результаты эффективности производства разных видов продукции, в том числе и зерна. С помощью энергетической оценки в земледелии, возможно, выявить степень энерго- и ресурсоемкость технологических процессов при возделывании сельскохозяйственных растений.

Денежная оценка может оказаться некорректной, так как она во многом определяется конъюнктурными ценами на сырье. Расчет энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур дает возможность получить более объективную информацию.

К основным показателям энергоемкости технологических процессов, технологий и отдельных агроприемов относится полная энергоемкость. Полной энергоёмкостью называется сумма прямых и овеществленных затрат, отнесенных к единице производимой продукции.

Эффективность использования энергетических и материальных ресурсов оценивается коэффициентом энергетической эффективности, то есть отношением обменной энергии в урожае к энергетическим затратам на выращивание урожая (В.М. Володин, 1999; М.М. Севернев, 1991; В.в. Коренец. 1992).

При возделывании ячменя по традиционной технологии со вспашкой, лущением, культивацией, и боронованием затраты на обработку почвы

занимали 32% от общих затрат на возделывание ячменя, при минимальной обработке – 13%. Это заметно сказалось на эффективности возделывания культуры. Энергозатраты на применение гербицидов и удобрений составили 1,65-1,89 ГДж/га или 18,6; 23,3 и 31,4% от общих затрат (таблица 66).

Таблица 66 – Энергетическая эффективность возделывания ячменя при различных обработках почвах

Варианты опыта	Урожайность ячменя, т/га	Обменная энергия, ГДж/га	Энергозатраты, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности	Количество затрат на 1 т зерна, ГДж
Глубокое отвальное рыхление	1,09	21,03	8,87	2,37	8,14
Глубокое отвальное рыхление+приёмы химизации	1,27	24,51	10,52	2,32	8,28
Осеннее дискование	0,98	18,91	6,92	2,73	7,06
Осеннее дискование+приёмы химизации	1,14	22,00	8,53	2,58	7,48
Нулевая обработка	0,77	14,86	5,01	2,97	6,51
Нулевая обработка+приёмы химизации	1,05	20,26	6,90	2,94	6,57

Снижение урожайности ячменя при ресурсосберегающей обработке почвы на 10,2-29,4%, не привёл к снижению коэффициентов энергетической эффективности. Напротив они увеличились на 15,1-25,3% за счёт снижения энергозатрат. При осеннем дисковании без применения приёмов химизации коэффициент возрос на 15,2% по сравнению с глубоким отвальным рыхлением, а по сравнению с нулевой обработкой – на 25,3%. При внесении удобрений и гербицидов этот показатель несколько снизился. На фоне химизации на вариантах с энергосберегающей технологии коэффициенты энергетической эффективности превышали на 11,2 – 26,7% традиционную обработку (глубокое рыхление).

Наибольшие затраты энергии на производство 1 т зерна ячменя были при возделывании его по традиционной вспашке. Они составляли 8,14-8,28 ГДж/т. При осеннем дисковании они не превышали 7,06-7,48 ГДж/т, а при нулевой – 6,51-6,57 ГДж/т, что на 9,7-13,3% и 20,0-20,6% ниже, чем после вспашки. Применение агроприемов химизации несколько уменьшило коэффициенты энергетической эффективности и увеличило затраты энергии на производство 1 т ячменя. Это отмечалось на всех вариантах опыта без исключения.

Снижение коэффициента энергетической эффективности от применения средств химизации на варианте с глубоким отвальным рыхлением составило 2,1%, с осенним дискованием – 5,5%, с нулевой – 1,0%. Видимо, внесение удобрений и гербицидов лучше окупилось при нулевой обработке почвы по сравнению с другими вариантами.

Энергетическая эффективность подтвердилась расчётами экономической эффективности (таблица 67).

Денежные затраты на возделывания ячменя при нулевой обработке составляли 2,77 тыс. руб./га, что на 2,24 тыс. или 44,7% меньше чем при вспашке.

При осеннем дисковании на выращивание ячменя затраты составили 2,80 тыс. руб./га. Это меньше чем при традиционной обработке на 42,9%.

Внесение удобрений и гербицидов повысили денежные затраты на выращивание ячменя на 16,2; 34,2 и 27,0%.

Условный чистый доход с гектара при нулевой обработке превышал вспашку на фоновом варианте в 2,5 раза, а при внесении удобрений и гербицидов – в 3 раза.

Возделывание ячменя при осеннем дисковании дало чистый доход больше, чем при традиционной обработке почвы в 2,5- 3,7 раза. Чистый доход при нулевой обработке был незначительно ниже, чем при минимальной на 1,8 - 12,1%.



Таблица 67 – Экономическая эффективность возделывания ячменя с применением разработанных агроприёмов

Варианты опыта	Урожайность ячменя, т/га	Стоимость продукции, тыс. руб. на 1 га	Затраты, тыс. руб. на 1 га	Себестоимость, тыс. руб. на 1 га	Чистый доход, тыс. руб. на 1 га	Уровень рентабельности, %
Глубокое отвальное рыхление	1,09	5,45	5,01	4,59	0,44	8
Глубокое отвальное рыхление+ приёмы химизации	1,27	6,35	5,82	4,58	0,53	8
Осеннее дискование	0,98	4,90	2,80	2,86	1,10	39
Осеннее дискование+ приёмы химизации	1,14	5,70	3,76	3,30	1,94	52
Нулевая обработка	0,77	3,85	2,77	3,59	1,08	39
Нулевая обработка+ приёмы химизации	1,05	5,25	3,52	3,35	1,73	49

Себестоимость 1 т зерна ячменя снижалась при применении осеннего дискования на 38,8 - 60,1%, а при нулевой – на 73,1 – 78,2%. Уровень рентабельность при выращивании ячменя с применением осеннего дискования возрастал по сравнению с глубоким отвальным рыхлением на 31 - 44%, а с нулевой – на 31 и-41%.

Использование приёмов химизации снижало уровень рентабельности при осеннем дисковании на 13, а при нулевой (прямой посев) – на 10%.

## Заключение

Обработка почвы существенно изменяла плотность почвы, особенно в осенний период. Наименьшей она была после глубокого отвального рыхления – 0,83–1,15 г/см<sup>3</sup>. При осеннем дисковании плотность сложения изменялась от 1,06 до 1,36 г/см<sup>3</sup>, при нулевой обработке – от 1,17 до 1,38 г/см<sup>3</sup>. При вспашке отмечено снижение плотности осенью на 25,5 и 26,5 % соответственно.

За осенне-зимний период отмечено оседание почвы, особенно после вспашки. Весной перед посевом ячменя после вспашки плотность в слое 0–0,3 м составляла 1,22 г/см<sup>3</sup>: После осеннего дискования она равнялась 1,24 г/см<sup>3</sup>, а при нулевой обработке – 1,25 г/см<sup>3</sup>. Различие было на 1,6–2,4 %. Это в пределах ошибки эксперимента.

В среднем за 2012–2014 гг. в осенний период общая пористость почвы в слое 0–0,3 м после глубокого отвального рыхления составляла 63,5 %, при осеннем дисковании – 54,6 %, при нулевой обработке – 52,9 %. Во втором и третьем случаях она была меньше, чем при глубоком отвальном рыхлении, на 8,9 и 10,6 % соответственно. Перед посевом ячменя общая пористость различалась по вариантам на 0,5 и 1,1 %. Вспашка разрыхляла почву в осенний период. К посеву ячменя почва уплотнялась, и различие в пористости заметно сглаживалось.

Наибольшей в осенний период пористость аэрации была на варианте с глубоким отвальным рыхлением, где она составляла 41,0–41,2 %. После осеннего дискования она снизилась до 32,6–32,9 %, при нулевой обработке – до 28,0–28,5 %. Снижение было на 8,3–8,4 и 12,7–13,0 %. Перед посевом ячменя различие в пористости аэрации уменьшилось на 0,6–0,9 %.

В среднем капиллярная пористость после энергосберегающих обработок была выше, чем после вспашки, на 1,4–2,3 и 2,2–2,4 %. Применение приемов химизации не влияло на величину капиллярной пористости.

После глубокого отвального рыхления структурность почвы равнялась 63,8–61,3 %, а коэффициент структурности – 1,58–1,76. Глыбистая фракция (более 10 мм) составила 28,3–29,4 %. Пылеватая фракция (менее 0,25 мм) не превышала 7,9–9,3 %. При осеннем дисковании количество агрономически ценных структурных агрегатов возрастало до 74,7–71,2 %, что больше, чем при вспашке, на 10,9 и 9,9 %. Коэффициент структурности увеличился до 2,47–2,95. Пылеватая фракция снизилась до 1,1–3,5 %, а глыбистая на 4,1 %.

При нулевой обработке почвы структура увеличилась до 73,2 и 76,0 %. Это больше, чем при глубоком отвальном рыхлении на 12,2–12,9 % и больше, чем при осеннем дисковании на 1,3–2,0 %. Коэффициент структурности при нулевой обработке повысился до 2,73–3,17 или на 72,8–80,1 %. Величина пылевой фракции снизилась до 1,0–2,2 %.

В среднем за 2013–2015 гг. запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы после вспашки были наибольшими и составляли 134,2–135,2 мм. При осеннем дисковании этот показатель снизился на 22,3–22,5 мм, или на 16,6–16,7 %. При нулевой обработке снижение запасов влаги достигло 15,8–16,0 мм, или 11,2–11,7 %.

Изучаемые способы обработки почвы заметно сказывались на содержании гумуса в верхних горизонтах. На варианте со вспашкой количество гумуса по годам практически не изменялось и составляло 3,30–3,32 %. Внесение минеральных азотных удобрений не влияло на содержание гумуса в почве. Снижение интенсивности обработки почвы заметно повышало количество гумуса. При осеннем дисковании по годам исследований содержание гумуса возросло с 3,32–3,33 до 3,36–3,37 %. При нулевой обработке количество гумуса увеличилось до 3,39–3,43 %. Это больше, чем после глубокого отвального рыхления на 0,05–0,06 и 0,08–0,12 %.

При глубоком отвальном рыхлении нитратного азота было больше, чем при осеннем дисковании и нулевой обработке. В среднем за 2013–2015 гг. увеличение нитратного азота на фоновом варианте при глубоком

отвальном рыхлении превосходило нулевую обработку на 1,0 мг/кг почвы. При осеннем дисковании содержание азота было одинаково со вспашкой.

Осеннее дискование без приемов химизации не изменяло содержания фосфора в почве. Внесение минеральных удобрений при осеннем дисковании увеличивало количество растворимого фосфора в почве на 3,7–4,2 мг на 1 кг. На варианте с нулевой обработкой содержание доступного фосфора было выше, чем при вспашке на 2,2–4,2 мг/кг.

Наиболее стабильным было содержание в почве обменного калия. Количество его различалось по вариантам от 1,6 до 3,1 %, что статистически недостоверно.

В среднем за 2013–2015 гг. урожайность зерна ячменя не превышала 0,93–1,27 т/га. Без использования гербицидов и удобрений наибольшую урожайность ячмень сформировал на варианте с глубоким отвальным рыхлением – 1,09 т/га зерна. При осеннем дисковании урожайность в среднем снижалась на 14,7 %, а с нулевой обработкой почвы – на 29,4 %. Приемы химизации повышали урожайность ячменя при глубоком отвальном рыхлении на 16,5 %, при осеннем дисковании – на 22,6 %, при нулевой обработке – на 36,4 %. Эффективность приемов химизации была выше на вариантах с ресурсосберегающими обработками почвы. При внесении удобрений и применении гербицидов урожайность при глубоком отвальном рыхлении была выше по сравнению с осенним дискованием на 10,2 %, с нулевой обработкой – на 17,3 %. Борьба с сорняками и улучшение пищевого режима ячменя на вариантах с энергосберегающей обработкой повышали урожайность этой культурой до уровня вспашки.

Введение в севооборот кукурузы и люцерны повышало урожайность ячменя при энергосберегающих обработках почвы и снижало различие с традиционной обработкой. В пропашном звене севооборота ячмень дал прибавку урожайности на 25,0 % по сравнению с зерновым звеном, а в травяном звене прибавка составила 167,6 %, то есть урожайность увеличилась в 2,7 раза. В зерновом звене севооборота осеннее дискование

снижало урожайность ячменя на 29,1 %, а при нулевой обработке – на 32,5 %. В пропашном звене севооборота разница со вспашкой составила 18,0 и 28,0 %. В травяном звене севооборота снижение урожайности при дисковании по сравнению с глубоким отвальным рыхлением составило 10,4 %.

Снижение урожайности ячменя при ресурсосберегающих обработках почвы на 10,2–29,4 % не уменьшало коэффициенты энергетической эффективности. Напротив, величина их увеличивалась вследствие уменьшения затрат при осеннем дисковании на 15,2 %, а при нулевой обработке – на 25,3 % по сравнению с глубоким отвальным рыхлением. При внесении удобрений и гербицидов этот показатель несколько снизился.

Опрыскивание посевов реасилом и гуматом калия повысило урожайность ячменя при вспашке на 5,9–7,8 %, при осеннем дисковании – на 8,9–20,6 %, при нулевой обработке – на 25,0–28,9 %.

Денежные затраты на возделывание ячменя при нулевой обработке снизились на 44,7%, при осеннем дисковании – на 42,9 % по сравнению со вспашкой. Внесение удобрений и гербицидов повысило денежные затраты на выращивание ячменя на 16,2–34,2 %.

Наименьший чистый доход с 1 га был на варианте со вспашкой. При нулевой обработке он был практически одинаков с осенним дискованием.

Себестоимость 1 т зерна ячменя снижалась при осеннем дисковании на 38,8–60,1 %, при нулевой обработке – на 73,1–78,2 %.

Уровень рентабельности при выращивании ячменя с применением осеннего дискования возрастал по сравнению с глубоким отвальным рыхлением на 31–44%, с нулевой обработкой – на 31–41 %. Приемы химизации снижали уровень рентабельности при минимальной обработке на 13 %, при нулевой обработке – на 10 %.

## Рекомендации производству

Для получения стабильной урожайности ячменя с низкой себестоимостью и сохранения плодородия чернозёма южного необходимо применять осеннее дискование почвы дисковой бороной на глубину 10-12 см в сочетании с обработкой поля гербицидом раундап нормой 4 л/га после уборки предшественника. В фазу кущения ячменя посевы рекомендуется обработать гербицидом альянс нормой 0,7 л/га или диален нормой 2 л/га с внесением азотных удобрений нормой 40 кг д. в. на 1 га.

В зернотравяных и зернопропашных звеньях севооборота рекомендуется применять нулевую обработку почвы с обязательным внесением азотных удобрений нормой 40 кг д. в. на 1 га и обработкой поля в осенний период гербицидом раундап нормой 4 л/га, а в фазу кущения ячменя гербицидом альянс нормой 0,7 л/га или диален нормой 2 л/га.

В фазы кущения и колошения посевы ячменя необходимо опрыскивать гуматом калия нормой 4 л/га и реасилом нормой 3 л/га.

## Список литературы

1. Абаинов, В. Ф. Продуктивность зернопаропропашного севооборота при внесении расчетных норм удобрений /В. Ф. Абаинов // Зерновые культуры. – 1994. – № 3. – С. 12–14.
2. Абаинов, В. Ф. Применение минеральных удобрений под ячмень и овес на южных черноземах в Оренбургской области /В. Ф. Абаинов // Химия в сельском хозяйстве. – 1984. – Т XXII. – № 9. – С. 14–17.
3. Агрофизические свойства почвы и урожайность ячменя в зависимости от приемов обработки / В. В. Глушков [и др. ] // Плодородие. – 2010. – № 3 (54). – С. 18–20.
4. Айдиев, А. Ю. Агротехнические особенности возделывания яровой пшеницы в Курской области / А. Ю. Айдиев // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 10. – С. 9–10.
5. Акулова, Т. В. Влияние способов основной обработки почвы и гербицидов на урожайность ярового ячменя на черноземе обыкновенном : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Акулова Т.В. – п. Персиановский, 2012.
6. Алексеев, А. М. Влияние минерального питания на водный режим растений / А.М. Алексеев, Н.А. Гусев. – М.: Колос,1957. – 31 с.
7. Ананьева, Н. Д. Развитие фундаментальных идей В.А. Ковды в почвенной микробиологии / Н. Д. Ананьева, Е. А. Сусьян // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв. – М., 2006. – С. 173–183.
8. Большой практикум по микробиологии /Т. Е. Аристовская [и др.] // М.: Высш. шк., 1962. – 490 с.
9. Баздырев, Г. И. Возможности и проблемы минимализации обработки почвы при длительном ее использовании / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин //Известия ТСХА. – Вып. 4. – 2008. – С. 4–16.
10. Баздырев, Г. И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений / Г. И. Баздырев. – М.: КолосС, 2004. – 328 с.

11. Балашов, В. В. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность и коэффициент размножения семян ярового ячменя / В. В. Балашов, Е. Н. Сухарева // Плодородие. – 2011. – № 4. – С. 46.
12. Почвозащитное земледелие / А. И. Бараев [и др.]. – М.: Колос, 1975. – 304 с.
13. Баранов, А. И. Влияние гербицидов на засоренность и урожайность ярового ячменя / А. И. Баранов, А. В. Гринько // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6 (50). – С. 35–37.
14. Баталова, Г. А. Возделывание голозерного ячменя в Волго-Вятском регионе / Г. А. Баталова, Е. Н. Вологжанина // Земледелие. – 2011. – № 6. – С. 13–14.
15. Баталова, Г. А. К вопросу о качестве зерна овса / Г. А. Баталова // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – № 3. – С. 23–25.
16. Баталова, Г. А. Овес. Технология возделывания и селекция / Г. А. Баталова. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 206 с.
17. Бачило, Н. Г. Энергосберегающие системы обработки почвы / Н. Г. Бачило // Сборник научных материалов. – Минск: Беларусь, 2005. – 303 с.
18. Белкин, А. А. Влияние обработки почвы на агрофизические, агрохимические свойства почвы и урожайность зерновых культур / А. А. Белкин, Н. В. Беседин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – Т. 5. – № 5. – С. 54–57.
19. Беляков, И. И. Ячмень в интенсивном земледелии / И. И. Беляков. – М.: Росагропромиздат, 1990.
20. Беляков, Н. И. Влияние фосфора на засухоустойчивость и водный режим пшеницы и ячменя / Н. И. Беляков // Рост и устойчивость растений. – Киев, 1965. – С. 48–52.
21. Бесалиев, И. Н. Моделирование продуктивности ячменя в условиях степи Южного Урала / И. Н. Бесалиев, А. Г. Крючков. – М.: Вестник Российской академии с.-х. наук, 2007. – 529 с.



22. Бикбулатова, Е. М. Эффективность возделывания озимой пшеницы при ресурсосберегающей обработке почвы в сидеральном пару / Е. М. Бикбулатова, Н. И. Гареев, М. Г. Сираев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6 (112). – С. 543–544.
23. Ботаника : учебник для пед. институтов и университетов / Г. Курсанов [ и др.] // Анатомия и морфология. – М. : Учпедгиз , 1958. – 419 с.
24. Борисоник, З. Б. Ячмень и овес в черноземной зоне / З. Б. Борисоник. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 164 с.
25. Буров, Д. И. Научные основы обработки почв Заволжья / Д. И. Буров. – Куйбышев: Куйбышевское кн. изд-во, 1970. – 294 с.
26. Буров, Д. И. Обработка почвы как фактор улучшения структурных качеств и строения пахотного слоя черноземных почв Заволжья. Теоретические вопросы обработки почвы / Д. И. Буров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 136 с.
27. Буянкин, Н. И. Основная обработка почвы в условиях засушливого земледелия / Н. И. Буянкин, А. Г. Краснопёров // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 6. – С. 39–42.
28. Буянкин, В. И. Земледелие северо-западного Казахстана / В. И. Буянкин, В. С. Кучеров. – М.: Анонс, 1992. – 98 с.
29. Власенко, А. Н. Разработка технологии No-Till на черноземе выщелоченном Лесостепи Западной Сибири / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, Н. А. Коротких // Земледелие. – 2011. – № 5. – С. 20–22.
30. Влияние приемов минимизации обработки почвы и применения гербицидов на продуктивность ячменя в Поволжье / Е. П. Денисов [и др.] // Нива Поволжья. – 2013. – № 26. – С. 7–11.
31. Влияние энергосберегающих обработок почвы на засорённость посевов яровой пшеницы / Е. П. Денисов [и др.] // Нива Поволжья. – 2014. – № 31.–С. 8–14.

32. Влияние энергосберегающих обработок почвы на фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы / И. С. Полетаев [и др.] //Аграрный научный журнал. – 2014. – № 10. – С. 28–31.
33. Воронин, А. Н. Приемы регулирования урожайности и качества зерна ячменя в Белгородской области / А. Н. Воронин, В. Д. Соловиченко, Г. И. Уваров // Земледелие. – 2010. – № 6. – С. 11–13.
34. Вражнов, А. В. Система обработки почвы и севооборот / В. А. Вражнов //Проблемы уральских черноземов: сб. науч. тр.– Челябинск, 1995. – 57 с.
35. Вражнов, А. В. Минимизация обработки почвы при возделывании ярового ячменя в условиях северного лесостепного агроландшафта Челябинской области / А. В. Вражнов, А. А. Агеев, Ю. Б. Анисимов //Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 11–1 (77). – С. 5–6.
36. Вражнов, А. В. Применение плоскорезной обработки в Челябинской области / В. А. Вражнов // Совершенствование зональных почвозащитных технологий возделывания полевых культур. – Целиноград, 1979. – С. 94–98.
37. Галиуллин, А. А. Роль регуляторов роста в увеличении продуктивности ярового ячменя/ А. А. Галиуллин // Ресурсберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2014.– С. 47–50.
38. Галиуллин, А. А. Значения предшественников в повышении продуктивности ярового ячменя / А. А. Галиуллин // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : сб. Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2014. – С. 45–47.
39. Гамзиков, Г. П. Изменение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования / Г. П. Гамзиков, М. Н. Кулагина // ВНИИТЭИ Агропром. – М., 1992. – 48 с.

40. Ганькин, А. В. Влияние многолетних трав на агрохимические свойства почвы и урожайность последующих культур / А. В. Ганькин, Е. П. Денисов, А. П. Солодовников // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2005. – № 2. – С. 5–6.
41. Гаркуша, А. А. Влияние средств интенсификации на урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественника и основной обработки почвы / А. А. Гаркуша, С. В. Усенко // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 6. – С. 27–29.
42. Гирька, А. Д. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность и экономическую эффективность выращивания ярового ячменя пленчатого и голозерного в северной степи Украины / А. Д. Гирька, В. А. Ищенко, О. Г. Андрейченко // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1–2. – С. 48–56.
43. Гончар, М. Т. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства / М. Т. Гончар. – Львов: Вища шк., 1986. – 142 с.
44. Грамматикати, О. Г. Использование галофитов как биологического дренажа при капельном орошении минерализованными водами плодовых деревьев на песках / О. Г. Грамматикати, Р. П. Алиев // Создание мелиоративных систем нового типа : сб. науч. тр. ; ВолжНИИГиМ. – М., 1993. – С. 12–15.
45. Гребенникова, В. В. Оценка изменения агрофизических и гидрологических свойств чернозема выщелоченного при различных системах обработки почвы / В. В. Гребенникова, Н. Н. Чуманова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 8 (106). – С. 035–039.
46. Данилов, А. Н. Обработка почвы, ее плотность и урожайность культур / А. Н. Данилов, В. Ф. Кульков, С. А. Данилова // Резервы берегающего земледелия на современном этапе: сб. науч. работ ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008. – С. 97–100.
47. Данилов, Г. Г. Система обработки почв / Г. Г. Данилов. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 296 с.

48. Данилова, А. А. Биологические свойства чернозема выщелоченного при многолетней минимизации механической обработки: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Данилова А. А. – Саратов, 2007. – 37 с.
49. Денисов, Е. П. Земледелие в зоне каштановых почв Заволжья Саратовской области / Е. П. Денисов, Ф. П. Четвериков, С. Н. Косолапов. – Саратов, 2010. – 99 с.
50. Денисов, Е. П. Эффективность энергосберегающих обработок почвы при возделывании яровой пшеницы / Е. П. Денисов, А. П. Солодовников, Р. К. Биктеев // Нива Поволжья. – 2011. – № 3. – С. 21–25.
51. Денисов, Е. П. Эффективность энергосберегающих обработок почвы при возделывании ячменя и кукурузы на черноземах южных в Поволжье / Е. П. Денисов, К. Е. Денисов, В. В. Карпец // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 1. – С. 16–19.
52. Динамика плотности почвы чернозёма южного при минимализации основной обработки/ А.П. Солодовников, А.В. Летучий, Д.С. Степанов, Б.З. Шагиев, А.С. Линьков// Земледелие.- 2015. №1.-С. 5-7
53. Дмитриев, В. Е. Интенсивная агротехнология яровой пшеницы в Средней Сибири / В. Е. Дмитриев // Земледелие. – 2005. – №1. – С. 14–16.
54. Дорожкина, Л. А. Применение Эпина Экстра для снижения нормы расхода гербицидов и повышения продуктивности ячменя / Л. А. Дорожкина, А. А. Бородавченко // Полифункциональность действия брассиностероидов: сб. ст. – М., 2007. – С. 250–256.
55. Дорожкина, Л. А. Экологическая безопасность и эффективность пестицидов в интегрированной системе защиты растений при использовании кремнийсодержащих соединений: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Дорожкина Л. А. – М., 1997. – 61 с.
56. Доспехов, Б. А. Изменение агрофизических свойств дерново-подзолистой почвы под действием различных по интенсивности систем обработки / Б. А. Доспехов, И. П. Васильев, Н. А. Полев // Известия ТСХА. – 1978. – Вып. 2. – С. 51.

57. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов . – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
58. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 351 с.
59. Дробышев, А. П. / История и перспективы развития системы основной обработки почвы / А. П. Дробышев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2007. – № 3 (29). – С. 11–13.
60. Дружкин, А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин Ю.В, Лобачёв, Л.П Шевцова, З.Д. Ляшенко // Саратов СГАУ. – 2013. – 263 с.
61. Живаев, Д. А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы на фоне минеральных и бактериальных удобрений / Д. А. Живаев, Г. Е. Гришин // Земледелие. – 2007. – № 2. – С. 28–29.
62. Жидков, В. М. Основная обработка светло-каштановых почв в интенсивном орошаемом земледелии Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Жидков В. М. – Волгоград, 1987. – 37 с.
63. Жученко, А. А. Проблемы ресурсосбережения в процессах интенсификации сельскохозяйственного производства/ А. А. Жученко // Проблемы адаптивной интенсификации земледелия в Среднем Поволжье : сб. науч. тр., посвящ. 135-летию со дня рождения Н.М. Тулайкова ; ГНУ Самарский НИИСХ. – Самара: СамНЦ РАН, 2012. – С. 8–33.
64. Жученко, А. А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке / А. А. Жученко. – Саратов, 2000. – 275 с.
65. Заленский, В. А. Обработка почвы и плодородие / В. А. Заленский, Я. У. Яроцкий. – Минск : Беларусь, 2004. – 545 с.
66. Замайдинов, А. А. Предшественники, минеральное питание и качество зерна ячменя / А. А. Замайдинов, М. М. Нафиков, З. А. Саматов //

Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. – № 222 (2). – С. 95–98.

67. Замайдинов, А. А. Продуктивность и качество ячменя в зависимости от предшественников и удобрений в условиях закамья Республики Татарстан : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Замайдинов А. А. – Йошкар-Ола, 2013.

68. Замайдинов, А. А. Особенности формирования урожайности ячменя в зависимости от минерального питания и предшественников в лесостепи Поволжья / А. А. Замайдинов, В. А. Корольков, М.М. Нафиков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – С. 488.

69. Зволинский, В. П. Земельные ресурсы страны / В. П. Зволинский, Д. М. Хомяков // Земледелие и рациональное природопользование. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1998. – С. 30–43.

70. Зволинский, В. П. Оптимизация пастбищного хозяйства - основа рационального природопользования в аридных районах России / В. П. Зволинский, З. Ш. Шамсутдинов, И. А. Трофимов // Кормопроизводство. – 2000. – № 3. – С. 7–14.

71. Зеленский, Н. А. Влияние различных обработок почвы на продуктивность озимой пшеницы // Н. А. Зеленский, Г. М. Зеленская, Г. В. Мокриков // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 12–2 (44). – С. 6–10.

72. Зеленский, Н. А. Опыт юга России: Эффективность и перспективы использования бобовых трав в занятых, сидеральных и кулисно-мульчирующих парах / Н. А. Зеленский, А. П. Авдеенко // Ресурсосберегающее земледелие. – 2008. – № 1. – С. 15–17.

73. Зелепухин, А. С. Сущность реформ в АПК и пути выхода из кризиса : учеб. пособие / А. Г. Зелепухин, В. Ф. Голубничный, В. Р. Лизунов. – Оренбург, 2001. – 130 с.

74. Зубков, А. С. Эффективность минимальных способов основной обработки почвы под ячмень в условиях центрального черноземья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Зубков А. С. – Курск, 2011.
75. Иванов, В. М. // No-till как разновидность консервативной обработки почвы / В. М. Иванов // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 12. – С. 31–32.
76. Иванов, А. Л. Актуальные задачи научно-технологического сопровождения современного земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства в Российской Федерации / А. Л. Иванов // Кормопроизводство. – 2004. – 31. – С. 2–6.
77. Иванов, В. В. Предшественник как фактор формирования высокой продуктивности сортов ярового ячменя в условиях Курганской области / В. В. Иванов // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 7 (73). – С. 68–69.
78. Иванова, Н. А. Технология возделывания культур – фитомелиорантов на засоленных землях Ростовской области / Н. А. Иванова, Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1996. – № 5–6. – С. 52–53.
79. Ивенин, В. В. Минимализация обработки почвы и урожайность яровой пшеницы / В. В. Ивенин, В. А. Строкин, В. В. Осипов // Земледелие. – 2010. – № 5. – С. 13–14.
80. Игнатъев, Д. С. Обработка почвы на эрозионноопасных склонах / Д. С. Игнатъев, Э. А. Гаевая // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 12 (79). – С. 13–14.
81. Казаков, Г. И. Влияние глубины и способов обработки почвы на урожай сельскохозяйственных культур / Г. И. Казаков, И. А. Чуданов // Повышение культуры земледелия южной части лесостепи Заволжья. – Ульяновск, 1974. – С. 48–53.
82. Казаков, Г. И. Дифференциация обработки черноземных почв в Среднем Поволжье / Г. И. Казаков. – Куйбышев : Кн. изд-во, 1990. – 170 с.

83. Казаков, Г. И. Обработка почв в Среднем Поволжье / Г. И. Казаков. – Самара, 1997. – 200 с.
84. Казаков, Г. И. Система обработки почвы в природных зонах / Г. И. Казаков // Почвы Куйбышевской области. – Куйбышев : Куйбышев. кн. изд-во, 1985. – С. 335–365.
85. Карпова, Г. А. Оптимизация продукционного процесса агроценозов яровой пшеницы и ячменя при использовании регуляторов роста / Г. А. Карпова, М. Е. Миронова // Нива Поволжья. – 2009. – № 1. – С. 8–13.
86. Кашеваров, Н. И. Современное состояние кормопроизводства в Сибири и пути оптимизации отрасли / Н. И. Кашеваров // Кормопроизводство. – 2000. – № 4. – С. 3–6.
87. Керимов, Я. Г. Ресурсосберегающая обработка почвы на юго-восточном склоне большого Кавказа / Я. Г. Керимов // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 7. – С. 40–41.
88. Кирюшин, Б. Д. Методика научной агрономии. Ч. 2. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов / Б. Д. Кирюшин. – М. : ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2005. – 199 с.
89. Кирюшин, В. И. Экологизация земледелия и технологическая политика / В. И. Кирюшин. – М. : Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.
90. Кирюшин, Б. Д. Методика научной агрономии. Ч. 1. Введение в опытное дело и статистическую оценку / Б. Д. Кирюшин. – М. : Изд-во МСХФ, 2004. – 167 с.
91. Клементова, Е. Оценка экологической устойчивости сельскохозяйственного ландшафта / Е. Клементова, В. Гейниге // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 5. – С. 33–35.
92. Ковтун, И. И. Оптимизация условий возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии / И. И. Ковтун, Н. И. Гойса, Б. А. Митрофанов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 288 с.



93. Козаченко, А. П. Обоснование приемов рационального использования, обработки и мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области. – Челябинск, 1999.
94. Козлова, Л. М. Ресурсосберегающие способы основной обработки дерново-подзолистой почвы под яровые зерновые / Л. М. Козлова, Ф. А. Попов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – С. 391.
95. Коледа, В. А. Растениеводство / В. А. Коледа, А. А. Дудука. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008.
96. Коломиец, О. И. Продуктивность и средообразующая способность традиционных и нетрадиционных многолетних кормовых культур на южных черноземах Поволжья: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / Коломиец О. И. – Саратов, 2010. – 24 с.
97. Коробова, Л. Н. Особенности сукцессии микробных сообществ в черноземах Западной Сибири : автореф. дис. ...д-ра биол. наук /Коробова Л. Н. –Новосибирск, 2007. – 42 с.
98. Корчагин, В. А. Система земледелия степных районов Среднего Заволжья / В. А. Корчагин // Земледелие. – 1984. – № 3. – С. 13–16.
99. Корчагин, В. А. Ресурсосберегающие технологические комплексы возделывания зерновых культур в степных районах Среднего Поволжья / В. А. Корчагин, О. И. Горянин, В. Г. Новиков // Научные основы адаптивных систем земледелия в степных районах Среднего Заволжья : сб. науч. тр., посвящ. 100-летию Самарского НИИСХ. – Самара, 2003. – С. 248–261.
100. Корчагин, В. А. Ресурсосберегающая технология возделывания зерновых культур : науч.-практ. пособие / В. А. Корчаги. – Самара : НИИСХ, 2005. – 83 с.
101. Курдюков, Ю. Ф. Влияние минимальной обработки на запасы влаги в почве и засоренность яровой пшеницы /Ю. Ф. Курдюков, Д. Ю. Сахно, Л. В. Кравченко //Резервы сберегающего земледелия на современном

этапе : сб. науч. работ ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008. – С. 111–115.

102. Курдюков, Ю. Ф. Влияние минимальной обработки на питательный режим и урожайность яровой пшеницы / Ю. Ф. Курдюков, Д. Ю. Сахно, Л. В. Кравченко // Резервы берегающего земледелия на современном этапе: сб. науч. работ ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008. – С. 137–140.

103. Курсакова, В. С. Влияние многолетних трав на солевой режим засоленных почв / В. С. Курсакова // Земледелие. – 2005. – № 4. – С. 10–11.

104. Курсанов, А. Л. Взаимосвязь физиологических процессов в растении / А. Л. Курсанов // XX Тимирязевские чтения. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 44 с.

105. Курсанов, А. Л. Меченые атомы в разработке научных основ питания растений / А. Л. Курсанов. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 29 с.

106. Куликова, А. Х. Воспроизводство биогенных ресурсов в агроэкосистемах и регулирование плодородия чернозема лесостепи Поволжья : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Куликова А. Х. – Кинель, 1997. – 40 с.

107. Кучеров, В. С. Повышение продуктивности агроэкосистем в сухой степи / В. С. Кучеров, С. Г. Чекалин. – М., 2000. – С. 96.

108. Кшникаткина, А. Н. Урожайность и качество голозерного ячменя при некорневой подкормке Альбитом и Силиплантом в условиях лесостепи Среднего Поволжья / А. Н. Кшникаткина, П. Г. Аленин, М. И. Юров // Нива Поволжья. – 2013. – № 3 (28). – С. 38–42.

109. Кшникаткина, А. Н. Биологизация возделывания ярового ячменя / А. Н. Кшникаткина, А. А. Галиуллин, С. А. Кшникаткин // Земледелие. – 2005. – № 4. – С. 22.

110. Лазарев, В. И. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в Курской области / В. И. Лазарев // Зерновое хозяйство. – 2003. – № 1. – С. 13.

111. Лукин, С. В. Агроэкологическое состояние почв Белгородской области / С. В. Лукин. – Белгород : КОНСТАНТА, 2008. – 176 с.
112. Лысенко, И. Н. Влияние предшественников, сроков и норм посева на продуктивность сортов ярового ячменя в южной зоне Ростовской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Лысенко И. Н. – п. Персиановский, 2012. – 24 с.
113. Максютков, Н. А. Эффективность беспаровых севооборотов и бессменных посевов / Н. А. Максютков // Земледелие. – 1996. – № 6. – С. 20–21.
114. Макурина, О. Н. Влияние минимизации обработки почв на их эколого-биохимические характеристики / О. Н. Макурина, Г. В. Милюткина // Вестник Самарского государственного университета. – 2006. – № 7 (47). – С. 128–133.
115. Макаров, В. И. Приемы обработки почвы под яровой ячмень / В. И. Макаров, В. В. Глушков // Земледелие. – 2010. – № 6. – С. 19–21.
116. Мальцев, Т. С. Новая система обработки почвы и ее эффективность / Т. С. Мальцев // Земледелие. – 1958. – № 11. – С. 21–24.
117. Марковская, Г. К. Влияние минимализации обработки почвы на её биологическую активность // Г. К. Марковская, Н. А. Кирясова // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 1. – С. 16–17.
118. Матвеев, В. В. Ресурсосберегающие приемы обработки почвы под яровые зерновые культуры на светло-серых лесных почвах Нижегородской области / В. В. Матвеев, С. Н. Северьянов, В. А. Власов // Совершенствование технологий производства и повышение качества продукции растениеводства: сб. науч. тр. – Н. Новгород: НГСХА, 2008. – С. 84–87.
119. Мингалёв, С. К. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в системах земледелия Среднего Урала : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Мингалёв С. К. – Тюмень, 2004. – 16 с.

120. Миникаев, Р. В. Ресурсосберегающая технология возделывания ячменя на серых лесных почвах Республики Татарстан / Р. В. Миникаев, Г. Ш. Хисамова, Г. С. Сайфиева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 7. – № 2 (24). – С. 102–106.
121. Митрофанов, А. С. Овес / А. С. Митрофанов, К. С. Митрофанова. – М.: Колос, 1972. – 270 с.
122. Минимизация глубокой и мелкой основной обработки почвы / А. М. Власенко [и др.] // Сибирский вестник с.-х. науки. – 2011. – № 1. – С. 11–17.
123. Молчанова, Н. П. Влияние многолетних трав на плодородие темно-каштановых почв / Н. П. Молчанова, И. В. Чепрасов, А. П. Солодовников // Резервы сберегающего земледелия на современном этапе : сб. науч. работ ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008. – С. 128–131.
124. Мосолов, В. П. Многолетние травы / В. П. Мосолов. – М.: Сельхозгиз, 1950. – 183 с.
125. Муромцев, Г. С. Интенсификация земледелия и задачи микробиологии / Г. С. Муромцев // Проблемы земледелия. – М.: Колос, 1978. – С. 140–150.
126. Назарько, М. Д. // Успехи современного естествознания / М. Д. Назарько, В. Т. Щербаков. – 2005. – № 9. – С. 64.
127. Наплёкова, Н. Н. Аэробное разложение целлюлозы микроорганизмами в почвах Западной Сибири / Н. Н. Наплёкова. – Новосибирск: Наука, 1974. – 250 с.
128. Научно-практическое руководство по освоению и применению технологий сберегающего земледелия / Л. В. Орлова [и др.]. – Самара, 2007. – 162 с.
129. Немцев, С. Н. Экономическая эффективность обработки почвы в севообороте / С. Н. Немцев // Земледелие. – 2004. – 36. – С. 14–15.

130. Немцев, Н С. Основные направления совершенствования систем земледелия в современных условиях / Н. С. Немцев // Агроэкологические проблемы биогенного загрязнения в современных условиях : сб. науч. тр. – Ульяновск, 1996. – Т.13. – С. 14–23.
131. Неттевич, Э. Д. Зерновые фуражные культуры / Э. Д. Неттевич, А. В. Сергеев, Е. В. Лызлов. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 235 с.
132. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А. Ф. Дружкин [и др.]. – Саратов, 2013. – 263 с.
133. Основные проблемы современного земледелия при освоении ресурсосберегающих технологий / Е. П. Денисов [и др.]. – Саратов, 2010. – 98 с.
134. Павленкова, Т. В. Основная обработка почвы под культуры зернотравяного севооборота / Т. В. Павленкова // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 1. – С. 27–28.
135. Пальчиков, Е. В. Агроэкологическая оценка применения гербицидов на посевах ячменя / Е. В. Пальчиков, А. А. Крюков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – № 4. – С. 33–36.
136. Показаньев, С. А. Влияние обработки почвы и комплексной химизации на основные элементы плодородия и урожайность ячменя в южной лесостепи Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Показаньев С. А. –Омск, 1994. –19 с.
137. Повышение эффективности и устойчивости земледелия в производстве растениеводческой продукции / Е. П. Денисов [и др.]. – Саратов, 2008. – 97 с.
138. Полимбетова, Ф. А. Физиология яровой пшеницы в Казахстане / Ф. А. Полимбетова, Л. К. Мамонов. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1980. – 288 с.

139. Попов, Ю. В. Фитопатологическая оценка посевов озимой пшеницы при нулевой обработке почв / Ю. В. Попов // Защита и карантин растений. – 2010. – № 8. – С. 26–27.
140. Порохня, З. И. Влияние обработки почвы на ее засоренность семенами сорняков / З. И. Порохня, И. Д. Кобяков // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 36–38.
141. Пруцков, Ф. М. Повышение урожайности зерновых культур / Ф. М. Пруцков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 205 с.
142. Пруцков, Ф. М. Яровая пшеница / Ф. М. Пруцков. – М.: Колос, 1976. – 352 с.
143. Прянишников, Д. Н. Агрохимия / Д. Н. Прянишников. – М., 1952. – Т. 1. – 735 с.
144. Пупонин, А. И. Научные основы снижения засорённости почвы / А. И. Пупонин, А. В. Захаренко // Земледелие. – 1999. – № 3. – С. 29–30.
145. Пупонин, А. И. Минимальная обработка почвы / А. И. Пупонин. – М.: ВНИИТЭСХ, 1978. – 47 с.
146. Пушкарёв, В. Г. Сравнительная эффективность гербицидов в посевах ячменя при различных сроках обработки / В. Г. Пушкарёв, Т. В. Кастрюлина, Н. А. Китаева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6 (50). – С. 32–35.
147. Ревут, И. Б. Физика почвы / И. Б. Ревут. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 368 с.
148. Реймерс, Н. Ф. Экология / Н. Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
149. Ресурсосберегающие обработки почвы в зернотравяном севообороте / И. С. Бызов [и др.] // Земледелие. – 2015. – № 1. – С. 15–17.
150. Ресурсосберегающая технология обработки дерново-подзолистой почвы в Марий Эл / В. В. Глушков [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 6. – № 1 (19). – С. 116–118.

151. Решетов, Г. Г. Пути восстановления энергетического потенциала в агросистемах Поволжья / Г. Г. Решетов, К. Е. Денисов, А. В. Корчаков // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2010. – №1. – С. 6–9.
152. Рзаева, В. В. Действие осенних обработок почвы и гербицидов на засорённость и урожайность культур в зерновом севообороте в северной лесостепи Тюменской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. В. Рзаева. – Тюмень, 2004. – 32 с.
153. Роктанэн, Л. С. О минимализации основной обработки почвы в зерновом севообороте сухой степи /Л. С. Роктанэн, Ю. А. Лазник // Вестник с.-х. науки Казахстана. – 1977. – № 8. – С. 15–18.
154. Рябов, Е. И. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур (Минимальная почвозащитная обработка, удобрения, пестициды, машины и орудия) / Е. И. Рябов. – Ставрополь: Агрус, 2003. – 152 с.
155. Рябцева, Н. А. Оптимизация условий в системе основной обработки почвы в севообороте степной зоны недостаточного увлажнения / Н. А. Рябцева // Современные научные исследования. – 2013. – Вып. 2.
156. Рябцева, Н. А. Результаты изучения эффективности способов основной обработки почвы в севообороте / Н. А. Рябцева, М. А. Збраилов, В. Б. Пойда // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1634.
157. Рябцева, Н. А. Оптимизация условий в системе основной обработки почвы при выращивании ярового ячменя / Н. А. Рябцева // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 4 (36). – С. 24.
158. Сорока, С. В. Роль защиты растений приоритетно на 2007 г. / С. В. Сорока // Земляробства і ахова раслін : науч.-практ. журнал. – 2007. – № 2 (51).
159. Сапаров, А. С. Влияние регуляторов роста растений на продуктивность *melilotus officinalis* desr., *medicago sativa* l., *hordeum vulgare* l.

в аридных условиях атырауской области при капельном орошении / А. С. Сапаров, С. Н. Досбергенов, Г. А. Сапаров // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – № 1. – С. 22–25.

160. Семенов, В. Д. Сульфонилмочевинные гербициды в посевах ячменя и озимой пшеницы / В. Д. Семенов, С. В. Галапова, А. А. Васильев // Защита и карантин растений. – 2009. – № 3. – С. 31.

161. Сергеев, В. С. Экономическая эффективность ресурсосберегающих способов обработки почвы / В. С. Сергеев, Г. Х. Ибрагимова // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 3 (69). – С. 52–53.

162. Ситдинов, И. Г. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность ячменя / И. Г. Ситдинов, В. Н. Фомин, М. М. Нафиков // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 36–39.

163. Сказкин, Ф. Д. Критический период у растений к недостаточному водоснабжению / Ф. Д. Сказкин // XXI Тимирязевские чтения. – М., 1961. – С. 24 – 28.

164. Скородумов, Н. Ю. Применение регуляторов роста на фоне И. Н. Медведева, Н. Ю. Каменских // Актуальные вопросы современной науки. – 2014. – № 33. – С. 17–28.

165. Скородумов, Н. Ю. Эффективность применения препарата алкамон ос-2, пс в качестве регулятора роста и развития растений на фоне различных предпосевных обработок почвы на урожайность ячменя / Н. Ю. Скородумов, И. Н. Медведева, Н. Ю. Каменских // Концепт : науч.-метод. электронный журнал. – 2014. – Т. 20. – С. 946–950.

166. Словцов, Р. И. Агроэкологическое обоснование и оценка использования гербицидов в земледелии: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук / Словцов Р. И. – М., 1993. – 41 с.

167. Смян, Н. И. Почвы и структура посевных площадей / Н. И. Смян. – Минск : Ураджай, 1990.



168. Смирнов, А. А. Эффективные способы обработки почвы при возделывании голозерного овса / А. А. Смирнов, З. А. Карасиров, Н. А. Курятникова // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 26–27.

169. Смирнова, С. К. Технология возделывания ячменя сорта торос в предуралье (предпосевная обработка почвы, подготовка семян к посеву, уход) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Смирнова С. К. – Пермь, 1993.

170. Солодовников, А.П. Отзывчивость ярового ячменя на технологии берегающего земледелия в условиях Саратовского Правобережья / А. П. Солодовников, Е.П. Денисов, Ю. А. Тарбаев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. - № 2.- С. 15-18

171. Таланов, И. П. Эффективность агротехнических приемов возделывания яровой пшеницы / И. П. Таланов // Агро XXI. – 2001. – № 2. – С. 20–21.

172. Танских, В. И. Хозяйственная эффективность пестицидов в посевах яровой пшеницы / В. И. Танских, А. К. Тулеева // Защита и карантин растений. – 2007. – № 12. – С. 38–39.

173. Танчик, С. П. Обработка почвы и засоренность посевов / С. П. Танчик, А. А. Цюк // Защита и карантин растений. – 2013. – № 10. – С. 19–20.

174. Телегин, В. А. Влияние способов обработки почвы на засоренность культур в зернопаровом севообороте / В. А. Телегин, С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко // Земледелие. – 2011. – № 3. – С. 27–29.

175. Трепачев, Е. П. Влияние пожнивно-корневых остатков и неучтенного органического вещества люцерны и кострца безостого на плодородие почвы / Е. П. Трепачев, А. Д. Алейникова // Почвоведение. – 1982. – № 4. – С. 120–127.

176. Трофимов, И. С. Посев по минимальной обработке почвы / И. С. Трофимов, Я. П. Орищенко // Зерновое хозяйство. – 1977. – № 3. – С. 28–29.

177. Трофимова, Т. А. Минимизация обработки почвы в ЦЧР / Т. А. Трофимова, С. И. Коржов, В. А. Маслов // Тенденции сельскохозяйственного производства в современной России. – Кемерово, 2011. – С. 138–140.
178. Туктаров, Б. И. Биологическая мелиорация деградированных орошаемых земель Заволжья / Б. И. Туктаров, В. М. Попеко, Д. В. Чадин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 6. – С. 39–42.
179. Федоров, Г. Ю. Ресурсосберегающая система обработки дерново-подзолистой почвы для условий Костромской области / Г. Ю. Федоров // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2006. – № 8. – С. 84–86.
180. Федоткин, В. А. Обработка почвы в Западной Сибири / В. А. Федоткин, Н. В. Абрамов, Н. М. Сулимова. – Тюмень, 2004. – 60 с.
181. Федоткин, В. А. Продуктивность ячменя по инновационным технологиям основной обработки почвы // В. А. Федоткин, В. В. Рзаева, А. Н. Малышкин // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 4 (58). – С. 47–49.
182. Федоткин, В. А. Дифференцированная система зяблевой обработки Приобского чернозёма в пропашном звене севооборота : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Федоткин В. А. – Оренбург, 1968. – 25с.
183. Фисюнов, А. В. Методические рекомендации по учету засоренности посевов и почвы в полевых опытах / А. В. Фисюнов. – Курск, 1983. – 64 с.
184. Фитомелиорация засоленных почв Западного Прикаспия / М. М. Джамбулатов [и др.] // Аграрная наука. – 2008. – № 3. – С. 27–30.
185. Фомин, В. Н. / Ресурсосберегающие приемы предпосевной обработки почвы под ячмень / В. Н. Фомин, Н. Ш. Рафиков, А. К. Габдуллин // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 12. – С. 32–33.
186. Харалгина, О. С., Нулевой обработке почвы – эффективные системы гербицидов / О. С. Харалгина, В. В. Рзаева // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 5. – С. 22–23.

187. Храмцов, И. Ф. Система применения удобрений и воспроизводство плодородия почв в полевых севооборотах лесостепи Западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра с.-х. / Храмцов И. Ф. – Омск, 1997. – 31 с.

188. Черкасов, Г. Н. Минимализация обработки почвы. Перспективы и противоречия / Г. Н. Черкасов, И. Г. Пыхтин // Аграрные технологии. – 2008. – № 3. – С. 2–3.

189. Четверикова, Н. С. Экологическая оценка влияния интенсивной сельскохозяйственной деятельности на состояние агроэкосистем в условиях лесостепной зоны Центрально-Чернозёмного района: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Четверикова Н. С. – М.: ТСХА, 2013. – 23 с.

190. Чуданов, И. А. Обработка черноземных почв в севооборотах Среднего Поволжья / И. А. Чуданов, Л. Ф. Лигастаев, Е. А. Борякова. – Ульяновск, 1998. – С. 27–29.

191. Чулкина, В. А. Фитосанитарные технологии яровой пшеницы в Сибири и Зауралье / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов // Земледелие. – 2005. – № 4. – С. 28–29.

192. Чуманова, Н. Н. Влияние минимально-нулевых систем обработки почвы на засоренность зерновых агрофитоценозов / Н. Н. Чуманова, В. В. Гребенникова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 9 (107). – С. 14–17.

193. Шевлягин, А. И. Реакция сельскохозяйственных культур на различную плотность сложения почвы / А. И. Шевлягин // Теоретические вопросы обработки почвы. – Л., 1968. – С. 32–39.

194. Шикула, Н. К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия / Н. К. Шикула, Г. В. Назаренко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 319 с.

195. Шмат, З. М. Внимание: сорняки! (О динамике засоренности полей Курской области) / З. Шмат // Сельские зори. – 1990. – № 7. – С. 46–47.

196. Эффективность минимализации обработки почвы под озимую пшеницу на богарных землях юго-востока Казахстана /С. Б. Кененбаев [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – № 10. – С. 91–97.
197. Юшкевич, Л. В. Ресурсосберегающая система обработки и плодородие чернозёмных почв при интенсификации возделывания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Юшкевич Л. В. – Омск, 2002. – 31 с.
198. Ягофаров, Р. Ф. Минимализация обработки почвы под ячмень в зернопаровом севообороте на чернозёмах южных Оренбургской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ягофаров Р. Ф. – Оренбург, 2004. – 24 с.
199. Яковлев, Г. П. Ботаника / В. А. Челомбитько, В. И. Дорофеев. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб.: СпецЛит, 2008. – 687 с.
200. Ярославский, Л. Н. Разноглубинная вспашка в системе основной обработки почвы и влияния на элементы плодородия: автореф. дис. .... канд. с.-х. наук / Ярославский Л. Н.. – Краснодар, 1964. – 20 с.
201. Allen, R. Conservation tillage and energy / R. Allen et al // I. Soil Water Son-cerv., 1977, 32,2, 84–87.
202. Davics, D. Soil suitability for sequential zero tillage in the И.К. Proceed. Intern. Soil Tillage Organization, JSTRO (S-th Conference), 1979,1: 191–197.
203. Kirby, E. The relation between the main shoot and tillers in barley plants / E.S. Kirby, M.J. Jons // J. Agzic. Sci., 1997, Vol. 88, N 22. – P. 381–389.
204. Kunze, A. Empfehlungen zur pfluglosen Grundbodenbearbeitung nach Hackfruchten zu Wintergetreide / A. Kunze, J. Henke // Feldwirtschaft. 1982, № 8, S. 366–370.
205. Kunze, A. Qualitetsgerechte Bodenbearbeitung zu Winterroggen / A. Kunze, J. Henke//Feldwirtschaft. 1978, № 8, S. 373–375.
206. Mazurek, I. Biologia I agrotechnika owsa. – Instytut Uprawy Nawozenia I Gleboznawstwa, Pulawy. 1993, P. 131–139.

207. Peace, G. Minimum tillage for crop plantig / G. Peace // J. Agr. 1977, 18, 2, 49–53.
208. Scheffler, E. Erkennen von Schadverdichtungen in der Krumenbasis und deren Beseitigung in der LPG Pflanzenproduktion Dobbertin / E. Scheffler, R. Ehrhardt, K.-H. Morstein, H. Rogasik // Feldwirtschaft. 1982, № 9, P. 387–390.
209. Triplett, G. B. Agriculture without tillage / G. B. Triplett, D. M. Van Doren // Scientific American, 1977, Vol .236, N 1, p. 28–33.
210. Werner, D. Einfluß raddruckbedingter Verdichtungen auf Bodenstruktur und Ertrag sowie Hinweise zur Erkennung und Beseitigung von Verdichtungswirkungen auf bindigen Ackerböden/ D. Werner, Pittelkow U., Xylander W., Unger H // Feldwirtschaft. 1986, № 5, P. 220–223.
211. Jarham, D. J. The effect of non-ploughing on cereal diseases / D. J. Jarham // Outlook on Agriculture. 1975, Vol. 8, N. Special, p. 245–247.

## Приложение 1

Идентификатор расчета: **Плотность почвы в осенний период в слое 0-30 см**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	1.02	0.94	0.99	0.98
2	1.04	0.96	1.00	1.00
3	1.25	1.23	1.21	1.23
4	1.26	1.24	1.22	1.24
5	1.28	1.27	1.27	1.27
6	1.28	1.27	1.28	1.28

Восстановленные даты:

---

$\bar{x} = 1.167$        $s_x = 0.011$        $p = 0.98\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	0.291	17			
Блоки	0.004	2	0.002	5.537*	
Варианты	0.283	5	0.057	145.268	0,036
Остат.	0.004	10	0.000		

Идентификатор расчета: **Плотность почвы в весенний период перед посевом в слое 0-30 см**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	1.25	1.19	1.20	1.21
2	1.25	1.20	1.21	1.22
3	1.24	1.21	1.23	1.23
4	1.26	1.22	1.24	1.24
5	1.26	1.23	1.23	1.24
6	1.27	1.24	1.24	1.25

Восстановленные даты:

---

x= 56.817      sx= 0.460      p= 0.81%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	0.009	17			
Блоки	0.005	2	0.003	35.716*	
Варианты	0.003	5	0.001	8.028*	0.016
Остат.	0.001	10	0.000		

Идентификатор расчета: **Общая пористость в осенний период в слое 0 – 30см**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	61.50	65.20	63.30	63.33
2	62.00	64.50	62.90	63.13
3	54.10	54.50	55.10	54.57
4	53.70	54.10	54.90	54.23
5	52.60	53.10	53.00	53.90
6	52.70	53.00	52.50	52.73

Восстановленные даты:

---

x= 56.817      sx= 0.460      p= 0.81%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	389.925	17			
Блоки	5.230	2	2.615	4.125*	
Варианты	387.355	5	75.671	119.358*	1.448
Остат.	6.340	10	0.634		



## Приложение 4

Идентификатор расчета: **Общая пористость в весенний период перед посевом в слое 0 – 30см**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	53.80	56.00	54.90	54.90
2	53.70	55.70	55.40	54.93
3	53.80	55.00	54.50	54.43
4	53.40	54.80	54.20	54.13
5	53.30	54.50	54.30	54.03
6	53.00	54.20	54.10	53.77

Восстановленные даты:

---

$\bar{x} = 54.367$      $s_x = 0.159$      $p = 0.29\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	11.580	17			
Блоки	7.413	2	3.707	48.829*	
Варианты	3.408	5	0.682	8.978*	0.501
Остат.	0.759	10	0.076		

Идентификатор расчета: **Пористость аэрации в осенний период в слое 0 – 30см**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	35.40	37.80	36.30	36.50
2	34.90	37.50	35.90	36.10
3	27.40	27.50	28.10	27.67
4	26.70	27.10	28.00	27.27
5	25.70	26.20	26.00	25.97
6	25.80	25.40	25.50	25.57

Восстановленные даты:

---

x= 29.844      sx= 0.409      p= 1.37%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	392.224	17			
Блоки	2.748	2	1.374	2.738*	
Варианты	384.458	5	76.892	153.215*	1.289
Остат.	5.019	10	0.502		

Идентификатор расчета: **Пористость аэрации в  
весенний период в слое 0 – 30см**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	26.90	29.40	28.00	28.10
2	26.80	28.80	27.80	27.73
3	26.50	28.30	27.50	27.43
4	26.40	27.40	27.20	27.00
5	26.00	27.10	27.10	26.73
6	26.10	26.80	27.00	26.63

Восстановленные даты:

---

x= 27.272      sx= 0.214      p= 0.78%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	13.296	17			
Блоки	6.834	2	3.417	24.912*	
Варианты	5.090	5	1.018	7.421*	0.674
Остат.	1.372	10	0.137		

Идентификатор расчета: **Капиллярная пористость**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	22.50	23.00	26.90	24.13
2	24.30	23.10	27.00	24.80
3	26.30	26.90	27.10	26.77
4	26.20	26.70	27.20	26.70
5	27.30	28.50	27.10	27.63
6	28.00	28.60	27.20	27.93

Восстановленные даты:

---

x= 26.328      sx= 0.753      p= 2.86%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	57.856	17			
Блоки	5.541	2	2.771	1.627*	
Варианты	35.289	5	7.058	4.145*	2.374*
Остат.	17.026	10	1.703		

## Приложение 8

Идентификатор расчета: **Влажность почвы в слое 0-50 см**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	22.30	22.20	23.50	22.67
2	22.20	21.70	23.60	22.50
3	20.50	20.10	23.00	21.20
4	21.70	20.10	22.40	21.40
5	22.90	19.70	21.90	21.50
6	22.20	20.20	22.20	21.53

Восстановленные даты:

---

$\bar{x} = 21.800$      $s_x = 0.419$      $p = 1.92\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	24.500	17			
Блоки	13.480	2	6.740	12.824*	
Варианты	5.764	5	1.153	2.193	
Остат.	5.256	10	0.526		

## Приложение 9

Идентификатор расчета: **Влажность почвы в слое 50-100 см**  
 ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	21.80	18.40	19.00	19.73
2	22.00	18.50	19.60	20.03
3	17.00	16.00	17.80	16.93
4	18.50	15.50	17.30	17.10
5	19.90	17.00	17.90	18.27
6	18.80	16.90	18.10	17.93

Восстановленные даты:

---

$\bar{x} = 18.333$      $s_x = 0.403$      $p = 2.20\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	50.920	17			
Блоки	20.563	2	10.282	21.117*	
Варианты	25.488	5	5.098	10.469*	1.269
Остат.	4.869	10	0.487		

## Приложение 10

Идентификатор расчета: **Влажность почвы в слое 0-100 см**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	22.10	20.40	21.30	21.27
2	22.10	20.10	21.60	21.27
3	18.70	18.00	20.20	18.97
4	20.20	17.80	20.10	19.37
5	21.40	18.40	19.90	19.90
6	22.00	18.50	20.10	20.20

Восстановленные даты:

---

$\bar{x} = 20.161$      $s_x = 0.386$      $p = 1.92\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	34.183	17			
Блоки	15.988	2	7.994	17.849*	
Варианты	13.716	5	2.743	6.125*	1.217
Остат.	4.479	10	0.448		

## Приложение 11

Идентификатор расчета: **Запас влаги в слое почвы 0 – 50**

**СМ**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	73.80	73.00	81.00	75.93
2	73.20	70.20	81.60	75.00
3	69.00	60.60	78.00	69.20
4	70.20	60.50	74.40	68.37
5	77.40	58.20	71.20	68.93
6	73.20	61.20	73.20	69.20

Восстановленные даты:

---

x= 71.106      sx= 2.209      p= 3.11%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	823.649	17			
Блоки	503.381	2	251.691	17.195*	
Варианты	173.896	5	34.779	2.376	-
Остат.	146.372	10	14.637		



## Приложение 12

Идентификатор расчета: **Запас влаги в слое почвы 50-100**

**СМ**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	70.70	50.40	54.00	58.37
2	72.00	51.00	57.60	60.20
3	48.00	36.00	43.80	42.60
4	51.00	33.00	46.80	43.60
5	59.40	42.00	47.40	49.60
6	58.80	41.40	48.60	49.60

Восстановленные даты:

---

x= 50.661      sx= 1.652      p= 3.26%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	1830.703	17			
Блоки	946.414	2	473.207	57.765*	
Варианты	802.369	5	160.474	19.589*	5.207
Остат.	81.919	10	8.192		

## Приложение 13

Идентификатор расчета: **Запас влаги в слое почвы 0-100****СМ**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	144.50	124.20	135.00	134.57
2	145.20	121.20	139.20	135.20
3	117.00	96.60	121.80	111.80
4	121.20	93.60	121.20	112.00
5	136.80	100.20	118.60	118.53
6	132.00	103.60	121.80	119.13

Восстановленные даты:

---

 $x = 121.872$        $s_x = 2.782$        $p = 2.28\%$ 

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	4136.997	17			
Блоки	2235.741	2	1117.871	48.143*	
Варианты	1669.057	5	333.811	14.376*	8.766
Остат.	232.198	10	23.220		

## Приложение 14

Идентификатор расчета: **Содержание гумуса в пахотном слое почвы**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	3.32	3.31	3.30	3.31
2	3.32	3.30	3.32	3.31
3	3.35	3.37	3.38	3.37
4	3.35	3.36	3.39	3.37
5	3.37	3.38	3.40	3.38
6	3.38	3.39	3.42	3.40

Восстановленные даты:

---

x= 3.356    sx= 0.008    p= 0.23%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	0.023	17			
Блоки	0.001	2	0.001	3.892	
Варианты	0.020	5	0.004	22.237*	0.024
Остат.	0.002	10	0.000		

## Приложение 15

Идентификатор расчета: **Содержание нитратов в пахотном слое почвы**

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А\*В) - R

(А-фикс. В-фикс.)

Число градаций фактора А = 3

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	5.10	6.70	8.10	6.63
2	7.80	7.80	9.50	8.37
3	5.60	6.80	8.70	7.03
4	7.70	7.90	9.40	8.33
5	4.60	5.30	7.00	5.63
6	6.20	6.60	8.50	7.10

Восстановленные даты:

---

x= 7.183    sx= 0.209    p= 2.91%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	35.485	17			
Блоки	17.803	2	8.902	67.961*	
Варианты	16.372	5	3.274	24.999*	0.658
Фактор А	6.103	2	3.052	23.299*	0.466
Фактор В	10.125	1	10.125	77.302*	0.380
Взаим. АВ	0.143	2	0.072	0.547	
Остат.	1.310	10	0.131		

## Приложение 16

Идентификатор расчета: **Содержание фосфора в пахотном слое почвы**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	18.00	13.90	17.70	16.53
2	20.40	14.00	21.60	18.67
3	16.30	16.80	17.90	17.00
4	20.00	17.00	22.10	19.70
5	20.20	17.60	21.90	19.90
6	20.90	17.50	23.10	20.50

Восстановленные даты:

---

$\bar{x} = 18.717$      $s_x = 0.764$      $p = 4.08\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	123.405	17			
Блоки	66.083	2	33.042	18.849*	
Варианты	39.792	5	7.958	4.540*	2.409
Остат.	17.530	10	1.753		

## Приложение 17

Идентификатор расчета: **Содержание калий в пахотном слое  
почвы**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	295.00	291.00	294.00	293.33
2	299.00	290.00	295.00	294.67
3	300.00	301.00	289.00	296.67
4	303.00	297.00	293.00	297.67
5	296.00	302.00	302.00	300.00
6	297.00	307.00	297.00	300.33

Восстановленные даты:

---

$\bar{x} = 297.111$        $s_x = 2.822$        $p = 0.95\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	397.778	17			
Блоки	40.444	2	20.222	0.846	
Варианты	118.417	5	23.683	0.991	-
Остат.	238.917	10	23.892		

Идентификатор расчета: **Урожайность ячменя в 2013 году**

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А\*В)–R

(А–фикс. В–фикс.)

Число градаций фактора А = 3

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	1.27	1.00	1.01	1.04	1.08
2	1.32	1.39	1.20	1.37	1.32
3	0.80	0.96	1.00	0.76	0.88
4	1.15	1.30	1.07	1.16	1.17
5	0.85	0.80	0.68	0.71	0.76
6	1.00	1.28	1.15	0.93	1.09

Восстановленные даты:

---

x= 1.050    sx= 0.054    p= 5.15%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	1.043	23			
Блоки	0.056	3	0.019	1.605*	
Варианты	0.811	5	0.162	13.869*	0.163
Фактор А	0.310	2	0.155	13.250*	0.115
Фактор В	0.493	1	0.493	42.151*	0.094
Взаим. АВ	0.008	2	0.004	0.347	0.163
Остат.	0.175	15	0.012		

Идентификатор расчета: **Урожайность ячменя в 2014 году**

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А\*В) – R

(А-фикс. В-фикс.)

Число градаций фактора А = 3

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	1.05	0.64	0.85	0.62	1.08
2	0.65	0.88	0.79	1.08	1.32
3	0.25	0.36	0.31	0.56	0.88
4	0.50	0.37	0.67	0.30	1.17
5	0.22	0.50	0.24	0.44	0.76
6	0.57	0.35	0.38	0.38	1.09

Восстановленные даты:

---

x= 0.540    sx= 0.085    p= 15.81%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	1.421	23			
Блоки	0.007	3	0.002	0.075*	
Варианты	0.978	5	0.196	6.707*	0.257
Фактор А	0.944	2	0.472	16.198*	0.182
Фактор В	0.032	1	0.032	1.107*	0.075
Взаим. АВ	0.001	2	0.000	0.016	0.257
Остат.	0.437	15	0.029		



## Приложение 20

Идентификатор расчета: Засоренность посевов ячменя  
 ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А\*В)-R

(А-фикс. В-фикс.)

Число градаций фактора А = 3

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	3.00	3.60	4.30	3.63
2	1.40	1.00	1.20	1.20
3	5.70	6.70	7.90	6.77
4	3.00	2.30	1.70	2.33
5	6.80	8.50	9.20	8.17
6	2.80	2.00	1.80	2.20

Восстановленные даты:

---

x= 4.050    sx= 0.477    p= 11.78%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	124.785	17			
Блоки	0.973	2	0.487	0.712	
Варианты	116.978	5	23.396	34.238*	1.504
Фактор А	25.213	2	12.607	18.449*	1.063
Фактор В	82.347	1	82.347	120.508*	0.868
Взаим.АВ	9.418	2	4.709	6.891*	1.504
Остат.	6.833	10	0.683		

