

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА

На правах рукописи

Решетов Евгений Валерьевич

**РОЛЬ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ В АДАПТАЦИИ
ПОДСОЛНЕЧНИКА К ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ
ОБРАБОТКАМ ПОЧВЫ В ПОВОЛЖЬЕ**

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 – 2016

Содержание

Введение	4
1 Системы обработки почвы в сберегающем земледелии (литературный обзор)	9
1.1 Значение подсолнечника	9
1.2 Биологические особенности	9
1.3 Обработка почвы	11
1.4 Особенности питания подсолнечника	18
1.5 Засоренность посевов подсолнечника	21
1.6 Предшественники подсолнечника	23
1.7 Влияние обработки почвы на водный режим подсолнечника	27
1.8 Влияние обработки почвы на урожай подсолнечника	31
2 Условия, схема и методика проведения исследований	34
2.1 Почвы опытного участка	34
2.2 Климат района проведения опыта	35
2.3 Погодные условия в годы исследований	36
2.4 Схема опыта	41
2.5 Методика проведения опыта	42
3 Изменения агрофизических свойств чернозема южного под влиянием обработки почвы	44
3.1 Структурность почвы	44
3.2 Плотность почвы	49
3.3 Пористость почвы	57
4 Водный режим почвы	86
5 Засоренность посевов подсолнечника	94
6 Изменение пищевого режима подсолнечника под влияние обработки почвы и предшественников	103
7 Изменение урожайности подсолнечника под влиянием обработки почвы и предшественников	109

8 Энергетическая и экономическая эффективность обработки почвы при возделывании подсолнечника.....	117
Заключение.....	122
Предложения производству.....	123
Список используемой литературы.....	125
Приложения.....	149

Введение

Подсолнечник - важнейшая масличная культура региона. Увеличение валового производства масличных семян должно быть неразрывно связано с постоянным снижением технологических затрат на выращивание этой культуры и себестоимости семян. Наибольший удельный вес среди всех затрат на возделывание подсолнечника по существующим технологиям приходится на обработку почвы. Особенно большие затраты труда и горючего требует вспашка, то есть глубокое отвальное рыхление. Отказ от вспашки и переход на минимальную и нулевую обработку почвы - одна из основных задач земледелия.

Обработка почвы призвана повышать запасы доступной влаги в почве, снижать испарение влаги с поверхности, улучшать пищевой режим почвы и аккумуляцию осадков, предотвращать накопление болезней, вредителей и сорняков. Часть этих задач обработки почвы можно заменить внесением минеральных и органических удобрений, применением пестицидов, мульчированием поверхности почвы соломой, внедрением научно обоснованных севооборотов с высокосредообразующими культурами.

Это дает возможность применения энергосберегающих обработок почвы в сочетании с различными приемами химизации.

К энергосберегающим обработкам почвы относятся лущение стерни, дискование, боронование, культивация, применение дискаторов, комбинированных орудий и т.д. Сюда же можно включить приемы нулевой обработки почвы и посев по научно обоснованному предшественнику.

Минимализация обработки почвы устраняет негативное воздействие на плодородие почвы. В существующей системе земледелия вспашка отрицательно влияет на плодородие почвы. При постоянном ее применении уменьшается содержание гумуса, разрушается структура, возрастает засоренность почвы семенами сорных растений, усиливаются эрозионные процессы. Илистые частички при разрушении структуры с водой вымываются в глубокие слои почвогрун-

та, уменьшают капиллярную пористость и снижают фильтрацию влаги в нижние горизонты.

Поэтому изучение влияния малозатратных обработок почвы на урожайность семян подсолнечника и на изменение плодородия почвы следует считать актуальной задачей научного земледелия.

Степень разработанности проблемы. Исследованием приемов обработки почвы в сухостепном Поволжье занимались Г.И. Казаков (1997); Д.И. Буров (1968, 1970); И.А. Чуданов (2003); В.М. Жидков (1987). По мнению одних авторов, минимализация обработки почвы не изменяла или снижала урожайность сельскохозяйственных культур (А.П. Солодовников, Е.П. Денисов, 2015; А.В. Вражнов, А.А. Агеев, Ю.Б. Анисимов, 2010; А.В. Кислов, 2007). Другие ученые показали преимущество минимализации обработки по сравнению со вспашкой (А.А. Белкин, Н.В. Беседин, 2010; Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова, 2014; Е.А. Долгов, 2011). Данные исследования проводились нами в развитии существующего учения о минимализации основной обработки почвы.

Цель исследований – определить влияние ресурсосберегающих приемов основной обработки почвы по различным предшественникам на фоне применением гербицидов и удобрений на урожайность подсолнечника и плодородие чернозема южного.

Задачи исследований:

- установить изменение агрофизических свойств почвы при возделывании подсолнечника под влиянием различных приемов основной обработки почвы на фоне ячменя, кукурузы и люцерны в качестве предшественников;
- определить влияние минимализации обработки почвы на формирование весенних запасов продуктивной влаги в почвогрунтах;
- изучить изменения агрохимических свойств чернозема южного под влиянием минимализации обработки почвы по разным предшественникам;
- установить роль различных приемов ресурсосберегающих обработок почвы на количественно-видовой состав сорных растений в посевах подсолнечника;

– выявить воздействие разработанных агроприемов на урожайность маслосемян подсолнечника;

– рассчитать энергетическую и экономическую эффективность возделывания подсолнечника при различных приемах обработки чернозема южного на фоне ячменя, кукурузы и люцерны в качестве предшественников.

Научная новизна. Выявлено влияние различных приемов обработки почвы на плотность, общую пористость, пористость аэрации, капиллярную пористость, строение пахотного слоя, структурность чернозема южного и ее водпрочность по предшественникам кукуруза, ячмень и люцерна. Выявлены особенности формирования весенних запасов влаги в почве под влиянием изменений пахотного слоя в осенний и весенний периоды.

Было рассмотрено и установлено, что уменьшение интенсивности рыхления почвы повышало содержание гумуса, снижало количество нитратного азота в почве, улучшало фосфатный режим питания подсолнечника.

Показано изменение видового и количественного состава сорных растений в посевах подсолнечника под влиянием минимализации обработки почвы. С помощью параметрического анализа установлена доля участия основных факторов жизни растений в формировании урожайности подсолнечника.

Определена энергетическая и экономическая эффективность выращивания подсолнечника на фоне разработанных агроприемов.

Теоретическая и практическая значимость заключается в обосновании адаптации подсолнечника к минимализации обработки почвы при применении агроприемов сберегающего земледелия для повышения урожайности и рентабельности производства этой культуры и сохранения плодородия почвы. Даны научные рекомендации по применению бесплужной обработки почвы при выращивании подсолнечника на фоне различных предшественников с применением гербицидов и удобрений на черноземах южных.

Полученные результаты исследований позволяют выбрать наиболее эффективные приемы обработки почвы в конкретных производственных условиях. Доказана возможность получения урожайности маслосемян подсолнечника

1,5 т/га в условиях засушливого Поволжья при использовании нулевой и минимальной обработки почвы.

Рекомендации автора внедрены в 2014-2015 гг. на площади 95 га в ООО «Эвелина» Саратовского района Саратовской области, эффективность внедрения составила 0,9 тыс. руб./га и на площади 131 га в И.П. КФХ «Загудалина Г.С.» Новобурасского района Саратовской области, эффективность внедрения составила 0,9 тыс. руб./га.

Объект и предмет исследований. Объекты исследований – подсолнечник, предшественники (кукуруза, люцерна, ячмень), чернозем южный.

Предмет исследований – особенности формирования урожайности маслосемян подсолнечника на фоне различных приемов обработки почвы, предшественников и приемов химизации.

Методология и методы исследований. В работе использованы результаты ранее проведенных исследований, информационные издания и другие материалы по технологии возделывания подсолнечника.

При получении и обработке полевых данных использовались аналитический, экспериментальный, статистический, энергетический и экономический методы исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

– особенности изменения агрофизических и агрохимических свойств, а так же фитоценологических связей в посевах подсолнечника в зависимости от предшественников и приемов обработки почвы;

– характер формирования запасов продуктивной влаги в осенний и весенний периоды в зависимости от изменения агрофизических свойств и сложения пахотного слоя почвы;

– возможность получения стабильной урожайности маслосемян подсолнечника на уровне 1,5 т/га при минимализации обработки почвы и совместном применении высоко средообразующих предшественников на фоне гербицидов и удобрений на черноземах южных;

– энергетическая и экономическая эффективность выращивания подсолнечника при использовании минимализации обработки почвы.

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

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на международных и всероссийских конференциях: II Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» «Состояние и перспективы инновационного развития АПК» (Саратов, 2013); X Международная научно-практическая конференция «Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы» (Пенза, 2014); II Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные технологии в АПК: теория и практика» (Пенза, 2014); Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию Волгоградского государственного университета и кафедры «Земледелие и агрохимия» (Волгоград, 2014); внутривузовские конференции Саратовского ГАУ (Саратов, 2013, 2014).

Публикации. По теме исследований издано 6 работ, из них 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает в себя введение, 8 глав, заключение и рекомендации производству. Объем работы – 148 страниц печатного текста, включает 49 таблиц, 33 приложений, 4 рисунка. Список литературы состоит из 216 источников, в т.ч. 15 – на иностранных языках.

1 Системы обработки почвы в сберегающем земледелии (литературный обзор)

1.1 Значение подсолнечника

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) из семейства *Asteraceae* - основная масличная культура страны. Семена современных сортов и гибридов содержат 50 - 52 % пищевого масла с хорошими вкусовыми качествами, до 16 % белка. На долю подсолнечника в России приходится около 80 % посевов основных масличных культур (А. Н. Черников, 2011; В. М. Лукомец, 2008). За рубежом он также является распространённой культурой (А. Popescu, 2012; В. Kostova, 2010).

Масло подсолнечника относится к группе полувывсыхающих; оно обладает высокими вкусовыми качествами и превосходит другие растительные жиры по питательности и усвояемости (Д.С. Васильев, 1990; Ю. И. Чирков, 1969; Я. В. Губанов, 1991; Jasso de Rodriguez, 2002; В. Г. Васин, 2006; М. И. Борисова, 1974). Окраска семян масличной группы преимущественно тёмно-серая со слабой полосатостью, чёрно-угольная, редко серая с полосами; грызовой — серая с полосами, редко белая (Г. Г. Поликарпов, 1954; Е. Терентьева, 2002).

На корм скоту используют жмых, шрот и обмолоченные корзинки подсолнечника (Б.П. Михайличенко, 1999). Основу корзинки составляет цветоложе, на котором расположены по краям язычковые, а внутри — трубчатые цветки. Язычковые цветки крупные, оранжево-желтые, бесплодные, иногда с недоразвитым пестиком (А. Н. Бурмистров, 1990; М. С. Гиляров, 1989; С. Ю. Раделова, 2010; В. С. Пустовойт, 1975; Г. Г. Поликарпов, 1954). Так же эта культура признанный медонос (Х. Н. Абрикосов, 1955; Д. Ватолин, 2008). Менее известно, что подсолнечник – каучуконосное растение (В.В. Должиков, 2013).

1.2 Биологические особенности

Требования к теплу. Семена подсолнечника начинают прорастать при температуре 4–6 °С, при повышении температуры до 20 °С всходы появляются

через 6–8 дней. Всходы подсолнечника при оптимальном увлажнении и температурном режиме почвы появляются на 8–10 день после посева.

Наклюнувшиеся семена подсолнечника переносят заморозки до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, набухшие — до $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Всходы подсолнечника могут переносить кратковременные заморозки, что позволяет проводить посев в ранние сроки. Цветение подсолнечника продолжается – 25–30 дней, достигает он физиологической зрелости через 35–40 дней после цветения (В. М. Лукомец, 2011).

Наиболее оптимальная температура для роста и развития $20\text{--}24\text{ }^{\circ}\text{C}$, в фазе цветения $25\text{--}26\text{ }^{\circ}\text{C}$. при созревании $26\text{--}28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Заморозки в $-1\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в фазу цветения действуют губительно на цветки.

Требования к влаге. Подсолнечник потребляет большое количество воды. Известно, что оценивать показатель влагообеспеченности надо не по количеству осадков, а по отношению суммы осадков к максимальной в конкретных условиях потребности посевов во влаге, равной испаряемости с открытой водной поверхности (А.М. Алпатьев, 1954; П.И. Колосков, 1971; В.А. Смирнова, 1961). В зарубежной литературе степень обеспеченности посевов влагой обычно характеризуется соотношением фактической и потенциальной эвапотранспирацией (Х.Л. Пенман, 1968; J.T. Hayes, 1982), в том числе при изучении водного режима посевов подсолнечника (M. Rollier, 1975; R. Gimenez Ortiz, 1972; E. Fereres, 1983).

Благодаря мощно развитой и глубоко проникающей корневой системе он способен извлекать воду из глубоких слоев (Е.П. Денисов, 2008; Ф.П. Четвериков, 2010; А.Ф. Дружкин, 2011; М. С. Гиляров, 1989; В.Д. Шафоростов, 2007). Глубина их залегания зависит от погодных условий и состояния почвы (А.Д. Бочковой, 2002). Повреждение боковых корней во время обработок междурядий вредно для растений лишь при засухе. Если же во время рыхления в слое 0–10 см влаги достаточно, жизнеспособность боковых корней быстро восстанавливается (Д.И. Никитчин, 2002).

Требования к свету. Подсолнечник — светолюбивое растение короткого дня. При продвижении на север вегетационный период этой культуры удлиня-

ется. Растения подсолнечника имеют активный фотосинтезирующий аппарат большого размера, благодаря чему они отличаются большой фотосинтезирующей и биологической способностями, создавая в сутки 8-11 г/мл сухого вещества используя солнечную энергию 1,5-2,6% (А. Эргашев, 2009).

Требования к почве. Лучшие почвы для подсолнечника — черноземные и каштановые. Подсолнечник хорошо растет и развивается на слабокислых почвах (рН 6—6,8). Подсолнечник предъявляет определенные требования к плотности почвы в период прорастания семян. Первым трогается в рост, выходит из семени и углубляется в почву зародышевый корешок. За счет роста подсемядольного колена выходят и выносятся на поверхность семядоли. В это время важно, чтобы семена имели тесный контакт с почвой, т.е. важны формирование плотного ложа для них, наличие влаги и чтобы верхний слой был рыхлым (Л. В. Карпова, 2008).

1.3 Обработка почвы

Обработка почвы — мощный фактор мобилизации ее потенциального плодородия. Рост технической оснащенности сельского хозяйства привело к интенсивному использованию пахотных земель. Оно сопровождалось увеличением глубины и числа механических обработок для уничтожения сорных растений, увеличения глубины пахотного слоя и активизации деятельности микроорганизмов, улучшение водного и пищевого режимов и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Интенсивная обработка разрушала структуру почвы. Разрушение структуры неизбежно приводит к ухудшению водного и воздушного режимов почвы (Н.А. Деменюк, 2013; Г. Дорожко, 2011)

Обработка почвы рассматривается, прежде всего, с точки зрения регулирования ее плотности. При сопоставлении величин равновесной и оптимальной для культур плотности почвы определяется потребность в той или иной механической обработке. Уменьшение интенсивности рыхления почвы до полного отказа от нее возможно лишь на почвах, где равновесная плотность близка или равна оптимальной (И.П. Макаров, 1984; М.И. Сидоров, 1992). На ряду с тра-

диционной обработкой почвы требующей высоких энергетических затрат в настоящее время широко используется энергосберегающая обработка почвы. Сюда следует отнести минимальную, полосовую и нулевую обработку. Главным показателем оценки различных систем обработки почвы, является урожайность сельскохозяйственных культур и качество полученной растениеводческой продукции (Е.В. Кузина, 2011).

Традиционная система обработки включает в себя основную обработку почвы с оборотом пласта или безотвальное глубокое рыхление. После уборки предшественника проводят в первом случае два лущения стерни и глубокую вспашку оборотными плугами. Установлено, что при глубокой отвальной обработке содержание эрозионно опасной фракции выше, чем в других видах обработок, что приводит к повышенной эрозии и потере плодородия, так же увеличивается содержание влаги в почве (К.И. Саранин, 1990; В.Ф. Трушин, 1990).

Безотвальное глубокое рыхление снижает интенсивность эрозионных процессов. Это происходит за счет увеличения количества ценных фракций. Данный показатель коррелирует с численностью почвенных микроорганизмов. По данным Квашина А.А., Гаркуши С.В. (2005), изучающих воздействие различных агроприёмов на плодородие почвы, пришли к выводу, что на содержание элементов питания на чернозёмах обыкновенных Предкавказья в основном влияют севооборот и система удобрения. Это наблюдалось в большей степени, чем воздействие обработки почвы. Отмечалось снижение содержания водорастворимого фосфора при глубокой вспашке более чем на 3 мг/кг (А.В. Филиппова, 2014). Глубокое рыхление увеличивает содержание нитратного азота на 2,49 мг/кг по сравнению с глубокой вспашкой, что согласуется с данными других авторов, проводивших свои исследования в условиях Алтайского Приобья (Л.Б. Нестерова, 2009). Глубокая вспашка приводит к уменьшению нитратного и увеличению количества аммонийного азота, что связано с высокой степенью аэрации. По данным тех же авторов, вспашка провоцирует увеличение доли эрозионно опасных фракций (20 %) и снижает количество водорастворимого фосфора (45,5 мг/кг). По исследованиям Филиппова А.В., Попова М.Д. (2014),

количество мезобионтов при данной обработке меньше по сравнению с другими изучаемыми приёмами. Безотвальная обработка почвы характеризуется минимальным количеством эрозионно опасной фракции (менее 1 %) и повышает содержание калия.

Вспашка - самый низкопроизводительный, энерго- и ресурсоемкий процесс обработки почвы. На один гектар расходуется в зависимости от гранулометрического состава почвы от 20 до 25 кг дизельного топлива. Расходы энергии на обработку почвы составляют более 40 % от общих технологических затрат на возделывание сельскохозяйственных культур (W. Zarsion, 1982; R. Soucer, 1984).

Губарева Н. С. (1991), Смуров С. И., Джалалзаде Ф. К. (2003) допускают применение других, в том числе и более мелких обработок. При минимализации обработки эти затраты сокращаются до 10-15 % (С. И. Коржов, 2009). Расход горючего и смазочных материалов при применении ресурсосберегающих технологии относительно традиционной обработки можно уменьшить в 2,5–3,0 раза .

Распашка и сельскохозяйственное использование черноземов приводит к снижению в них содержания гумуса и общего азота в сравнении с целинной почвой. Распашка черноземов и 60- летнее сельскохозяйственное их использование привело к пропорциональному снижению содержания гумуса и общего азота (В.В. Пономарева, 1980).

Выход из сложившейся ситуации — внедрение ресурсосберегающих технологий обработки почвы. Их использование явилось следствием объективно действующих законов развития научно-технического прогресса. Переход его из ресурсоемкого в ресурсосберегающий этап является качественным изменением технологического уровня. Чернозёмы обыкновенные наиболее пригодны для энергосберегающих технологий, вследствие оптимальной плотности сложения для многих сельскохозяйственных культур (И.И. Гридасов, 1997; А.А. Романенко, 2006).

По вопросам использования энергосберегающих приемов обработок почвы нет единого мнения. Мировой и российский опыт по возделыванию сельскохозяйственных культур с использованием энергосберегающих обработок почвы показывает, что урожайность может быть ниже, одинаковой или выше, по сравнению с традиционной вспашкой (R.S. Gray, 1996; G.P. Lafond, 1996; С.Н. Sijtsma, 1998; G.P. Zentner, 2002). Ряд авторов утверждает, что урожайность при вспашке, минимальной и нулевой обработках почвы была практически одинакова (А.В. Кислов, 2007; В.Г. Шурупов, 2010). Другие авторы полагают, что урожайность при минимальной и нулевой обработке почвы по сравнению со вспашкой снижается (Е.П. Денисов, 2014). Некоторые авторы утверждают, что при энергосберегающих обработках почвы урожайность зерновых выше, чем при вспашке (Ф.Г. Бакиров, 2014; Е. Долгов, 2011).

Минимальная обработка почвы снижает энергетические затраты путем уменьшения числа и глубины обработок, совмещение операций в одном рабочем процессе. Она предполагает широкое применение при высокой засоренности гербицидов (Т.А. Трофимова, 2013) и включает в себя осенью мелкое безотвальное рыхление почвы после уборки предшественника, а весной предпосевную культивацию (Е.П. Денисов, 2011).

Многие исследователи в своих работах показали, что применение минимальной и нулевой обработок способствовало накоплению влаги весной в пахотном и корнеобитаемом слое больше, чем на вспаханных полях, в Нечерноземной зоне (Ю. И. Митрофанов, 2010), в Самарской области (Л. В. Орлова, 2009) и в республике Марий Эл (В. И. Макаров, 2010). Другие ученые отмечают большее накопление влаги в почве при классической обработке: на южном черноземе Саратовской области (Ю. Ф. Курдюков, 2008), на выщелоченном черноземе в Тюменской области (Т. В. Симахина, 2007), на черноземе обыкновенном Северного Кавказа (В. Г. Шурупов, 2011).

Возможности минимализации обработки почвы возрастают по мере обеспеченности производственными ресурсами, удобрениями, пестицидами

при соблюдении севооборотов, высокой культуры земледелия (А.М. Лыков, 1982; К. Меллер, 2011).

Научные исследования свидетельствуют о пользе уменьшения глубины и количества обработок. При возделывания пропашных культур на чистых от многолетних сорняков полях, а также с использованием эффективных гербицидов число междурядных рыхлений можно сократить до 1-2 в период вегетации или полностью исключить (К.И. Саранин, 1990; В.Ф. Трушин, 1990; Г. Петерсон, 2005). Сокращение боронований и рыхления междурядий в послепосевной период с использованием гербицидов уменьшает уплотнение почвы, улучшает ее физические и технологические свойства, что увеличивает урожай (А.П. Солодовников, 2015).

Культивация междурядий при выращивании пропашных культур в ряде стран, например, в США, постепенно заменяется обработкой гербицидами. Это связано с тем, что при механической обработке увеличивается испарение влаги в засушливые годы, подрезаются корни выращиваемых культур, что ведет к недобору урожая, повышению затрат и себестоимости продукции.

Еще более эффективна с точки зрения энергосбережения нулевая обработка почвы (прямой посев), которой в последние годы агрономическая наука и практика ряда стран (Великобритания, Канада, США, Германия, Новая Зеландия, Венгрия и др.) уделяют все большее внимание. Это можно считать новым этапом в минимизации обработки почвы (Х.П. Аллен, 1985; Г.И. Носов, 2005). Нулевую обработку почвы можно рассматривать в качестве технологии, наиболее близкой природе (Карлос Кроветто, 2010; Х.П. Аллен, 1985).

К преимуществам нулевой обработки относят снижение трудозатрат, расхода топлива и износа технических средств, обеспечение возможности выполнения полевых работ в сжатые агротехнические сроки, улучшение почвенных условий для развития культур за счет сохранения структуры почвы, повышение содержания гумуса и снижение риска развития водной и особенно ветровой эрозии (Т. Пелльетье, 2011).

При нулевой обработке начинаются процессы улучшения агрофизических и агрохимических показателей плодородия почвы, увеличивается содержание гумуса (Л.Н. Кузнецова, 2014; А.И. Титовская, 2014; А.В. Ширяев, 2014; А.В. Акинчин, 2014; А.Г. Ступаков, 2014).

Следует учитывать и негативные явления применения нулевой обработки почвы. Это опасность засоренности полей, особенно многолетними сорняками. Частые поверхностные обработки без оборота пласта при размещении зерновых по зерновым в узкоспециализированных севооборотах могут увеличить поражение их корневыми гнилями (А.Г. Харченко, 2011).

Для устранения негативных явлений нулевой обработки почвы необходимо в ее системе в севообороте умело сочетать отвальную и безотвальную, глубокую и поверхностную обработки (А.Г. Харченко, 2011)

Нулевая технология постоянно совершенствуется, так как появляются новые подходы в целях уменьшения производственных затрат. Одним из таких направлений является система Clearfield (в переводе с английского - «чистое поле»), по которой можно возделывать основные сельскохозяйственные культуры. Впервые данная производственная система начала использоваться на подсолнечнике, получила широкое распространение и используется в мире на площади 2,5 млн. га. Основным отличием системы Clearfield является полное отсутствие междурядных обработок с сохранением в ряде случаев пахоты. Данная система в российских условиях, кроме того основана на разовом применении относительно дорогостоящего гербицида «евролайтинг» (В. А. Бушов, 2012).

Нулевую обработку (прямой посев) широко используют для посева подсолнечника. В этом случае используются специальные пропашные посевные комплексы. Они должны быть оборудованные турбодисками для полосной обработки почвы. Такие комплексы за один проход производят обработку почвы, посев, внесение удобрений и прикатывание. В Австралии прямой посев применяется на площади 16млн. га. При этом увеличивается плодородие почвы,

улучшается и стабилизируется окружающая среда, повышается урожайность зерновых культур на 10-15% (Л. Орлова, 2011).

Подсолнечник очень чувствителен к уплотнению почвы, хотя наблюдения Бакирова Ф.Г., Петрова Г.В. (2014) показали, что корневая система подсолнечника оказывает мощное разуплотняющее действие на почву на глубине 0–20 см. В случае наличия плужной подошвы, которая препятствует проникновению корней в глубокие слои, возможно использование глубокорыхлителя. При этом почва хорошо рыхлится без оборачивания пласта. Такая обработка значительно экономичнее, чем пахота. При прямом посеве подготовка почвы начинается осенью во время уборки зерновых культур. Комбайн при уборке предшественника измельчает и разбрасывает солому (растительные остатки) по поверхности поля. Неравномерное распределение остатков становится причиной разной глубины заделки семян, которая вызывает внутривидовую конкуренцию отдельных растений (Йорг Шульце Векст, 2011)

Мульча из растительных остатков защищает почву от разрушения структуры дождевыми каплями, усиливает инфильтрацию воды и тем самым предотвращает развитие водной эрозии. Чем больше пожнивных остатков на поверхности поля, тем эффективнее защита от эрозии. При урожайности 1,5-2,0 т/га внесение растительных остатков равноценно внесению 12-14 тонн перегноя. Это практически компенсирует вынос питательных элементов из почвы с урожаем.

Практически преимущества прямого посева обусловлены постоянным покрытием почвы растительными остатками (солома). Прямой посев без остатков на поверхности поля приводит к неудачам и снижению урожая. Необходимо увеличение до максимума производства биомассы предшественником в каждом регионе. Оптимальный объем сухой биомассы составляет более 10 т/га в год. При использовании нулевой обработке нельзя сжигать растительные остатки. Если остатков мало, то используют быстрорастущее зеленое удобрение. Сидераты измельчаются и укладываются на поверхности поля. Мульчированный слой улучшает химические, физические и биологические процессов в

почве, что обеспечивает повышение ее плодородия (А.В. Ширяев, 2014; А. Г. Харченко, 2011).

Прямой посев представляет значительные возможности экономии времени и рабочей силы, позволяя проводить посев в оптимальные сроки, сокращая до минимума время работы в поле (Система No – till, 2009, В.А. Небавский, 2003).

В последние годы успешно используется технология полосовой обработки почвы (strip-till). Особенно она распространена в США, Канаде, Германии при возделывании пропашных культур, таких как сахарная свекла, соя, кукуруза, подсолнечник. В последние годы данная технология приобретает все большую актуальность и в России (Йорг Шульце Векст, 2011; М. Сафиулин, 2011; Флориан Хилле, 2011; В.В. Орлов, 2011).

В рамках технологии полосовой обработки почвы производится рыхление полосы, в которую затем при помощи машин, оснащенных навигационными приборами, высеваются культурные растения. Около двух третей поля остается необработанной и сохраняет свою природную структуру. При технологии возделывания культур с полосовым рыхлением обработка почвы состоит только из двух рабочих операций: рыхление осенью или весной с посевом во взрыхленные полосы (К. Меллер, 2011).

Важнейшее условие эффективной минимализации обработки почвы — высокий уровень общей культуры земледелия, строгое соблюдение технологической дисциплины, проведение полевых работ в оптимальные сроки и с отличным качеством, правильное использование эффективных гербицидов, применение достаточных доз удобрений (Е.П. Денисов, 2012).

1.4 Особенности питания подсолнечника

Вынос питательных веществ растениями подсолнечника самый высокий по сравнению с другими известными культурными растениями: эта величина составляет 272 кг на 1 т урожая семян и побочной продукции, в т.ч. азота – 60 кг, фосфора – 26 кг, калия – 186 кг. С урожаем в 1 тонне семян азота выносятся

28–29 кг, фосфора – 12–13 кг и калия – 90–100 кг. Вся побочная продукция, в которой содержится 25 кг азота, 12 кг фосфора, 90–100 кг калия, остаётся на поле и в качестве выноса не может быть использована. Поэтому приведённые цифры нужно считать не выносом питательных веществ культурой, а вовлечением в оборот элементов питания при её выращивании (В. П. Лухменёв, 2015).

При внесении основного удобрения под зяблевую вспашку лучшим сочетанием является азотно-фосфорное удобрение при соотношении в нём азота к фосфору равным 1:1 или 1:1,5. Урожайность семян при этом повышается в среднем на 0,21-0,35 т/га (З.С. Кувика, 1940; Б.К. Игнатъев, 1968; О.В. Енкина, 1975; Д.Н. Белевцев, 1977; А.И. Лукашев, 1992). Основное удобрение – удобрение, внесённое в почву до посева сельхозкультуры, обеспечивает растения питательными веществами на протяжении всего периода вегетации. Вместе с припосевным удобрением и подкормками составляет систему удобрения в севообороте (И.И. Синягин, 1978).

Исследованиями ВНИИМК и других научных учреждений установлено, что для подсолнечника лучшим является азотно-фосфорное удобрение. Доза азотно-фосфорного удобрения зависит от количества в почве подвижного фосфора. Оптимальной дозой является при низкой обеспеченности пахотного слоя подвижным фосфором N40-60P60, при средней – N20-30P30, при повышении норм эффективность этих доз снижается. При высокой обеспеченности почвы фосфором внесение удобрений - экономически не выгодно (Е. В. Агафонов, 1998; Д. Н. Белевцев, 1977; Б. К. Игнатъев, 1968; А. И. Лукашев, 1992). При этом дозу N20-30P30 вносятся одновременно с посевом подсолнечника. Этот способ позволяет эффективно использовать питательные элементы из удобрений при любых системах основной обработки почвы (И. К. Артюхов, 1974; А. И. Лукашев, 1983; А. И. Лукашев, 1980; А.И. Лукашев, Н. М. Тишков, 1980).

Лукашев А.И. (1983) обобщив многочисленные и многолетние данные научных учреждений об отзывчивости подсолнечника на минеральные удобрения, показал, что оптимальные их сочетания и нормы внесения различаются в зависимости от возделывания этой культуры. В большинстве случаев наиболее

эффективно азотно-фосфорное удобрение в дозе N40 P60. Исследованиями ВНИИМК установлено, что по агроэкономической эффективности доза N20–30P30, внесенная при посеве, равноценна дозе N40–60P60, внесенной под зябь (Методические рекомендации ГНУ ВНИИМК, 2011).

С учетом возврата питательных веществ в почву с растительными остатками дефицит баланса последних в земледелии страны в среднем составил 53,6% (П.А. Чекмарев, 2012).

Минеральные удобрения вызывают уменьшение процента жира в семенах подсолнечника, при существенном преобладании в питательной среде азота над фосфором. В таких условиях содержание сахаров, из которых образуются составные части жира - глицерин и жирные кислоты, снижается вследствие повышенного расхода их на синтез белков (И.В. Мосолов, 1979). Особенно заметно снижение содержания жира в семенах под влиянием азотных удобрений в условиях недостаточного увлажнения (Б.П. Плешков, 1987). На плодородных почвах отзывчивость подсолнечника на минеральное питание невысока, особенно при минимальной обработке почвы (А. В. Яловой, 2004; А. Н. Есаулко, 1997; Флориан Хилле, 2011).

Как показали исследования многих ученых, эффективность некорневой подкормки во многом зависит от состава удобрений, сроков их применения, потребностей растений в дополнительном поступлении макро- и микроэлементов, почвенных и погодных условий (А.Н. Назарько, 2011; Н.М. Тишков, 2008).

Калийные удобрения в норме 40–60 кг/га действующего вещества вносят на легких почвах (В.П. Лухменёв, 2004; В.П. Лухменёв, 2011).

Для успешного использования соломы в качестве удобрения её следует измельчать, равномерно распределять по поверхности поля, внося компенсационные дозы азотных удобрений из расчёта 10 кг действующего вещества азота на 1 тонну соломы с заделкой в почву или без заделки в почву при технологии No-till (В.П. Лухменёв, 2015).

В результате больших доз удобрения вносимых в почву происходит деградация почвы, которая препятствует повышению урожайности сельскохозяй-

ственных культур. Вследствие высоких доз удобрений на некоторых почвах отдельные виды полезных микроорганизмов находятся на грани исчезновения. Их место занимают нетипичные для почвообразовательных процессов микроорганизмы. Они не улучшают питание растений, особенно при минимальной обработке, а паразитируют на растительном организме. Поэтому на подсолнечнике следует применять небольшие дозы удобрения в сочетании с деструкторами растительных остатков (А.Г. Харченко, 2011; Флориан Хилле, 2011)

1.5 Засоренность посевов подсолнечника

Одним из важных мероприятий по повышению урожайности сельскохозяйственных культур является борьба с сорной растительностью. Одна из причин получения низкой урожайности подсолнечника — его высокая засоренность (З. Г. Милованова, 2006) . Основные засорители посевов — широколистные однолетние сорняки: щирица запрокинутая (*Amaranthus reiroflexus*), марь белая (*Chenopodium album*), горец вьюнковый (*Polygonum aviculare*). Сильно иссушают и обедняют почву однолетние злаковые сорняки: просо куриное (*Echinochloa crus galli*), щетинник зеленый (*Setaria veridis*), щетинник сизый (*Setaria glauca*) (Н. И. Стрижков, 2009).

Различные системы основной обработки почвы по-разному влияют на условия жизни не только культурных, но и сорных растений. Особое значение для эффективной борьбы с сорняками имеют глубина обработки и мощность обрабатываемых слоев почвы, потому что именно от них зависит перераспределение семян и вегетативных зачатков в почве, а также их жизнеспособность (В. И. Турусов, 2011).

Засоренность снижает урожайность на 20-30%. Важное место в борьбе с сорняками занимают способы обработки почвы. При вспашке часть семян сорняков консервируется в глубоких слоях почвы. На дне борозды они проходят период покоя. При следующей глубокой обработке часть их вновь выворачивается на поверхность почвы, и верхний слой снова засоряется сорняками. При глубоком безотвальном рыхлении такой консервации нет. Семена сорняков

остаются на поверхности поля, прорастают и уничтожаются при обработке (Е.Н. Лобачева, 2007).

В севооборотах осуществляется естественная, биологическая борьба с сорняками. Чередование культур в севообороте подавляет специализированные сорные растения одной культуры другой, с иными биологическими свойствами, иной агротехникой (А.Н. Сухов, 2008).

Из агротехнических мер наиболее успешным средством борьбы с сорной растительностью является обработка почвы. Наиболее эффективна борьба с сорняками в период, когда поле не занято культурой — на всех полях после уборки урожая, в период культиваций в паровом поле. Следует учитывать, что чистый пар способствует развитию ветровой эрозии и ухудшает плодородие почвы за счет минерализации гумуса (Г. И. Казаков, 2008; И. И. Ковтун, 1990). Большое значение в уничтожении многолетних сорняков имеет довсходовое и после всходовое боронование посевов, а так же во время междурядных обработок пропашных культур (Ю.Н. Плескачев, 2013).

Сорняки более подвержены влиянию гербицидов при прямом посеве, чем при традиционной обработке с оборотом пласта. Прямой посев подразумевает мероприятия по борьбе с сорняками как в период вегетации, так и в предпосевной и послеуборочный периоды. В этом случае широко используется химическая защита растений от сорняков. По исследованиям ученых ВНИИМК (Методические указания, 2010), для соблюдения агроприемов интенсивной технологии производства семян подсолнечника в целях проведения защитных мероприятий необходимо использовать следующие почвенные гербициды: Харнес, Глифосат, Трефлан, Форвард, Трофи или Фронтьер. Однако экономически целесообразнее применять препарат Трофи или Харнес в расчете 2 л на 1 га посевной площади, и Форвард в дозе 0,7 л/га. Особенно они широко должны применяться при минимализации обработки почвы и нулевом посеве. Во многих странах применяются глифосатсодержащие гербициды типа Раундап (Флориан Хилле, 2011; А.С. Боровкова, 2011).

В целях повышения эффективности мер борьбы с сорняками следует учитывать меняющийся видовой состав последних и корректировать набор гербицидов (В. В. Немченко, 2010).

1.6 Предшественники подсолнечника

Предшественник может оказывать влияние на сельскохозяйственную культуру начиная с момента ее посева. По результатам исследований на светло-серых лесных почвах Нижегородской области (И. П. Такунов, 1999), установлено, что предшественник оказывает влияние на полевую всхожесть и сохранность всходов.

Ценность люцерны как предшественника многообразна. Она повышает плодородие почвы, разрыхляет и восстанавливает ее структуру, улучшает аэрацию, создавая благоприятные условия для жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий, что и является предпосылками для получения высокого урожая последующей культуры (Е. В. Николаев, 1986; Е. В. Николаев, 2001; Е. П. Денисов, 2013; Е. П. Денисов, 2012). Данные многих исследований свидетельствуют о том, что среди непаровых предшественников первое место занимают бобовые травы – люцерна, эспарцет, горох (В. П. Ермоленко, 1999). Многими исследователями отмечается способность многолетних трав осуществлять разуплотнение почвы, положительно влиять на накопление гумуса (С. А. Воробьев, 1979; В. П. Заикин, 1984; В. П. Заикин, 1989; А. Ю. Лисина, 2007; А. Ю. Лисина, 2010; И. Н. Листопадов, 1986; Ю. А. Малышева, 2009).

Многолетние травы с хорошо развитой корневой системой оставляют после себя большое количество органического вещества в почве, они обогащают почву азотом, который усваивают из воздуха клубеньковые бактерии (А. И. Кузнецов, 2000; В. Г. Лошаков, 2007). Глубоко идущая корневая система люцерны обогащает пахотный слой фосфором и кальцием, извлекая их из нижних, подпахотных слоев. Ни одну культуру нельзя сравнить с многолетними травами по эффективности защиты почвы от водной и ветровой эрозии. Велика и фитосанитарная роль многолетних трав: в их посевах создаются неблагоприят-

ные условия для многих видов сорняков, почва очищается от семян сорняков, гибнут многие вредители сельскохозяйственных культур и патогенная микрофлора. В Волго-Вятском районе многолетние травы играют большую роль в противооовсюжных звеньях севооборотов (В. Д. Абашев, 2001; В. Д. Абашев, 2002; В. П. Заикин, 1984).

Многолетние травы транспирируют в течение всего вегетационного периода влагу и до минимума сокращают вымывание питательных веществ, а их корни улучшают структуру почвы и препятствуют уплотнению почвенных агрегатов, чем предотвращают возникновение благоприятных для денитрификации анаэробных условий (В. П. Заикин, 1991; Ф. П. Румянцев, 2000). Ряд исследований доказывает, что одни минеральные удобрения не обеспечивают воспроизводство плодородия почв до бездефицитного баланса гумуса и улучшения водно-физических и биологических свойств, поэтому при недостатке органических удобрений эффективно введение в севообороты многолетних трав (А. М. Гаврилов, 1985).

В формировании почвенного плодородия важная роль принадлежит гумусу, содержание, запасы и состав которого практически определяют все агрономически ценные свойства и продуктивность почв (В. П. Заикин, 1991; Ф. П. Румянцев, 2000). По данным сибирских ученых, многолетние травы являются важнейшим источником пополнения запасов органического вещества в почве для формирования гумуса. Экспериментальные данные показывают, что в условиях Сибири они накапливают в год до 5–10 т/га сухой массы корней (в 2,5–5,0 раз больше, чем однолетние культуры) и обеспечивают бездефицитный баланс гумуса для 3–5 последующих культур севооборота (Г. Г. Данилов, 1982). А по результатам исследований в Чувашии многолетние бобовые травы оставляют в почве до 15 т/га и более пожнивных и корневых остатков.

Многолетние травы, оставляя в почве до 50 % синтезированной ими органической массы, обеспечивают бездефицитный и положительный баланс гумуса в почве (при насыщении ими севооборотов не менее 40–50 %). При этом

мощная дернина многолетних трав надежно скрепляет и предохраняет почву от водной эрозии.

В то же время стоит отметить, что многие вопросы, в частности интенсивность воздействия фитомелиорантов на почвенные свойства, недостаточно изучены и описаны для сухостепных районов Заволжья (Е. П. Денисов, 2008). По данным Денисова Е. П., Солодовникова А. П., Денисова К.Е. (2008) наблюдения за агрохимическими свойствами почвы показали, что на третий год жизни люцерны содержание гумуса возросло на 0,18 % по сравнению с первым годом жизни трав. Существенно изменялось содержание азота в почве. На третий год жизни люцерны содержание данного элемента возросло на 1,4 мг на 100 г почвы по сравнению с первым годом. Отмечено существенное увеличение доступного фосфора под люцерной на 0,9 мг на 100 г почвы или на 13,0 % и обменного калия – на 2,7 мг или на 11 %.

Хорошими предшественниками под подсолнечник являются зерновые колосовые и другие культуры (Е. М. Лебедь, 1997; А.П. Царев, 1995). Предшественники оказывают существенное влияние на засоренность посевов. Лучшими являются озимые и яровые колосовые культуры, которые используют влагу преимущественно из верхних горизонтов почвы, рано освобождают поля и обеспечивают эффективное подавление сорной растительности в системах основной обработки почвы (В.М. Лукомец, 2008; В.М. Лукомец и др., 2011; В.М. Лукомец и др., 2008; В.И. Якуткин, 2008; Т.Н. Селиванова и др., 1997; А.П. Царев, 2000). По данным Васильева Д. С. (1990) хорошими предшественниками для подсолнечника являются озимые и яровые колосовые культуры (пшеница, ячмень), кукуруза на силос и зерно. Не рекомендуются в качестве предшественников горох, соя, фасоль, рапс, сахарная и кормовая свекла, морковь из-за поражения склеротиниозом (В.Т. Пивень, 2006; А.Ч. Кагермазова, 2004). Многие имеющиеся в научной литературе сведения по данным вопросам не лишены противоречий. Опыт по изучению влияния приемов основной обработки почвы и предшественников на урожайность гибрида подсолнечника Принтасол закладывался в ОАО «Алга» Асекеевского района по предшественникам кукуруза и

ячмень (А. А. Громов, И. Я. Давлятов, 2006). Изучались следующие способы основной обработки почвы: вспашка плугом ПН-5-35 на 25–27 см (контроль) и нулевая обработка.

Весной по вариантам обработки проводили покровное боронование и предпосевную культивацию КПС-4 на глубину заделки семян. Перед культивацией вносили почвенный гербицид Харнес в дозе 2 л/га. На нулевой обработке дополнительно вносили Раундап – 3 л/га. Опыт проводился на фоне внесения N45P45K45, удобрения заделывали дисковой сеялкой на глубину 6–8 см перед основной обработкой почвы. Высевали подсолнечник сеялкой «Кинзе» с нормой посева 60 тыс. всхожих семян на 1 га пунктирным способом с междурядьями 70 см. За вегетацию культуры проводились две междурядные обработки. Перед посевом подсолнечника запасы продуктивной влаги в почве по различным предшественникам отличались незначительно. Лучшие условия для накопления влаги в почве складывались на варианте со вспашкой, несколько худшие – на нулевой обработке. Коэффициент водопотребления снижался по мере роста урожайности подсолнечника и был наименьшим в среднем за 3 года на посевах подсолнечника, размещенных по предшественнику кукуруза на варианте со вспашкой. Приемы обработки почвы оказали влияние на засоренность посевов. Нулевая обработка приводили к заметному увеличению засоренности посевов, что особенно отмечается в начальные фазы роста растений подсолнечника. Предшественники также оказали влияние на засоренность посевов. Несколько больше сорняков отмечалось ячменю, меньше по кукурузе. Приемы основной обработки почвы, предшественники и метеоусловия в годы проведения опытов оказали значительное влияние на урожайность подсолнечника. Влияние приемов основной обработки почвы и предшественников на урожайность семян подсолнечника оказалось неоднозначным. По кукурузе и ячменю лучший результат был получен на варианте вспашка, значительно меньше по нулевой. В среднем за три года лучшим предшественником оказалась кукуруза, затем ячмень. Возделывание подсолнечника по всем фонам обработки почвы оказалось рентабельным. В сложившихся условиях высокой за-

соренности полей нулевая обработка из-за двойной дозы гербицидов не имела преимуществ по уровню рентабельности перед другими вариантами, вместе с тем значительно снижала урожайность семян подсолнечника. При улучшении культуры земледелия и снижении засоренности полей этот вариант является перспективным.

1.7 Влияние обработки почвы на водный режим подсолнечника

В засушливых регионах нашей страны, влага является основным фактором, лимитирующим урожайность всех полевых культур (В. П. Бражник, 2000; Н. И. Лукомец, 2008; И. И. Судницын, 2008; Е.П. Денисов, 2014; А. П. Солодовников, 2014). Поэтому при возделывании подсолнечника – необходимо осуществлять все меры для накопления и сохранения почвенной влаги и рационального использования ее растениями (В. С. Полоус, 2011; В. Т. Рымарь, 2000; D.Boisgontier, 1985). Именно количество влаги, содержащееся в почве, определяет многие технологические процессы, происходящие в ней, и особенно превращение питательных веществ и поступление их с водой в растение в течение вегетационного периода (В. И. Турусов, 2004; G. Rahmann, 2011; В.С. Епифанов, 2006; Б.Д. Кирюшин, 2009; В.В Ивенин, 2010).

Основная обработка почвы оказывает непосредственное влияние на изменение ее структуры, плотности и характер поверхности, воздействует на инфильтрацию и испарение влаги (В.М. Лукомец, 2010). По мнению Перфильева и Вьюшеной (2013), эффективность накопления и сохранения осадков во многом определяет обработка почвы, а состояние увлажнения почвы влияет на ее крошение, выравненность поля при обработке. Авторы установили, что влагонакопительная эффективность обработки определялась условиями увлажнения почвы перед обработкой и выпадением осенне-зимних осадков. Так, при низких запасах продуктивной влаги (50–60 мм, или 33–40 % от НВ) в метровом слое почвы перед ее обработкой и при хорошем осенне-зимнем увлажнении лучшие

условия для аккумуляции и сохранения осадков обеспечиваются обработкой почвы без оборота пласта с использованием стоек СиБИМЭ. Запасы влаги в метровом слое при этом, по сравнению с вариантом вспашки, увеличивались на 15,4–20,3 мм. При высоких же запасах продуктивной влаги (140–190 мм, 93 % от НВ и более) и хорошем осенне-зимнем увлажнении (150 % к среднемноголетнему) лучшие условия для накопления и сохранения влаги обеспечивает отвальная система основной обработки почвы. Запасы влаги здесь были выше на 7,7–23,4 мм по сравнению с обработкой без оборота пласта. А в условиях с удовлетворительными запасами продуктивной влаги в метровом слое (80–120 мм, 54–81 % от НВ) и удовлетворительного осенне-зимнего увлажнения глубокая и мелкая безотвальные обработки почвы обеспечивали культурные растения влагой на уровне с вариантом вспашки. В стационарном опыте КубГАУ (г. Краснодар) на черноземе выщелоченном изучение влияния различных систем основной обработки почвы (безотвальной, отвальной с периодическим глубоким рыхлением и рекомендуемой – сочетание отвальной и безотвальной обработок) показало, что они не оказывали существенного влияния на накопление влаги в почве за осенне-зимне-весенний период влагонакопления. Вторая важная закономерность, которую здесь удалось выявить, – системы основной обработки почвы не оказывали существенного влияния на величину влажности и запасов продуктивной влаги к концу периода влагонакопления. В среднем за 6 лет при безотвальной обработке влажность в 2-метровом слое почвы составила 23,0 %, а продуктивной влаги было 213 мм, при рекомендуемой – 23,5 % и 219 мм, а при отвальной с периодически глубоким рыхлением – 23,7 % и 224 мм (И. Т. Трубилина, 2002). В многолетнем стационарном опыте в зернопропашном севообороте на черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом Кушевского района Краснодарского края наблюдения показали, что водный режим почвы не зависел от приемов основной обработки почвы. Доступной влаги в слое 0–200 см содержалось: по отвальной вспашке – 216,0 мм, по осенней нулевой – 210,6 мм и по минимальной основной обработке – 213,5 мм, а в метровом слое почвы накапливалось доступной влаги 133,8; 130,3 и 131,1 мм соответственно. Перед

уборкой по энергосберегающим обработкам почвы в слое 0–100 см содержалось доступной влаги на 1,4–1,5 мм, или на 14–15 м³ /га больше, чем в варианте с отвальной вспашкой (В.Г. Шурупов, 2010).

Аналогичные результаты были получены Новиковым (2014) в многолетнем стационарном опыте при изучении систем основной обработки почвы: отвальной на глубину 20–22 см, отвальной - на 30–32 см, поверхностной - на 10–12 см и плоскорезной - на 20–22 см на темно-серой лесной среднесуглинистой почве Центрального Черноземья. Автор отмечает, что накопление запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом культур и к уборке слабо зависело от способов обработки почвы. К моменту посева культур, при всех способах обработки почвы, содержание продуктивной влаги составляло от 217 до 240 мм, а к уборке оно снижалось до 145–175 мм. Наблюдавшиеся различия в пределах 25–30 мм влаги обуславливаются разными сроками определения влажности почвы в зависимости от срока посева и уборки культур. Гребенникова и Чуманова (2013), проведя исследования в Кемеровской области на черноземе выщелоченном среднесуглинистом, где в полевом севообороте изучались три варианта систем основной обработки почвы, установили, что запасы продуктивной влаги в метровом слое при минимальной (предпосевное лущение) и нулевой (прямой посев) системах обработки были выше на 15 мм, чем при зональной (плоскорезная обработка на глубину 20–22 см) за счет увеличения плотности почвы в слое 40–100 см. Дорожко и Бородин (2012), изучив характер влияния приемов основной обработки почвы (классической, поверхностной и прямого посева) на динамику продуктивной влаги и на урожайность полевых культур в зернопропашном севообороте на черноземе южном тяжелосуглинистом во второй агроклиматической зоне Ставропольского края, отметили, что влагообеспеченность посевов озимой пшеницы и подсолнечника за вегетацию в этой засушливой зоне является одним из главных факторов в формировании величины урожая. Авторы заключают, что приемы основной обработки почвы должны обеспечивать сохранение пожнивных остатков на поверхности почвы, что оказывает положительное влияние на ее влаго-

обеспеченность и урожайность культур, а также будут способствовать защите почвы от водной эрозии и дефляции. Давыдова и Сухарев (2011) на черноземе выщелоченном среднесуглинистом Центрального Черноземья установили, что наиболее высокие запасы влаги в метровом и полуметровом слоях почвы отмечены в варианте, где применялась вспашка (на 20–22 см) в сочетании с глубоким рыхлением (на 50–52 см), а наименьшие влагозапасы наблюдались в варианте с поверхностной обработкой (на 8–10 см) почвы. Аналогичные данные были получены Москвичевым и др. (2011) на южных черноземах степной зоны Волгоградской области. Здесь наибольшее количество запасов влаги в почве отмечено по всем изучаемым вариантам обработки почвы на фоне разуплотнения плугом-глубококорыхлителем (на 60 см) на 5–6 %. Коноплин и Рзаева (2008) отмечают, что в южной лесостепи Тюменской области на черноземе выщелоченном чередование способов и глубины основной обработки почвы под разные культуры севооборота положительно сказывались на накоплении и сохранении влаги. Перфильев и Вьюшина (2013) установили, что длительное использование ежегодных и преимущественно мелких обработок в системе основной обработки тяжелосуглинистой темно-серой лесной почвы Северного Зауралья ведет к ухудшению условий ее водопроницаемости, усвоения осенне-зимних осадков, снижению запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы. Цветков (2010), проведя исследования в условиях Приобья Алтая на черноземе выщелоченном среднемощном среднесуглинистом в пятипольном зернопаровом севообороте с использованием орудий основной обработки почвы КПГ- 250, КПШ-5 и ЛДГ-10, установил, что влагонакопление под возделываемые культуры в большей мере зависело от погодных условий года и в меньшей – от предшественника и приема основной обработки почвы, причем предшественник играл несколько большую влагонакопительную роль, чем приемы основной обработки почвы. Шакиров и Гилаев (2013) правомерно отмечают, что улучшение агрофизических свойств пахотного слоя серой лесной почвы Республики Татарстан способствовало большему накоплению и сохранению почвенной влаги.

Влагообеспеченность посевов определяют по запасам доступной для растения влаги. Запасы продуктивно влаги в метровом слое чернозема от 200 до 160 мм считаются хорошими; от 160 до 130 – хорошими; от 130 до 90 – удовлетворительными; от 90 до 60 – низкими; менее 60 мм – очень низкими (Г. И. Казаков, 2008).

Минимализация осенней и предпосевной обработки почвы сокращает до минимума количество механических обработок, сохраняет стерню, проводит мульчирование поверхности почвы. Применение почвенных гербицидов на полях засоренных малолетними сорняками, позволяет полностью исключить междурядные обработки в период вегетации, проводить посев в сжатые сроки (за 4–5 дней) с рядковым внесением удобрений, прикатыванием и боронованием обеспечивают значительное снижение (на 40–50%) непроизводительного расходования влаги (В.П. Лухменев, 2004; В.П. Лухменев, 2005).

1.8 Влияние обработки почвы на урожай подсолнечника

Урожайность культуры является основным показателем эффективности того или иного агроприёма, которая зависит от многих слагаемых факторов (И. А. Вольтерс и др., 2013; А. В. Кислов, 2007). Повышение рентабельности производства семян подсолнечника требует дополнительной оценки ранее принятых агротехнических приемов и общей технологии возделывания подсолнечника для снижения материальных и энергетических затрат (В. М. Жидков, 2003).

В агротехнике подсолнечника выделяются два типа базовых технологий: экстенсивные и продукционно-управляемые (Н. В. Краснощеков, 2010). Экстенсивные технологии выращивания подсолнечника ориентированы на использование естественного плодородия почв без применения удобрений и других химических средств или с очень ограниченным их использованием. Продукционно-управляемые технологии основываются на активном использовании техногенных средств повышения плодородия и урожайности культуры за счет воздействия непосредственно на культуру в различные фазы её вегетации. Нормальная технология экономически обоснована для зоны Поволжья, где величи-

на управляемой урожайности ограничивается засушливым климатом. В таких условиях управление продукционным процессом осуществляется в режиме экономической целесообразности ввода средств интенсификации. Данная технология должна быть обеспечена техногенными средствами (минеральными удобрениями, пестицидами и т.д.) в том минимуме, который позволяет освоить почвозащитные системы земледелия, поддерживать средний уровень окультуренности почв, устранять дефицит элементов минерального питания (Е.И. Артемова, 2013; В.И. Хатнянский, 2009; В.И. Хатнянский, 2011).

Урожайность подсолнечника по минимальной обработке почвы меньше чем при вспашке. При нулевой обработке урожайность снижается еще больше. При полосовой обработке урожайность подсолнечника возрастает по сравнению со вспашкой в среднем на 10%. Величина сбора семян во многом зависит от сроков уборки урожая. Накопление сухого вещества и жира в семенах завершается при пожелтении корзинок. Уборку урожая удается провести с минимальными потерями при наличии в посевах 30 % сухих и бурых, 70 % – желтых корзинок. В это время семена имеют влажность 24–28 %, и для сохранения товарного качества требуют очистки от влажной сорной примеси и досушки до стандартной влажности. Сделать это в короткий срок можно лишь в хозяйствах, обеспеченных сушильными агрегатами (В.М. Лукомец, 2015).

По данным Дробилко А.Д., Дробилко Ю.А., Шевченко П.Д. (2009) проводившим исследования в 2004-2006 гг. на орошаемом участке ОПХ «Семикаракорское» Ростовской области, более высоким по урожайности был вариант с безотвальной обработкой почвы на глубину 25-27 см, на фоне NPK и режиме орошения 70- 80 % НВ и составил 2,80 т/га, несколько меньший урожай семян подсолнечника был получен в варианте с отвальной углубленной вспашкой на тех же фонах – 2,63, а самый низкий на комбинированной обработке – 1,90 т/га.

По данным Касмынина Г. Г. (2014) проводившим опыты в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края на черноземе выщелоченном наилучшие показатели урожайности семян подсолнечника были по отвальной и безотвальной обработкам. В первом случае она составляла 2,36 и 2,18 т/га, а во

втором - 2,26 и 2,09 т/ га. Несколько ниже была урожайность подсолнечника по комбинированной 2,12 - 2,01 т/га и поверхностной обработке 1,96 - 1,84 т/га. Между отвальной и мелкой обработкой разница существенна. По остальным вариантам разница в урожайности была в пределах ошибки опыта. Таким образом, при возделывании подсолнечника рекомендуется использовать наряду с отвальной обработкой почвы, безотвальную и комбинированную обработку.

2 Условия, схема и методика проведения экспериментов

2.1 Почвы опытного участка

Опыты проводились на опытном поле Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова Саратовского района Саратовской области на слабосмытых чернозёмах южных среднемощных слабогумусированных среднесуглинистых по гранулометрическому составу. Мощность горизонта А – 49 см. Реакция среды близка к нейтральной, рН водной вытяжки равняется 7,1–7,2. Сумма обменных оснований соответствует данному подтипу почв и составляет 25,5–28,0 мг-экв. на 100 г почвы. В составе поглощенных оснований преобладает обменный кальций (55,2–69,1 % от суммы оснований), магний составляет 28,1–34,54 %. Вниз по профилю количество его увеличивается. Содержание натрия 2,0–2,8 %. По сухому остатку почвы незасолённые (0,01–0,02 %) и не содержат токсичных солей.

Содержание нитратного азота равно 21,9–36,0 мг на 1кг почвы, гидролизуемого азота по Тюрину и Кононовой – 41,2–48,7 мг, доступного фосфора P_2O_5 по Мачигину – 33,0–40,0 мг, обменного калия K_2O по Масловой – 160–260 мг на 100 г почвы. По содержанию питательных веществ данная почва относится к среднеобеспеченным как в отношении азота, так и в отношении фосфора и калия.

Плотность почвы в пахотном горизонте колеблется в пределах 1,20–1,37 г/см³, в подпахотном горизонте – 1,36–1,47 г/см³, на глубине 1 м она возрастает до 1,52–1,53 г/см, на двухметровой отметке составляет 1,60 – 1,63 г/м.

Наименьшая влагоёмкость в слое 0–0,3 м равна 26,3–28,1 % от массы сухой почвы, в слое 0,3–0,5 м – 23,7–26,3 %, а в более глубоких слоях становится примерно постоянной и колеблется в пределах от 20,0 до 21,8 %.

Влажность устойчивого завядания изменяется по слоям от 9,3–10,1 до 8,4–9,0 %. Агрономически ценная структура составляет 57–59 %, а водопрочность её – 51,7–52,5 % в слое 0–0,2 м и 32,3–33,1 % в слое 0,3–0,4 м. Количе-

ство гумуса по Тюрину в слое 0–0,2 м – 3,26–3,90 %, в слое 0,2–0,4 м – 3,08–3,50, в слое 0,4–0,6 м – 1,64–2,20 % от массы сухой почвы.

Низкое содержание гумуса и наличие в ППК натрия обуславливают неблагоприятную структуру изучаемых почв. По Вадюниной А.Ф. (1970), если содержание поглощённого натрия составляет 2-3 %, а отношение кальция к магнию 3:1, почва имеет плохие физические свойства.

2.2 Климат района проведения опыта

Район проведения эксперимента расположен в зоне чернозёмных степей. Климат данной местности характеризуется как умеренно жаркий и умеренно засушливый. По данным метеостанции города Саратова, самым холодным месяцем года является январь, среднемесячная температура воздуха которого по среднегодовым данным составляет $-12,0^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура воздуха опускается до $-41,4^{\circ}\text{C}$. Самый тёплый месяц – июль имел среднемесячную температуру воздуха $21,5^{\circ}\text{C}$. (таблица 1).

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

Месяцы	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$			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

Максимальная же температура воздуха в этом месяце достигает 41°C .

Амплитуда колебания температуры равняется $82,4^{\circ}\text{C}$. В момент перехода сред-

несуточной температуры через 5°С весной. Запас продуктивной влаги в метровом слое равен 125–150 мм. Этого количества влаги хватает на короткий период, так как высокая температура и низкая влажность воздуха (54–57 %) способствует сильному испарению влаги из почвы, которое достигает в июле 209 мм. Кроме того, в течение вегетационного периода 20–30 дней бывают с суховеями. Гидротермический коэффициент составляет 0,78.

2.3 Погодные условия в годы исследований

Начало вегетации 2012 года характеризуется как жаркий и сухой период (таблица 2).

Таблица 2 – Метеорологические условия вегетационного периода подсолнечника 2012 года (г. Саратов Ю-В)

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С			Количество осадков, мм			Относительная влажность воздуха, %	
		Факт.	Норма	Δt	Факт.	Норма	% от норм.	Клим.	Факт.
Апрель	1	5,3	2,5	2,8	9,8	9	109	73	80
	2	16,3	6,7	9,6	0,0	10	0	65	59
	3	19,0	10,5	8,5	7,2	10	72	58	51
месяц		13,6	6,6	7,0	17,0	29	59	-	-
Май	1	17,9	12,7	5,2	1,0	14	7	53	43
	2	21,4	15,8	5,6	0,0	14	0	51	39
	3	18,8	16,3	2,5	9,0	15	33	52	53
месяц		19,3	15,0	4,3	10,0	43	14	-	-
Июнь	1	20,6	17,7	2,9	12,6	15	84	52	53
	2	25,5	19,7	5,8	22,1	15	147	55	53
	3	22,9	20,8	2,1	12,0	15	80	54	50
месяц		23,0	19,4	3,6	46,7	45	104	-	-
Июль	1	23,3	21,0	2,3	6,7	17	39	56	56
	2	25,4	21,7	3,7	18,6	17	109	56	46
	3	23,2	21,4	1,8	1,9	17	11	55	50
месяц		23,9	21,4	2,5	27,2	51	53	-	-
Август	1	27,0	21,4	5,6	2,9	15	19	57	49
	2	22,4	19,8	2,6	20,0	15	133	59	61
	3	17,8	18,6	0,8	71,9	14	514	57	67
месяц		22,2	19,9	2,3	94,8	44	215	-	-
Итого за вегетацию					195,7	212	92,3	56,9	54

В апреле выпало всего 17 мм осадков, это составило 57 % от нормы. Температура воздуха в апреле превышала среднюю многолетнюю величину на 7 °С. Высокая температура в третьей декаде апреля (19°С) и хорошие запасы влаги в почве обеспечили хорошее отрастание и интенсивное развитие многолетних трав и пропашных культур. Май 2012 года был средневлажным. Средняя температура мая составила 19,3 °С, что на 4,3°С выше нормы. Количество осадков в мае выпало всего 10 мм, что было 23,2 % нормы.

Июнь был влажным и жарким. Средняя температура в июне равнялась 23°С, что выше нормы на 3,6 °С. Осадков в июне выпало 46,7 мм, что на 4 % больше нормы.

Июль был засушливым и жарким. В июле средняя температура воздуха достигала 23,9°С, что выше средней многолетней величины на 2,5°С.

Максимальная температура в дневные часы поднималась до 42°С. В июле сумма осадков за месяц не превышала 27,2 мм. Это соответствовало 53% от средней многолетней величины. В августе в третьей декаде выпало большое количество осадков – 94,8 мм, что на 115 % превысило многолетнюю норму. Гидротермический коэффициент за вегетацию составил 0,70.

В апреле 2013 года выпало 30,8 мм осадков, что несколько выше нормы. Температура воздуха в апреле превышала среднюю многолетнюю величину на 3,1°С. Оптимальная температура воздуха в третьей декаде апреля (12°С) и хорошие запасы влаги в почве обеспечили дружное появление всходов.

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

Июнь был влажным и теплым. Средняя температура в июне равнялась 20,9°С, что выше нормы на 1,5°С. Осадки в июне составили 141 мм, что больше трехмесячных норм.

В июле средняя температура воздуха достигла 21,3 °С, что практически равнялось средней многолетней величины. Количество осадков выпало 72 % от нормы (таблица 3).

Таблица 3 – Метеорологические условия 2013 года (г. Саратов Ю-В)

Месяц	Декада	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
Итого за вегетацию				264,1	212		56

Такая погода в июне и июле благоприятствовала формированию и наливу семян подсолнечника. В августе выпало 11,1 мм, что составило всего 25 % многолетней нормы. Гидротермический коэффициент за вегетацию подсолнечника равнялся 0,93.

В целом, погодные условия 2013 года были благоприятны для формирования урожая семян подсолнечника.

Начало вегетации 2014 года характеризуется как жаркий и влажный период

В апреле выпало всего 34,7 мм осадков, это составило 120 % от нормы. Температура воздуха в апреле превышала среднюю многолетнюю величину на 0,8°С. Высокая температура в третьей декаде апреля (10,5 °С) и хорошие запа-

сы влаги в почве обеспечили интенсивное появление всходов и хорошее развитие подсолнечника.

Май 2014 года был средневлажным. Средняя температура мая составила 18,9 °С, что на 3,9°С выше нормы. Количество осадков в мае выпало всего 17,9 мм, что было 40,0 % нормы (таблица 4).

Таблица 4 – Метеорологические условия 2014 года (г. Саратов Ю-В)

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С			Количество осадков, мм			Относительная влажность воздуха, %
		Факт.	Норма	Δ_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
Итого за вегетацию					173,6	212	81,9	51,6

Июнь был влажным и жарким. Средняя температура в июне равнялась 19,1°С, что близко к норме. Осадков в июне выпало 73,5 мм, что составляло 164 % от средней многолетней величины.

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

Максимальная температура в дневные часы поднималась до 40,0°C. В июле сумма осадков за месяц не превышала 13,9 мм. Это соответствовало 27% от средней многолетней величины. Такая погода в июле отрицательно сказывалась на формировании корзинок подсолнечника.

В августе в третьей декаде выпало— 34,3 мм осадков, что составляло 78 % от многолетней нормы. Гидротермический коэффициент за вегетацию подсолнечника составил 0,62. В целом, погодные условия 2014 года были не очень благоприятны для формирования урожайности семян подсолнечника.

Начало вегетации 2015 года характеризуется как жаркий и влажный период (таблица 5).

Таблица 5— Метеорологические условия 2015 года (г. Саратов Ю-В)

Месяцы	Декады	Средняя температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм			Относительная влажность воздуха, %
		факт.	норма	Δ_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

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 пропашных культур, в том числе и подсолнечника. 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.

Июнь 2015 года 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 подсолнечника составил 0,87.

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

В отдельные дни в мае и июле максимальная температура воздуха достигала 39 -40°C. Это отрицательно влияло на нарастание листовой поверхности.

2.4 Схема опыта

Схема опыта включала шесть вариантов и была заложена по неполной двухфакторной схеме:

1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль);
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя;
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя;
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя;

5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы;

6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки.

Площадь делянок 200 м². Размещение делянок рендомизированное. При уборке предшественников солома измельчалась и разбрасывалась по поверхности опытного участка по всем вариантам. После уборки предшественников весь опытный участок обрабатывался гербицидом Раундап дозой 4 л/га против многолетних сорняков. При традиционной обработке проводили лушение стерни и вспашку на глубину 25-27 см; на варианте с дискованием – дисковой бороной на глубину 12-14 см.

На вариантах с полосовой обработкой полосы нарезались культиватором со снятыми через ряд стрельчатыми лапами. Ширина разрыхленной полосы 0,22 м. Расстояние между полосами по центру 0,7 м, а по краям полосы 0,5 м. Глубина рыхления 10-12 см. При традиционной и мелкой обработке почвы весной проводили боронование и предпосевную культивацию на глубину 6-8 см. Под предпосевную обработку почвы и посев вносили 40 кг д.в. азотных удобрений по всем вариантам опыта.

Весной подсолнечник высевалась нормой 45 тысяч всхожих зёрен на 1 гектар. Сеялся сорт Саратовский 20. В фазу 4-6 листьев поле обрабатывалось гербицидом Форвард нормой 0,7 л/га по всем вариантам опыта.

2.5 Методика проведения опыта

Для наблюдений и исследований были использованы общие методические указания по проведению полевого опыта (А.А. Роде, 1970; Б.А. Доспехов, 1985; Б.Д. Кирюшин, 2004, 2005; А.Ф. Дружкин, 2013; В. И. Филин, 2013; Е. В. Аринушкина, 1970).

В процессе исследований велись следующие наблюдения за:

- влажностью почвы – полевым, термостатно-весовым методом с отбором проб почвенным буром АМ-16;

- плотностью почвы – в полевых условиях буром Н.А. Качинского методом режущих колец послойно через 0,1 м до глубины 0,6 м;

- структурностью почвы – сухим рассеиванием;
- степенью водопрочности структурных агрегатов – методом П.И. Андриянова;
- наступление фенологических фаз – глазомерно на смежных участках опыта;
- содержанием нитратного азота – дисульфифеноловым методом с реактивом Лунге-Грисса;
- содержанием доступного фосфора – по Мачигину;
- обменным калием – по Масловой;
- нитрификационной способностью почвы – по «Методическим указаниям» (М., 1984);
- подвижными формами фосфора – по Мачигину в модификации ЦИНАО ГОСТ 26205-84;
- обменными основаниями Ca^{2+} и Mg^{2+} - согласно МРТУ № 46-15-67;
- обменным натрием – по ГОСТ 26950-86;
- гумусом – по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213-84;
- урожайностью подсолнечника – методом пробных площадок 5 м².

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

3 Изменения агрофизических свойств чернозема южного под влиянием обработки почвы

3.1 Структурность почвы

Структурность – способность почвы распадаться на отдельные агрегаты. Агрегаты размером 10 – 0,25 мм придают почве благоприятные для растений свойства и называются агрономически ценными.

Содержание агрономически ценных структурных агрегатов – важнейший показатель плодородия почвы. Структурное состояние почвы влияет на плотность сложения, на пористость, водный, воздушный и пищевой режимы корнеобитаемого слоя, на запасы продуктивной влаги в почвогрунтах и т.д.

По выражению академика В. Р. Вильямса (1951), структурное состояние – наиболее достоверный интегральный показатель плодородия почвы, отражающий наилучшее сочетание твердой фазы и пористости. В структурной почве нет антагонизма между водой и воздухом. По С. Д. Долгову (1953) параметры структурного состояния почвы насчитывают при отличной структуре более 70% водопрочных структурных агрегатов, при хорошей – 70-55%; при удовлетворительной – 55-40%; при неудовлетворительной – 40-20% и при плохой – менее 20%.

Важнейшим свойством структуры является ее водопрочность. Она определяется мокрым рассеиванием. Водопрочную структуру принято считать основным показателем плодородия для районов с большим количеством осадков. Однако, по выражению И. Б. Ревута (1964), в засушливых условиях, где выпадает мало осадков, можно считать за важный показатель плодородия и структуру, полученную сухим рассеиванием. На структурное состояние почвы влияет, прежде всего, механическая обработка почвы, растительность, количество в почве органического вещества, содержание обменных катионов кальция, магния и натрия, гранулометрический состав почв и т.д.

Интенсивная обработка почвы разрушает структуру в чистом пару, после пропашных культур. Хорошая структура образуется под многолетними трава-

ми, под которыми отсутствует рыхление почвы и которые оставляют после себя много органического вещества (В.Р. Вильямс, 1951).

В наших опытах снижение интенсивности обработки почвы под подсолнечником способствовало сохранению структуры (таблица 6).

Таблица 6 - Изменение структурного состояния почвы в слое 0 - 0,2 м под влиянием обработки и предшественников в 2013 г., %

Приемы обработки почвы и предшественники	Величина структурных агрегатов, мм			Коэффициент структурности
	> 10	10 - 0,25	< 0,25	
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	26,7	67,8	5,5	2,10
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	23,2	73,1	3,7	2,71
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	22,7	75,8	1,5	3,13
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	23,2	74,8	2,0	2,97
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	21,8	75,4	2,8	3,07
6. Полосовая обработка почвы(strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	20,0	77,3	2,7	3,40

Опыты заложены на стационарном участке, где в течение 7 лет проводилось исследование влияние обработки почвы в полевом севообороте на структуру почвы, подсолнечник размещался по ячменю. Кроме того он высевался при полосовой обработке после кукурузы и после люцерны второго года после разрыхления почвы.

В 2013 году на пятый год проведения стационарного опыта наименьшее количество ценных структурных агрегатов отмечено после вспашки 67,8 %. При мелкой обработке почвы количество структурных агрегатов возросло на 5,3%. При этом на варианте с о вспашкой отмечалось больший процент глыбистой фракции на 3,5% и пылевой фракции – на 1,8%. Коэффициент структурности возрос на 29,0% с 2,10 до 2,71.

При нулевой обработке, где почва не рыхлилась, количество агрономически ценных агрегатов возросло до 75,8% или на 8,0% по сравнению с традици-

онной обработкой почвы. В этом случае количество глыбистых частиц и пыли снизилось на 4% каждой фракции. Коэффициент структурности повысился на 49,0% по сравнению с контролем с 2,10 до 3,13.

Полосовые посевы подсолнечника по ячменю и кукурузе имели одинаковое структурное состояние почвы 74,8 и 75,4%. Это превосходило контроль на 7,0 и 7,6%. Глыбистая фракция составляла 21,8 и 23,2%, а пылевая – 2,0 – 2,8%. Коэффициент структурности повысился до 2,97-3,07 или на 41,4 и 46,2% по сравнению с контролем.

При возделывании подсолнечника после люцерны на второй год после ее разрыхления дисковой бороной количество ценных структурных агрегатов возросло по сравнению с контролем на 9,5% и составило 77,3%. После Люцерны структурное состояние почвы при полосовой обработке было выше, чем после ячменя на 2,5% и больше чем после кукурузы – на 1,9%.

При посеве подсолнечника после люцерны был наибольший коэффициент структурности 3,40, что выше контроля на 61,9%. Таким образом, структурное состояние почв под подсолнечником зависело не только от обработки почвы, но и от предшествующей культуры.

В 2015 году, то есть, на седьмой год проведения исследований на стационарном опыте наименьшее количество структурных агрегатов было после вспашки 66,3%. Глыбистая фракция составляла 27,9%, а пылевая – 5,8%.

Коэффициент структурности равнялся 1,91. При мелкой обработке (дискование) количество агрономически ценных агрегатов составило 72,5%, что на 6,2% выше, чем на контрольном варианте. При этом количество глыбистых частиц снизилось на 4,4%, а пыли – на 0,2%. Коэффициент структурности возрос до 2,64 или на 38,2%. При нулевой обработке почвы, где рыхление отсутствовало, структура улучшилась на 10,7% по сравнению с контролем и составила 77%. Количество глыбистых частиц составило 21,9%, что ниже контроля на 6,0%, а пыли – 1,1, меньше варианта со вспашкой на 4,7% (таблица 7).

Таблица 7 - Изменение структурного состояния почвы в слое 0 - 0,2 м под влиянием обработки и предшественников в 2015 г., %

Приемы обработки почвы и предшественники	Величина структурных агрегатов, мм			Коэффициент структурности
	> 10	10 - 0,25	< 0,25	
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	27,9	67,8	5,5	1,91
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	23,5	66,3	5,8	2,64
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	21,9	72,5	1,1	3,34
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	22,4	77,0	2,0	3,14
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	21,9	75,9	2,3	3,15
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	20,2	77,2	2,6	3,38

Полосовая обработка почвы после ячменя и после кукурузы имела одинаковое структурное состояние, которое превышало традиционную обработку почвы на 9,5-9,6%. Глыбистая фракция в этом случае была ниже контроля на 5,8-6,0%, а фракция пыли – на 3,2-3,5%.

Коэффициенты структурности составляли 3,14 и 3,15, что больше контрольного варианта на 49,5-50,0%. Наилучшее структурное состояние почвы отмечено при полосовой обработке почвы после люцерны. Количество агрономически ценных структурных агрегатов на этом варианте составило 77,2%, что выше, чем на контроле со вспашкой на 10,9%. При этом глыбистых агрегатов снизилось на 7,7%, а пыли на – 3,2%. Коэффициент структурности возрос до 3,38 и был на 61% выше по сравнению с контролем.

В 2015 году, как и в первом году исследований, структурное состояние почвы зависело от обработки почвы и от предшественников.

Сравнительный анализ структурного состояния почвы за первый последний годы исследований показали, что при традиционной обработке почвы намечалась явная тенденция снижения агрономически ценных структурных агрегатов и увеличение глыбистых частиц. При мелкой обработке почвы (диско-

вание) также наблюдалось некоторое снижение ценных структурных агрегатов, но в меньшей степени (0,6%), чем после вспашки (1,5%). При нулевой обработке за три года структурное состояние почвы улучшилось на 1,2%. При полосовой обработке почвы после ячменя количество ценных структурных агрегатов за три года понизилось на 1,1%, после кукурузы и люцерны практически не изменилось. Различия было незначительное и составило 0,4% и 0,1%.

В среднем за первый и последний годы наименьшее количество ценных агрегатов было при вспашке и мелкой обработке почвы (таблица 8).

Таблица 8 - Изменение структурного состояния почвы в слое 0 - 0,2 м под влиянием обработки и предшественников в среднем за годы исследований, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Величина структурных агрегатов, мм			Коэффициент структурности
	> 10	10 - 0,25	< 0,25	
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	27,3	67,0	5,7	2,03
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	23,3	72,8	3,9	2,68
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	22,3	76,4	1,3	3,24
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	22,8	75,2	2,0	3,03
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	21,8	75,6	2,6	3,10
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	20,1	77,3	2,6	3,39

Величина их равнялась 67,0 и 72,8%. При мелкой обработке почвы структурность почвы была выше, чем при традиционной обработке на 5,8%.

На остальных вариантах структурное состояние почвы превышало контроль на 8,2-10,3%. На вариантах с полосовым посевом наибольшее число агрономически ценных агрегатов было после люцерны 77,3%, что выше контроля на 10,3%. Наименьшее количество ценных агрегатов при такой обработке было после ячменя. Это выше контроля на 8,2%.

Таким образом, снижение интенсивности обработки почвы сохраняет хорошую структурность. Улучшают структуру почвы предшественники с большим количеством послеуборочных органических остатков.

3.2 Влияние обработки на плотность почвы

3.2.1 Плотность почвы в осенний период

В связи с важным значением влагообеспечения в получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур в засушливом Поволжье большую роль в решении этой задачи играют весенние запасы продуктивной влаги в почве. Накопление влаги в корнеобитаемом слое зависит от величины водопроницаемости, которая тесно связана с плотностью почвы в осенний период. Потому после основной обработки почвы перед наступлением заморозков проводили определение плотности почвы. На осеннюю плотность почвы значительно влияли приемы обработки (таблица 9).

Таблица 9 - Влияние приемов обработки и предшественников на плотность почвы в осенний период 2012 года, г/см³

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	0,82	0,96	0,98	1,37	1,39	0,92	1,38
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	0,91	1,25	1,28	1,39	1,40	1,15	1,39
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,21	1,24	1,27	1,40	1,41	1,24	1,40
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,19	1,25	1,27	1,39	1,40	1,23	1,39
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,15	1,22	1,25	1,38	1,40	1,20	1,39
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,09	1,18	1,20	1,36	1,37	1,16	1,36

В 2012 году после основной обработке почвы наименьшая плотность отмечена на варианте глубокого отвального рыхления на 0,25-0,27 м.

В верхнем пахотном слое почвы 0-0,3 м на этом варианте после ячменя плотность почвы колебалась от 0,82 до 0,98 г/см³ и в среднем составляла 0,92

г/см³. В более глубоких горизонтах она не превышала 1,37-1,39 г/см³. При мелкой обработке почвы на 12-14 см после ячменя плотность почвы в верхнем слое 0-0,1 м составляла 0,91 г/см³, в слое 0,1-0,2 м – 1,25 г/см³, а в слое 0,2-0,3 м – 1,28 г/см³. Во втором и третьем слое она приближалась к равновесной. В более глубоких горизонтах плотность почвы достигала 1,39-1,40 г/см³.

При нулевой обработке почвы после ячменя плотность не снижалась в слое 0-0,3 м ниже 1,21-1,27 г/см³. В среднем она составляла 1,24 г/см³. В более глубоких слоях плотность почвы была почти одинаковой с предыдущими вариантами и равнялась 1,40-1,41 г/см³.

При полосовой обработке почвы после ячменя в верхнем слое 0-0,1 м плотность была меньше, чем при нулевой обработке, но выше, чем при мелком рыхлении и составляла 1,19 г/см³. В слоях 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м величина этого показателя была одинакова с предыдущим вариантом (нулевой обработкой). Здесь она не превышала 1,25-1,27 г/см³.

При полосовой обработке после кукурузы плотность почвы снизилась по сравнению с полосовой обработкой почвы после ячменя и не превышала 1,15 г/см³. На глубине 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м плотность почвы была также ниже по сравнению с такой же обработкой почвы ячменя 1,22-1,25 г/см³.

В подпахотном слое 0,3-0,5 м после кукурузы плотность почвы была близка к равновесной и составляла 1,38-1,40 г/см³. Еще меньше была плотность почвы на варианте при посеве подсолнечника на второй год после люцерны. На этом варианте плотность снизилась в слое 0-0,1 до 1,09 г/см³, а в слоях 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м. – до 1,18 и 1,20 г/см³. Это меньше, чем при аналогичной обработке почвы после ячменя соответственно на 11,0; 5,9 и 5,8%.

После люцерны отмечено снижение плотности почвы и в подпахотном горизонте. Здесь она равнялась 1,36 и 1,37 г/см³, что ниже, чем на остальных вариантах на 2,9-3,0%.

Таким образом, в осенний период интенсивная обработка почвы (вспашка) снижала плотность почвы в слое 0-0,3 м по сравнению с нулевой обработкой с 1,24 до 0,92 г/см³ или на 34,8%, мелкая обработка - 1,24 до 1,15 г/см³,

или на 7,8%, посевы после кукурузы при полосовой обработке с 1,24 до 1,20 г/см³ или 3,3%, а после люцерны – с 1,24 до 1,16 г/см³ или на 6,9%. Кукуруза и люцерна как предшественники снижали плотность почвы в слое 0-0,3 м одинаково с мелкой обработкой на 12-14 см. После люцерны отмечено снижение плотности и на глубине до 0,5 м.

В осенний период 2013 года изменения плотности почвы по различным приемам обработки было аналогичным предыдущему году.

Наименьшая плотность почвы отмечалась после глубокой отвальной обработке (вспашки), в верхнем слое почвы 0-0,3 м она изменялась в пределах 0,80-0,90 г/см³. В среднем плотность почвы не превышала 0,85 г/см³. В более глубоких горизонтах она была постоянной и не превышала 1,39-1,40 г/см³.

При мелком рыхлении после ячменя в слое 0-0,1 м плотность равнялась 0,87 г/см³, а в слое 0,1-0,2 м – 1,20 г/см³; в слое 0,2-0,3 м – 1,28 г/см³. Глубже пахотного горизонта она была постоянной 1,40-1,41 г/см³.

При нулевой обработке после ячменя плотность почвы не снижалась в верхнем слое 0-0,3 м ниже 1,25 г/см³ и колебалась по слоям от 1,22 до 1,27 г/см³. На этом варианте плотность почвы была наибольшей из всех вариантов опыта, но изменялась в пределах оптимального значения для пропашных культур.

При полосовой обработке почвы после ячменя плотность сложения была близка к нулевой обработке. Отмечена тенденция снижения ее в слое 0-0,1 и 0,1-0,2 м. В остальных слоях различия практически не отмечено. При полосовой обработке почвы после кукурузы плотность заметно снижалась по сравнению с полосовой обработкой после ячменя. Если в слое 0-0,3 м после ячменя она колебалась от 1,20 до 1,27 г/см³, то после кукурузы колебания ее были от 1,14 до 1,24 г/см³ или в среднем на 3,4% меньше.

В слое 0-0,1 это различие было больше и составляло 5,3%. При полосовой обработке после люцерны плотность почвы уменьшилась по сравнению с аналогичной обработкой после ячменя в слое 0-0,3 м с 1,23 до 1,15 или на 6,9%. С колебаниями от 1,20 до 1,27 и от 1,10 до 1,19 г/см³ (таблица 10).

Таблица 10 - Влияние приемов обработки и предшественников на плотность почвы в осенний период 2013 года, г/см³

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	0,80	0,86	0,90	1,39	1,40	0,85	1,39
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	0,87	1,20	1,28	1,40	1,41	1,12	1,40
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,22	1,26	1,27	1,38	1,39	1,25	1,38
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,20	1,24	1,27	1,39	1,39	1,23	1,39
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,14	1,20	1,24	1,37	1,39	1,19	1,38
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,10	1,17	1,19	1,35	1,37	1,15	1,36

В среднем слое 0-0,3 м интенсивная обработка (вспашка) после ячменя снижала плотность почвы по сравнению с нулевой обработкой с 1,25 до 0,85 г/см³ или на 47,0%, мелкое рыхление – с 1,25 до 1,12 г/см³ или на 11,6%. Полосовая обработка после кукурузы уменьшала плотность почвы по сравнению с нулевой обработкой с 1,25 до 1,19 г/см³ или на 5,0%, а после люцерны – с 1,25 до 1,15 г/см³ или 8,7%. В осенний период 2013 года кукуруза и люцерна как предшественники подсолнечника снижали плотность почвы в слое 0-0,3 м почти одинаково с мелкой обработкой.

В 2014 году в осенний период наименьшая плотность почвы после ячменя была также при глубокой отвальной обработке (вспашке). В слое 0-0,3 м она колебалась от 0,92 до 1,01 г/см³. В среднем для этого слоя она не превышала 0,96 г/см³.

При мелкой обработке (дисковании) плотность почвы в верхнем слое 0-0,3 м была меньше и колебалась от 0,89 до 1,30 г/см³. В среднем для этого слоя она составляла 1,13 г/см³ или на 17,7% больше, чем при вспашке (контроле).

Наибольшая плотность отмечалась в этом слое после ячменя при нулевой обработке почвы 1,24-1,29 г/см³. Это выше, чем на контроле на 32,3%.

При полосовой обработке после ячменя снижение плотности почвы было только в слое 0-0,1 м до 1,15 г/см³, что меньше чем при нулевой обработке на 0,09 г/см³ или 7,8%. В слоях 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м при полосовой обработке после ячменя плотность почвы равнялась нулевой обработке.

При полосовой обработке после кукурузы плотность почвы снизилась в слое 0-0,3 м до 1,20 г/см³. В верхнем слое 0-0,1 м снижение было до 1,16 г/см³, что меньше нулевой обработке на 6,9%, а в слое 0,1-0,2 м. – до 1,19 г/см³, что меньше нулевой обработке на 6,7% (таблица 11).

Таблица 11 - Влияние приемов обработки и предшественников на плотность почвы в осенний период 2014 года, г/см³

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	0,92	0,96	1,01	1,36	1,39	0,96	1,37
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	0,89	1,19	1,30	1,39	1,40	1,13	1,39
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,24	1,27	1,29	1,37	1,39	1,27	1,38
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,15	1,25	1,28	1,39	1,39	1,22	1,39
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,16	1,19	1,27	1,38	1,39	1,20	1,38
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,11	1,16	1,20	1,34	1,36	1,16	1,35

После люцерны при полосовой обработке в слое 0-0,3 м плотность почвы снизилась в слое 0-0,1 м до 1,11 г/см³, что меньше аналогичной обработке после ячменя на 3,6% и меньше нулевой обработки – на 11,7%. Снижение плотности почвы после люцерны наблюдалось и в слое 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м. В слое 0,1-0,2 м плотность равнялась 1,16 г/см³. Это ниже полосовой обработке после ячменя на 7,7% и меньше нулевой обработки на 9,5%. Отмечено снижение плотности после люцерны и в слое 0,2-0,3 м с 1,28 до 1,20 г/см³ или на 6,6%.

Снижение плотности почвы осенью в 2014 году в слое 0-0,3 м по сравнению с нулевой обработкой отмечено при глубоком отвальном рыхлении на

32,3%; при мелкой обработке – на 12,4%; при полосовой обработке после ячменя – на 4,1%; после кукурузы – на 5,8%; после люцерны – на 9,5%.

Предшественники значительно снижали плотность почвы при полосовой обработке.

В среднем за 2012-2014 годы в осенний период плотность почвы в слое 0-0,3 м была ниже на контроле при глубокой отвальной обработке. Здесь она колебалась в пределах 0,84-0,94 г/см³.

При мелкой обработке (дискование) она повысилась до 0,89-1,29 г/см³. Заметное повышение относительно контроля было в слое 0,1-0,2 м и 0,2-0,3 м, здесь плотность сложения возросла на 28,7% и на 30,2%. В слое 0-0,1 м она была близка к контролю.

Наибольшая плотность почвы в осенний период за 2012-2014 годы была при нулевой обработке после ячменя. В среднем для слоя 0-0,3 м она составляла 1,25 г/см³. Это выше, чем на контроле при глубокой отвальной обработке на 37,4% и выше, чем при мелкой обработке на 9,7% (таблица 12).

Таблица 12 - Влияние приемов обработки и предшественников на плотность почвы в осенний период в среднем за 2012-2014 годы, г/см³

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	0,84	0,94	0,96	1,37	1,39	0,91	1,38
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	0,89	1,21	1,29	1,40	1,40	1,13	1,40
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,22	1,26	1,28	1,38	1,39	1,25	1,38
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,21	1,25	1,27	1,39	1,39	1,24	1,39
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,15	1,20	1,25	1,38	1,39	1,20	1,38
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,10	1,17	1,19	1,35	1,37	1,15	1,36

F ф. = 86,295 > F т. = 3,59

HCP₀₅ 0,042

При полосовой обработке почвы после ячменя плотность почвы мало отличалась от нулевой обработки и колебалась от 1,21 до 1,27 г/см³. При полосовой обработке почвы после кукурузы плотность снизилась в слое 0-0,3 м по сравнению с полосовой обработкой после ячменя с 1,24 до 1,20 г/см³. Особенно она отличалась по этим вариантам в слое 0-0,1 м. Снижение плотности после кукурузы равнялась 5,2%. При полосовой обработке почвы осенью после люцерны в слое 0-0,3 м плотность сложения снизилась по сравнению с такой же обработкой после ячменя на 7,8%, а по сравнению с нулевой обработкой – на 8,7%. В верхнем слое 0-0,1 она составляла 1,10 г/см³, что ниже полосовой обработке ячменя на 10,0%, а после нулевой обработке – на 10,9%. Такое же снижение отмечено и в слоях 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м.

В более глубоких горизонтах на всех вариантах опыта за исключением посевов после люцерны плотность почвы была практически одинаковой и колебалась в пределах 1,38-1,40 г/см³. После люцерны она снижалась до 1,36 г/см³.

Предшественники кукурузы и люцерны существенно снижали плотность почвы при полосовой обработке почвы.

3.2.2 Плотность почвы в весенний период

За осенне-зимний период происходит уплотнение почвы за счет гравитационных сил, под действием осадков, талой воды и т.д. Поэтому весной различие в плотности почвы по вариантам с различными способами обработки сглаживалось.

Чем больше выпало осадков, чем интенсивнее снегостояние, тем сильнее уплотнялась почвы, особенно при интенсивном осеннем рыхлении.

За годы исследований, в среднем, весной перед посевом подсолнечника на варианте со вспашкой в слое 0-0,3 м плотность почвы составляла 1,24 г/см³ с колебаниями по слоям от 1,18 до 1,29 г/см³ (таблица 13, приложение 1-3). При мелкой обработке плотность в этом слое почвы была практически одинаковой с контролем 1,26 г/см³ и колебалась по слоям от 1,20 до 1,30 г/см³. Несколько вы-

ше наблюдалась плотность почвы при нулевой обработке в слое 0-0,3 м она составляла 1,29 г/см³.

Таблица 13 - Влияние приемов обработки и предшественников на плотность почвы в весенний период в среднем за 2013-2015 годы, г/см³

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,18	1,24	1,29	1,35	1,39	1,24	1,37
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,20	1,27	1,30	1,38	1,40	1,26	1,39
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,28	1,29	1,31	1,39	1,40	1,29	1,40
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,24	1,28	1,32	1,39	1,40	1,28	1,40
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,22	1,29	1,30	1,38	1,39	1,27	1,38
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,19	1,29	1,31	1,33	1,37	1,26	1,35

$F_{ф.} = 3,165 < F_{т.} = 3,59$

При полосовой обработке плотность почвы после ячменя мало отличалась от вариантов с такой же обработкой после кукурузы и после люцерны. Различия составили в слое 0-0,3 м 0,8-1,6%. Если после ячменя колебания плотности почвы было в пределах 1,24-1,32 г/см³, после кукурузы – в пределах 1,22-1,30 г/см³, после люцерны – 1,19-1,31 г/см³. Различия с контролем (вспашкой) не превышало 1,6-4,0%.

Математический анализ взаимосвязи плотности почвы, как в осенний, так и в весенний период выявил тесную обратную взаимосвязь между глубиной обработкой почвы (X) и плотностью пахотного слоя (Y). Взаимосвязь этих параметров в осенний период выражалось уравнением вида: $Y_{\text{осень}}=1,30-0,013X$. Коэффициент корреляции - 0,950 показывает на тесную обратную взаимосвязь плотности пахотного слоя и глубины обработки почвы. Весной зависимость плотности почвы (Y) от глубины обработки (X) аппроксимировался линейным уравнением: $Y_{\text{весна}}=1,289-0,00202X$. Коэффициент корреляции составил -0,990. По степени наклона кривых и по коэффициентам регрессии очевидно, что различие по вариантам в осенний период было на порядок больше чем весной.

3.3 Пористость почвы

3.3.1 Общая пористость в осенний период

Общая пористость в осенний период изменялась по вариантам опыта соответственно плотности сложения почвы. В 2012 году при глубокой отвальной обработке почвы общая пористость была наибольшей и составляла по слоям пахотного горизонта 69,6-63,8%. Наиболее высокой она была в слое 0-0,1 м и снижалась в слое 0,2-0,3 м до 63,8%. В более глубоких слоях она не превышала 48,6-49,3%.

При мелкой обработке на глубину 12-14 см высокая общая пористость была в слое 0-0,1 м 66,3%. Начиная с глубины 0,1-0,2 м она снижалась до 53,7 и 52,6%. В среднем в слое 0-0,3 м величина ее не превышала 57,5%. Это на 8,4% ниже контрольного варианта.

В более глубоких слоях общая пористость была постоянной и изменялась в пределах 48,2-48,5%. Наименьшая общая пористость отмечена при нулевой обработке почвы после ячменя. В верхнем слое 0-0,1 м пористость на этом ва-

рианте не превышала 55,2%. Это ниже, чем при нулевой поверхностной обработке почвы на 11,1% и меньше, чем при глубокой отвальной обработке на 14,4%. В слоях 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м общая пористость составила 54,1 и 53,0%.

Это практически одинаково с предыдущим вариантом, но меньше контрольного варианта на 11,5 и 9,7%. В более глубоких слоях при равновесной почве пористость не превышала контроль и составляла 49,2 и 48,5%.

При полосовой обработке после ячменя пористость почвы была практически одинакова с нулевой обработкой и колебалась в верхних слоях в пределах 53,0-55,2%. Различие с нулевой обработкой составляло по слоям 0,4-0,7%.

В среднем слое 0-0,3 м при полосовой обработке почвы после ячменя пористость была меньше, чем при мелкой обработке на 3,0%, чем при глубокой отвальной обработке – на 11,4%. При полосовой обработке почвы после кукурузы отмечено увеличение общей пористости относительно полосовой обработке после ячменя по слоям на 1,5; 1,1 и 0,8%. В среднем слое 0-0,3 м пористость составляла на этом варианте 55,5%. Это больше, чем при полосовой обработке после ячменя на 1,0%, но меньше, чем при мелкой обработке на 2,0%, и чем при глубокой отвальной обработке на 10,4% (таблица 13).

Таблица 13 - Влияние приемов обработки и предшественников на общую пористость почвы в осенний период 2012 года, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	69,6	64,5	63,8	49,3	48,6	65,9	48,9
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	66,3	53,7	52,6	48,5	48,2	57,5	48,3
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	55,2	54,1	53,0	48,2	47,8	54,1	48,0
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	55,9	53,7	53,0	48,5	47,9	54,5	48,2
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	57,4	54,8	53,8	48,9	48,1	55,5	48,5
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	59,6	56,3	55,6	46,9	49,3	57,1	49,5

При полосовой обработке по обороту пласта люцерны общая пористость в верхних слоях почвы возросла до 55,5-59,6%. В среднем слое 0-0,3 м она составляла 57,1%. Это выше, чем при полосовой обработке после кукурузы на 1,6%, выше, чем после ячменя – на 2,6%, но меньше, чем при мелкой обработке на 0,4%, и чем при глубокой обработке на 8,8%. Полосовая обработка по обороту пласта люцерны была практически одинакова с вариантом при мелкой поверхностной обработке после ячменя.

Пористость в глубоких слоях была одинаковой на всех вариантах опыта и колебалась в пределах 48,0-49,5%. Кукуруза и люцерна повышали пористость почвы почти до уровня варианта с мелкой обработкой почвы на 12-14. После люцерны отмечено увеличение пористости почвы до глубины 0,5 м.

В 2013 году наибольшая общая пористость отмечена в осенний период после ячменя при глубокой отвальной обработке (вспашке) (таблица 14).

Таблица 14 - Влияние приемов обработки и предшественников на общую пористость почвы в осенний период 2013 года, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	70,4	68,5	66,7	48,5	48,1	68,5	48,3
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	67,8	55,6	52,3	48,2	47,8	58,5	48,0
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	54,8	53,3	53,0	48,9	48,5	53,8	48,7
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	55,6	55,1	53,1	48,5	48,4	54,5	48,5
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	57,8	55,6	54,1	49,3	48,5	56,0	48,9
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	59,3	56,7	56,0	50,1	49,3	57,4	49,7

Здесь в слое 0-0,1 м она равнялась 70,4%, в слое 0,1-0,2 м – 68,5%; в слое 0,2-0,3 м - 66,7% . В среднем в пахотном слое величина ее достигала 68,5%.

В более глубоких горизонтах пористость была постоянной и равнялась 48,1-48,5%. При поверхностной мелкой обработке почвы в слое 0-0,1м пористость мало уступала варианту с глубокой обработкой и равнялась 67,8%. В слое 0,1-0,2 м она уменьшалась по сравнению с контролем на 12,9%, в слое 0,2-0,3 м – на 14,4%. В среднем слое 0-0,3 м пористость в 2013 году равнялась 58,5%, что ниже контроля (вспашки) на 10,0%. Еще меньше была общая пористость на варианте с нулевой обработкой почвы после ячменя. В слое 0-0,1 м она не превышала 54,8%, то есть была ниже пористости при мелкой обработке на 13,0% и ниже контроля с глубокой отвальной обработкой на 15,6%. В слое 0,1-0,2 м эта разница с контролем равнялась 15,2%, а в слое 0,2-0,3 м – 13,7%. В слое 0-0,3 м общая пористость при нулевой обработке составляла 53,8%, что ниже с вариантами при рыхлении почвы на 4,7 и 14,7%.

При полосовой обработке почвы после ячменя пористость почвы была близка к нулевой обработке после этого же предшественника. Различия были незначительны и составляли по слоям соответственно 0,8; 1,8 и 0,1%. В среднем слое 0-0,3 м разница не превышала 0,7%.

Посевы подсолнечника при полосовой обработке после кукурузы повысили пористость почвы по сравнению с ячменем на 2,2; 0,5 и 1,0%. В слое 0-0,3 м. это увеличение составило 1,5%. По сравнению с нулевой обработкой на этом варианте общая пористость увеличилась на 2,2%. Но при этом она оставалась ниже, чем на вариантах с рыхлением почвы на 2,5 и 12,5%.

Заметно увеличилась общая пористость при полосовой обработке по обороту пласта люцерны. В слое 0-0,1 м она была выше вариантов с полосовыми обработками на 3,7 и 1,5%, в слое 0,1-0,2 м – на 1,6 и 1,1%; в слое 0,2-0,3 м – на 2,9 и 1,9%. В слое 0-0,3 м это различие равнялось 2,9 и 1,4%. При полосовой обработке после люцерны общая пористость была близка к варианту с поверхностным мелким рыхлением почвы.

В 2014 году в осенний период после ячменя при основной глубокой обработке почвы общая пористость была наибольшей и колебалась в пахотном слое в пределах 66,1-62,6%. Наибольшей она была в слое 0-0,1 м – 66,1%. В слое 0,1-0,2 м она снизилась до 64,5%, а в слое 0,2-0,3 м – до 62,6% (таблица 15).

В среднем в слое 0-0,3 м общая пористость при глубокой отвальной обработке равнялась 64,5%. В более глубоких слоях наблюдалась равновесная пористость 48,5-49,6%.

При мелкой поверхностной обработке дисковой бороной в слое 0-0,1 м общая пористость была одинакова с контролем (вспашкой). В слое 0,1-0,2 м она снизилась на 8,4%, в слое 0,2-0,3 м – на 10,7%. В слое 0-0,3 м величина этого показателя равнялась – 58,3%.

Таблица 15 - Влияние приемов обработки и предшественников на общую пористость почвы в осенний период 2014 года, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	66,1	64,5	62,6	49,6	48,5	64,5	49,0
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	67,1	56,1	51,9	48,5	48,2	58,3	48,3
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	55,0	53,0	52,9	49,2	48,5	53,6	48,8
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	57,1	56,0	53,1	48,9	48,8	55,4	48,9
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	57,1	56,2	53,0	48,9	48,5	55,5	48,7
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	58,9	57,1	55,6	50,4	49,6	57,2	50,1

При поверхностной мелкой обработке почвы в слое 0-0,3 м общая пористость снижалась по сравнению с контролем (вспашка) на 13,8%. При нулевой обработке почвы общая пористость в верхнем слое 0-0,1 м уменьшилась по сравнению с мелкой обработкой на 12,1%, по сравнению с глубокой отвальной – на 11,1%, в слое 0,1-0,2 м – на 11,5 и на 3,1%, в слое 0,2-0,3 м – на 9,7%. В слое 0-0,3 м это различие составляло соответственно на 4,7 и 10,9%. При полосовой обработке после ячменя пористость почвы была близка к варианту с нулевой обработкой. Различие в верхних слоях составляло соответственно 2,1; 3,0 и 0,2%. Такая же общая пористость в 2014 году осенью была и при полосовой обработке после кукурузы.

При полосовой обработке почвы после люцерны пористость возросла по сравнению с полосовой обработкой после ячменя в слое 0-0,1 м – на 1,8%, в слое 0,1-0,2 м – на 1,1%; в слое 0,2-0,3 м – на 2,5%, в слое 0-0,3 м – на 1,8%. После люцерны общая пористость приближалась в слое 0-0,3 м. к варианту с мелкой обработкой. В более глубоких слоях в 2014 году общая пористость изменилась в пределах равновесной от 48,2 до 49,6%.

В среднем за 2012-2014 годы общая пористость была наибольшей при глубоком отвальном рыхлении (вспашке) и равнялась в верхних горизонтах 64,4-68,7%.

В верхнем слое 0-0,1 м она была наибольшей и составляла 68,7%, в слое 0,1-0,2 м она достигала 65,8%, а в слое 0,2-0,3 м. – 64,4%. В среднем в слое 0-0,3 м общая пористость составляла 66,3% от объема почвы.

При мелкой обработке пористость была сравнительно высокой лишь в слое 0-0,1 м 67,1%. В остальных горизонтах пахотного слоя она не превышала 55,1 и 52,3%. В слое 0-0,3 м общая пористость на этом варианте равнялась 58,1%, это ниже, чем на контроле на 8,2%.

При нулевой обработке общая пористость была наименьшей во всех горизонтах пахотного слоя. На глубине 0-0,1 м она была меньше контроля на 13,7%, в слое 0,1-0,2 – на 12,4%, в слое 0,2-0,3 м – на 11,4%; в слое 0-0,3 м – на 12,5% (таблица 16).

Таблица 16 - Влияние приемов обработки и предшественников на общую пористость почвы в осенний период в среднем за 2012-2014 годы, от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	68,7	65,8	64,4	49,1	48,4	66,3	48,7
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	67,1	55,1	52,3	48,4	48,1	58,1	48,2
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	55,0	53,4	53,0	48,8	48,3	53,8	48,5
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	56,2	54,9	53,1	48,6	48,4	54,8	48,5
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	57,4	55,5	53,6	49,0	48,4	55,6	48,7
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	59,3	56,7	55,7	50,1	49,4	57,2	49,8

$F_{ф.} = 78,752 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05} 1,602$

В подпахотном горизонте общая пористость на всех вариантах не превышала 48,2-48,7%, при проведении обработок после ячменя.

При полосовой обработке почвы после кукурузы общая пористость увеличилась по сравнению с полосовой обработкой после ячменя на 0,5-1,2%, а по сравнению с нулевой обработкой – на 2,1% -2,4%. В слое 0-0,3 м это различие составило 0,8 и 1,8%.

При полосовой обработке после ячменя общая пористость почвы была близка к нулевой обработке. Различие не превышало 0,1-1,5%.

При полосовой обработке по обороту пласта люцерны общая пористость возросла по слоям до 59,3 и 55,7%, что выше, чем при нулевой обработке на 4,3 и 2,7% и выше, чем при полосовой обработке после ячменя на 3,1 и 2,6%. В

слое 0-0,3 м в среднем за годы исследования пористость составила после нулевой обработке 53,8%, при полосовой обработке после ячменя – 54,8%, после кукурузы – 55,6%, после люцерны – 57,2%.

При использовании предшественников с большим количеством пожнивных послеуборочных остатков общая пористость повышалась на 3% и более. В подпахотном горизонте 0,3-0,5 м общая пористость после люцерны возрастала до 49,4-50,1%. Общая пористость в среднем за три года в слое 0-0,3 м при полосовой обработке после люцерны была практически одинакова с вариантом при мелкой обработке после ячменя.

Кукуруза и люцерна повышали пористость почвы по сравнению с ячменём. После люцерны в среднем за 2012-2014 годы отмечено повышение общей пористости почвы в подпахотном слое 0,3-0,5 м.

3.3.2 Пористость аэрации

Общая пористость складывается из двух видов – пористости аэрации и капиллярной пористости.

Пористость аэрации представляет собой крупные поры более одного миллиметра. Эти поры заполнены воздухом и определяют воздушный режим почвы. Наилучшая пористость аэрации 30–40 % при высокой влажности, близкой к наименьшей влагоемкости, наблюдается на хорошо гумусированных и высокоструктурных почвах. Высокая пористость аэрации на свежеспаханных почвах.

Так как пористость аэрации влияет на водопроницаемость в осенне-зимний период, то необходимо знать ее осенью после различных приемов обработки почвы. Это позволяет объяснить различие весенних запасов влаги по вариантам опыта.

Осенью в 2012 году после проведения основной обработки почвы после уборки ячменя наибольшая пористость аэрации колебалась в слое почвы 0–0,3 м в пределах 44,9–32,5 %, и в среднем составляла 38,6 %. На вариантах при

мелкой обработке в верхнем 0–0,1 м она равнялась 39,4 %, в слое 0,1–0,2 м – 23,5 %, а на глубине 0,2–0,3 м – 17,8 (таблица 17).

При нулевой обработке после ячменя этот показатель не превышал 19,1–22,4 %. Пористость аэрации зависит от интенсивности обработки почвы.

При полосовой обработке после ячменя пористость аэрации была одинакова с вариантом при нулевой обработке. Различие в слое 0–0,3 м было 0,7%.

При полосовой обработке почвы после кукурузы пористость аэрации в верхнем слое колебалась в пределах 25,6–20,3 % и равнялась в среднем для слоя 0–0,3 м – 22,5 %; при посеве подсолнечника по обороту пласта люцерны пористость аэрации изменялась от 22,5 до 29,4 % и равнялась в среднем для слоя 0–0,3 м 24,9 %.

Таблица 17– Влияние приемов обработки и предшественников на пористость аэрации почвы в осенний период в 2012 году, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	44,9	38,4	32,5	14,1	11,8	38,6	12,9
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	39,4	23,5	17,8	12,7	11,3	26,9	12,0
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	19,5	22,4	19,1	12,1	11,1	20,3	11,6
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	23,8	19,9	19,4	12,4	11,2	21,0	11,8
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	25,6	21,7	20,3	12,7	11,2	22,5	12,0
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	29,4	23,0	22,5	13,7	12,8	24,9	13,2

Пористость аэрации в слое 0–0,3 м при полосовой обработке была выше после кукурузы на 1,5 %, а после люцерны – на 3,9 %, чем после ячменя.

В этом слое при полосовой обработке почвы пористость аэрации была близка к варианту с мелким рыхлением. В более глубоких слоях (глубже 0,3 м) пористость аэрации не превышала 11,6–12,9 % и была практически одинакова на всех вариантах.

В слое 2013 году после вспашки пористость аэрации в осенний период колебалась по слоям от 48,0 до 36,5 %. В среднем в слое 0–0,3 м она составляла 41,9 % (таблица 18).

На варианте с мелкой поверхностной обработкой в слое 0–0,1 м этот показатель равнялся 39,2, в слое 0,1–0,2 м – 23,5 %; в слое 0,2–0,3 м – 17,1 %. При нулевой обработке после ячменя пористость аэрации изменялось по слоям от 22,6 до 17,6 %.

В среднем в слое 0–0,3 м при мелкой обработке пористость аэрации при вспашке была больше, чем при дисковании на 15,3 %, и чем при нулевой обработке после ячменя на 22,2 %. Как и в предыдущий год, интенсивность обработки почвы в осенний период влияла на пористость аэрации.

Таблица 18– Влияние приемов обработки и предшественников на пористость аэрации почвы в осенний период в 2013 году, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	48,0	41,3	36,5	12,5	13,0	41,9	12,7
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	39,2	23,5	17,1	11,7	11,9	26,6	11,8
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	21,7	20,0	17,3	12,7	12,2	19,7	12,4
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	22,6	21,4	17,6	12,2	12,4	20,5	12,3
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	25,0	22,6	18,9	13,3	12,4	22,2	12,8
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	26,7	24,0	21,3	14,6	14,1	24,0	14,3

На глубине 0,3–0,5 м пористость аэрации по вариантам была практически одинакова и не превышала 11,8–12,7 %.

При полосовой обработке после ячменя пористость аэрации была практически одинакова с вариантом при нулевой обработке. В слое 0–0,3 м различие между этими вариантами не превышало 0,8 %.

После кукурузы пористость аэрации в слое 0–0,3 м была выше по сравнению с ячменем на 1,7 %, а после люцерны – на 3,5 %. Предшественники также влияли на пористость аэрации.

В осенний период в 2014 года наибольшая пористость аэрации была также после вспашки. В слое 0–0,1 м она равнялась 40,8 %, в слое 0,1–0,2 – 37,7 %; в слое 0,2–0,3 м – 35,6 %. В слое 0–0,3 м она достигала 38,0 % (таблица 19).

Таблица 19– Влияние приемов обработки и предшественников на пористость аэрации почвы в осенний период в 2014 году, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	40,8	37,7	35,6	13,4	11,6	38,0	12,5
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	38,2	25,0	17,2	12,3	12,0	26,8	12,1
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	20,7	19,3	18,5	13,7	11,7	19,5	12,7
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	23,1	22,5	19,5	12,0	12,4	21,7	12,2
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	25,2	23,9	22,2	14,6	13,8	23,8	14,2
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	23,2	20,7	18,4	12,3	11,9	20,8	12,2

При мелкой обработке в осенний период пористость аэрации изменялась по слоям от 38,2 до 17,2 %, при нулевой обработке после ячменя – от 20,7 до 18,5 %. В слое 0–0,3 м при глубокой основной обработке пористость аэрации была больше, чем на варианте с дискованием на 11,2 % и чем на варианте с нулевой обработкой – на 18,5 %. Как и в предыдущие годы в этом году пористость аэрации в значительной степени зависела от интенсивности обработки почвы. При полосовой обработке после ячменя пористость аэрации была близка к нулевой обработке. После ячменя при полосовой обработке пористость аэрации в слое 0–0,3 м снижалась по сравнению с посевом подсолнечника, после кукурузы на 0,9 %, а при посеве по обороту пласта – на 0,3 %. Предшественники также влияли на пористость аэрации. (таблица 20).

Таблица 20 – Влияние приемов обработки и предшественников на пористость аэрации почвы в осенний период 2012–2014 годов, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	44,6	39,1	34,8	13,4	12,1	39,5	12,7
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	38,9	24,0	17,4	12,2	11,7	26,7	12,0
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	20,6	20,5	18,3	12,8	11,7	19,8	12,2
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	23,2	20,6	18,5	12,3	11,8	20,7	12,1
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	25,3	26,1	20,5	13,5	12,5	23,9	13,0
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	26,4	22,6	20,7	13,2	12,9	23,2	13,1

$F_{ф.} = 82,616 > F_{т.} = 3,59$

$HCP_{05} 2,507$

Пористость аэрации в более глубоких слоях (0,3–0,5 м) была практически одинакова по вариантам опыта и колебалась в пределах 12,1–12,5 %. Пористость аэрации в среднем за годы исследований была наибольшей при вспашке, т.е. при глубокой отвальной обработке почвы. Она равнялась на этом варианте в слое 0–0,3 м 39,5 % с колебаниями по слоям 34,8–44,6 %.

При дискование (второй вариант) после ячменя пористость аэрации в слое 0–0,3 м снизилась по сравнению с контролем на 12,8 % за счет уменьшения ее в слое 0,1–0,2 и 0,2–0,3 м до 24,0 и 17,4 %

При нулевой обработке после ячменя этот показатель в слое 0–0,3 м снизилась по сравнению с контролем на 19,7 % с колебаниями по слоям в пределах 18,3–20,6 %.

Полосовая обработка после ячменя была близка к нулевой обработке. Различие в слое 0–0,3 м не превышало 0,9 %. При полосовой обработке после кукурузы и после люцерны пористость аэрации в слое 0–0,3 м возросла по сравнению с ячменем на 2,5–3,2 %. Обработка почвы сильнее влияла на пористость аэрации по сравнению с предшественниками.

Пористость аэрации глубже 0,3 м была одинакова на всех вариантах и не превышала за годы исследований 12,1–13,1 %.

3.3.3 Капиллярная пористость

Капиллярная пористость включает поры менее 1 мм. Она подразделяется на макрокапиллярную с размерами пор от 1 мм до 0,1 мм, мезокапиллярную – с размерами от 0,1 до 0,001 мм и микрокапиллярную < 0,001 мм. Капилляры чаще всего заполнены водой. Они обладают значительными менисковыми силами и определяют влагоемкость и водоподъемную способность почвы.

Рыхление почвы приводит к увеличению некапиллярной пористости и снижению капиллярной. Уплотнение почвы увеличивает капиллярную и снижают некапиллярную пористость. Кроме того капиллярная пористость играет определенную роль в фильтрации воды в почву, осуществляя влагоперенос из более влажной почвы в более сухую по закону Дарси (Е.В. Шеин, В.М. Гонча-

ров, 2006). Поэтому капиллярная пористость играет большую роль в фильтрации влаги в глубокие слои почвы и передвижения влаги в зону иссушения ее корнями растений.

Капиллярная пористость зависит от приемов обработки почвы, от глубины почвогрунта, от предшественников, содержания гумуса в почве, структуры и т.д.

В 2012 году на варианте со вспашкой капиллярная пористость в осенний период на глубине 0–0,1 и 0,1–0,2 и колебалась в пределах 24,7–26,7 %. В слое 0,2–0,3 м она возросла до 31,3 %, а в слое 0–0,3 м в среднем составляла 27,4 % (таблица 21).

Таблица 21– Влияние приемов обработки и предшественников на капиллярную пористость в осенний период 2012 года, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	24,7	26,7	31,3	35,2	36,8	27,4	36,0
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	26,9	30,2	34,8	36,8	36,9	30,6	36,8
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	35,7	31,7	33,9	36,1	36,7	33,8	36,4
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	32,1	33,8	33,6	36,1	36,8	33,1	36,4
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	31,8	33,1	33,5	36,2	36,9	32,8	36,5
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	30,2	33,3	33,1	35,9	36,5	32,2	36,2

При мелкой поверхностной обработке капиллярная пористость в верхнем слое 0–0,1 м не превышала 26,9 %. На глубине 0,1–0,2 м 0,2–0,3 м она увеличилась до 30,2 и 34,8 %. в слое 0–0,3 м равнялась 30,6 %, что на 3,2 % выше, чем на контроле.

Наиболее высокая пористость аэрации отмечена после ячменя на нулевой обработке. В слое 0–0,3 м она колебалась от 32,1 до 33,8 %, а в среднем была равна 33,8%, что на 6,4 % выше, чем на контроле и на 3,2 % больше варианта с дискованием.

При полосовой обработке почвы после ячменя капиллярная пористость была близка к нулевой обработке. Различие этого показателя в слое 0–30 см составляло 0,7 %. В слое 0–0,1 м различие было существенно 3,6 %.

При полосовой обработке после кукурузы в слое 0–0,3 м капиллярная пористость снизилась по сравнению с полосовой обработкой после ячменя на 0,3 %, а после люцерны – на 0,9 %. По сравнению с контролем эта пористость была выше на 5,4 и 4,8 %.

В более глубоких слоях капиллярная пористость была примерно одинаковой и колебалась от 35,2 до 36,9 %.

В слое 0,3–0,5 м колебания не превышали 0,6–0,8 %. Наиболее сильно влияла на капиллярную влагоемкость обработка почвы и в меньшей степени предшественник подсолнечника.

В 2013 году в осенний период на варианте с глубокой отвальной обработкой почвы капиллярная пористость в верхнем 0–0,3 м слое почвы была наименьшая –26,6 % и изменялась по слоям от 22,4 % на глубине 0–0,1 м до 30,2 % на глубине 0,2–0,3 м.

При мелкой поверхностной обработке в слое 0–0,3 м капиллярная пористость увеличилась по сравнению с контролем на 5,4 % и колебалась по слоям с 28,6 % в верхнем слое 0–0,1 м до 35,2 % на глубине 0,2–0,3 м. Наибольшая капиллярная пористость отмечена при нулевой обработке почвы. На глубине 0–0,3 м она равнялась 34,0 %, в слое 0–0,1 м – 33,1 %; в слое 0,1–0,2 м – 33,3 %; в слое 0,2–0,3 м – 35,7 %. Это выше контроля на 7,9 %.

При полосовой обработке почвы после ячменя капиллярная пористость была близка к нулевой обработке. Различие на глубине 0–0,3 м равнялось 0,1 %. По слоям оно колебалось в пределах 0,1–0,4 % (таблица 22).

При полосовой обработке после кукурузы капиллярная пористость снизилась по сравнению с той же обработкой после ячменя в слое 0,2–0,7 %.

После люцерны аналогичное снижение на глубине 0–0,3 м составило 0,5 %, а по слоям – от 0,4 до 0,8 %.

Таблица 22– Влияние приемов обработки и предшественников на капиллярную пористость почвы в осенний период 2013 года, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	22,4	27,2	30,2	36,0	35,1	26,6	35,5
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	28,6	32,1	35,2	36,5	35,9	32,0	36,4
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	33,1	33,3	35,7	36,1	36,3	34,0	36,2
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	33,0	33,7	35,5	36,3	36,0	34,1	36,1
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	32,8	33,0	35,2	36,0	36,1	33,6	36,0
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	32,6	32,7	34,7	35,5	36,5	33,3	35,3

Очевидно, что в 2013 году, как и в 2012, капиллярная пористость сильнее снижалась при обработке почвы и много меньше – по предшественникам при одинаковой обработке.

В 2014 году в осенний период, как и в предшествующие годы, наименьшая капиллярная пористость отмечены на контроле при глубокой отвальной обработке почвы. В слое 0–0,3 м она не превышала 26,3 % от объема почвы. По слоям колебания были в пределах 25,3–27,0 (таблица 23). При мелкой обработке дисковой бороной в слое 0–0,3 м капиллярная пористость была выше контрольного варианта на 4,6 % с колебаниями по слоям от 28,9 до 32,7 %.

Самая высокая капиллярная пористость отмечалась при нулевой обработке после ячменя. В слое 0–0,3 м она была 34,1 %, что выше варианта с мелким

поверхностным дискованием на 3,2 %. Колебания по слоям не превышали 39,7–34,4 %.

При полосовой обработке после ячменя капиллярная пористость были одинаковы с вариантом при нулевой обработке. Различие в слое 0–0,3 м не превышали 0,4 %, а по слоям – 0,1–1,9 %.

Таблица 23– Влияние приемов обработки и предшественников на капиллярную пористость почвы в осенний период 2014 года, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	25,3	26,7	27,0	36,2	36,9	26,3	36,5
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	28,9	31,1	32,7	36,2	36,2	30,9	36,2
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	34,3	33,7	34,4	36,9	36,8	34,1	36,2
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	32,4	33,8	34,5	36,3	36,4	33,7	36,4
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	34,0	33,5	33,6	36,9	36,1	33,7	36,5
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	33,7	33,2	33,4	35,8	35,9	33,4	35,8

На варианте с полосовой обработкой после кукурузы и после люцерны капиллярная пористость мало изменялась по сравнению с таким же вариантом после ячменя. В слое 0–0,3 м различие не превосходило 0,3–0,5 %, т.е. была практически одинакова. После кукурузы капиллярная пористость по слоям равнялась 33,5–34,0 %, после люцерны – 33,2–33,7 %, после ячменя – 32,4–34,5 %.

В 2014 году на капиллярную пористость влияла только обработка почвы, это можно объяснять погодными условиями года.

В среднем за годы исследований в осенний период наименьшая капиллярная пористость отмечена на контрольном варианте со вспашкой. В слое

0–0,03 м она равнялась 26,7 % с колебаниями по слоям от 24,1 до 29,5 % (таблица 24).

На глубине 0,3–0,5 м капиллярная пористость по вариантам опыта была практически одинакова и колебалась в пределах 35,7–36,6 %.

Таблица 24– Влияние приемов обработки и предшественников на капиллярную пористость почвы в осенний период 2012–2014 годов, % от объема почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	24,1	26,7	29,5	35,8	36,1	26,7	36,0
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	28,1	31,1	34,2	36,5	36,3	31,1	36,4
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	34,3	32,9	34,7	36,4	36,6	34,0	36,5
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	32,5	33,7	34,5	36,2	36,4	33,6	36,3
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	32,8	33,2	34,1	36,3	36,4	33,4	36,3
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	31,7	33,9	34,1	35,7	36,3	33,2	36,0

$F_{ф.} = 89,401 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05} 0,912$

При мелкой обработке капиллярная пористость повысилась по сравнению с контролем в слое 0–0,3 м на 4,4 %, в слое 0–0,1 м – на 4,0 %; в слое 0,1–0,2 – на 4,4 %; в слое 0,2–0,3 м – на 4,7 %. При нулевой обработке после ячменя капиллярная пористость была наибольшая. В слое 0–0,3 м она превышала глубокую обработку (вспашку) на 7,3 %; мелкую (дискование) – на 2,9 %; полосовую обработку – на 4,0–0,8 %. Капиллярная пористость при полосовой обработке была наибольшей после ячменя и равнялась в слое 0–0,3 м – 33,6 %. После кукурузы и люцерны она незначительно снизилась и составила после кукурузы 33,4 %, а после люцерны – 33,2%. В среднем за годы исследований на капил-

лярную пористость влияла, в основном, обработка почвы, и мало влияли предшественники.

Интенсивность обработки почвы значительно увеличивала пористость аэрации и снижали капиллярную пористость.

3.3.4 Строение верхнего слоя почвы

Строение пахотного слоя 0–0,3 м определяет соотношение некапиллярной и капиллярной пористости почвы (М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков, 1993).

При большой некапиллярной пористости это соотношение больше единицы. В такой почве хорошая водопроницаемость (более 150 мм за первый час от начала впитывания), много воздуха, хороший воздухообмен, плохо удерживается влага, которая интенсивно испаряется из межагрегатного пространства.

Если преобладает капиллярная пористость, то в ней меньше воздуха, слабая аэрация, слабый воздухообмен и лучше сохраняется влага.

Наилучшим строением пахотного слоя считается такое, при котором соотношение некапиллярных и капиллярных пор меньше единицы. По Д.И. Бурову (1970), для засушливых условий капиллярная пористость должна превышать некапиллярную в 2 раза, т.е. строение верхнего слоя 0–0,3 м должно быть не выше 0,5. Во влажных условиях строение пахотного слоя должно быть более единицы.

Строением пахотного слоя можно регулировать водный режим почвы, что очень важно в засушливых условиях Поволжья.

В осенний период в засушливых условиях Поволжья при строении пахотного слоя более единицы идет интенсивное испарение влаги через многочисленные большие межагрегатные поровые пространства. Потери остаточной влаги после уборки урожая могут полностью теряться в сухую осень. При этом испарение влаги после вспашки происходит на глубину до 1 метра. Часто зимними осадками не покрываются непроизводительные потери в осенний период. Особенно этому способствует ранняя глубокая зябь.

В 2012 году в осенний период наибольшее строение верхнего слоя почвы 0–0,3 м было после вспашки и равнялась 1,44 (таблица 25). Колебания по слоям были в пределах 1,04–1,82.

Таблица 25 – Строение верхнего слоя почвы по вариантам опыта в осенний период 2012 года

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,82	1,47	1,04	0,40	0,32	1,44	0,36
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,46	0,78	0,51	0,34	0,30	0,91	0,32
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	0,55	0,71	0,56	0,33	0,30	0,60	0,31
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	0,74	0,59	0,58	0,34	0,30	0,63	0,32
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	0,81	0,66	0,60	0,35	0,30	0,69	0,32
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	0,97	0,69	0,68	0,38	0,35	0,78	0,36

При мелкой обработке (дисковании) строение верхнего слоя 0–0,3 м не превышало 0,91. Отмечена высокая величина его в слое 0–0,1 м, где почва рыхлилась. На глубине 0,1–0,2 м оно было 0,78, а в слое 0,2–0,3 м – 0,51.

При нулевой обработке отмечено наименьшее строение пахотного слоя. В слое 0–0,3 м оно не превышало 0,60 с колебаниями от 0,55 до 0,71.

При полосовой обработке после ячменя строение пахотного слоя мало отличалась от нулевой обработки, где оно составляло 0,63 против 0,60 без обработки.

Различие было только в верхнем слое 0–0,1 м. В первом случае оно равнялось 0,55, во втором – 0,74.

При полосовой обработке после кукурузы и люцерны строение пахотного слоя возросло в слое 0–0,3 м до 0,69–0,78 по сравнению с ячменем на 0,06–0,15 единиц.

В 2012 году интенсивность обработки почвы значительно увеличивало величину строения пахотного слоя по сравнению с нулевой обработкой. Это увеличение в верхнем слое 0–0,1 м составило в три с лишним раза, а в слое 0–0,3 м – в 2,5 раза. Это способствовало хорошему накоплению влаги в почве во влажную осень. В 2012 году за август выпало 94 мм осадков или 215 % нормы. Снижение интенсивности строения пахотного слоя способствовало сохранению остаточной влаги.

В 2013 году вспашка увеличивала строение пахотного слоя в слое 0–0,1 м до 2,14; в слое 0,1–0,2 м – до 1,52; в слое 0,2–0,3 м – до 1,21; в слое 0–0,3 м – до 1,62 (таблица 26). Это способствовало большой потере влаги из почвы в сухую осень этого года, когда выпало в августе всего 11 мм осадков или 25 % нормы.

Таблица 26 – Строение верхнего слоя почвы по вариантам опыта в осенний период 2013 года

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	2,14	1,52	1,21	0,35	0,37	1,62	0,36
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,37	0,73	0,49	0,32	0,34	0,83	0,33
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	0,66	0,60	0,48	0,35	0,34	0,58	0,34
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	0,68	0,63	0,50	0,34	0,34	0,60	0,34
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	0,76	0,68	0,54	0,35	0,34	0,66	0,35
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	0,82	0,73	0,61	0,41	0,40	0,72	0,41

Интенсивная обработка почвы в осенний период более чем в 1,5–2,0 раза увеличивала величину строения пахотного слоя. Предшественники увеличивала строение пахотного слоя всего на 15–24 % в слое 0–0,1 м и на 14–24 % в слое 0–0,3 м.

Это способствовало сохранению остаточной влаги в почве на вариантах с нулевой полосовой обработкой в сухую осень 2013 года.

При мелкой обработке почвы строение пахотного слоя 0–0,3 м не превышали 0,83, что в 2 раза ниже вспашки. При этом в слое 0–0,1 м этот показатель равнялся 1,37; в слое 0,1–0,2 м – 0,73; в слое 0,2–0,3 м – 0,49. Такое значение строение пахотного слоя способствовало меньшей потери влаги в сухую осень 2013 года.

Наименьшее значение строения пахотного слоя было при нулевой обработке. В слое 0–0,3 м оно не превышало 0,58; в слое 0–0,1 – 0,66; в слое 0,1–0,2 м – 0,60; в слое 0,2–0,3 – 0,48. Больше всего остаточной влаги в почве сохранялось на этом варианте. При полосовой обработке после ячменя сложение пахотного слоя было близко к нулевой обработке и составляло 0,60, против 0,58 без обработки. После кукурузы сложение пахотного слоя увеличилось до 0,66, а после люцерны – до 0,72.

На вариантах с высоким значением строения пахотного слоя отмечены большие потери остаточной влаги из почвы. Влажность почвы снижалась в метровом слое до мертвого запаса.

В 2014 году в осенний период при вспашке строение пахотного слоя достигало в слое 0–0,3 м – 1,44; в слое 0–0,1 м – 1,61; в слое 0,1–0,2 м – 1,41; в слое 0,2–0,3 м – 1,32. Это способствовало интенсивному испарению влаги из почвы в сухую осень этого года. За август 2014 года выпало 34 мм осадков или 78 % нормы (таблица 27).

При поверхностной обработке (вариант 2) строение пахотного слоя снижалось в слое 0–0,1 м до 1,32; в слое 0,1–0,2 м до 0,80; в слое 0,2–0,3 м до 0,53; в слое 0–0,3 м – до 0,88. В пахотном слое в среднем этот показатель уменьшил-

ся относительно контроля на 63 %. При нулевой обработке величина строения пахотного слоя 0–0,3 м снизилась до 0,57 или в 2,5 раза в сравнении с контролем (со вспашкой) и в 1,5 раза по сравнению с дискованием. При нулевой обработке в почве сохранялось наибольшее количество остаточной влаги по сравнению с контролем. При полосовой обработке строение слоя 0–0,3 м возросло по сравнению нулевой обработкой 8–12 %. Это не вызывало интенсивного испарения влаги из почвы в сухую осень 2014 года. В более глубоких слоях почвы сложение почвы не превышало 0,31–0,37.

Таблица 27 – Строение верхнего слоя почвы по вариантам опыта в осенний период 2014 года

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,61	1,41	1,32	0,37	0,31	1,44	0,34
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,32	0,80	0,53	0,34	0,33	0,88	0,33
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	0,60	0,57	0,54	0,37	0,32	0,57	0,34
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	0,72	0,61	0,53	0,34	0,33	0,62	0,034
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	0,68	0,67	0,58	0,33	0,34	0,64	0,33
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	0,75	0,72	0,53	0,34	0,33	0,62	0,34

В среднем за 2012–2014 годы строение пахотного слоя на первом варианте при глубокой вспашке в слое 0–0,3 м составляло 1,49, а по отдельным слоям колебалась в пределах 1,18–1,85.

При мелкой поверхностной обработке (дисковании) оно снизилось до 0,88; 0,51; 0,77 и 1,38 или на 69; 34 и в 2–2,5 раза. При нулевой обработке строение пахотного слоя 0–0,3 м составило 0,58 с колебаниями от 0,53 до 0,62. При полосовой обработке строение пахотного слоя было выше, чем при нулевой об-

работке в слое 0–0,3 м после ячменя на 6,9 %, после кукурузы – на 24 %; после люцерны – на 21 %. Особенно заметно изменялось соотношение некапиллярной пористости в слое 0–0,1 м. Здесь оно было выше, чем при нулевой обработке на 18; 28 и 38 % (таблица 28).

Таблица 28 – Строение верхнего слоя почвы по вариантам опыта в осенний период 2012–2014 годов

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,85	1,46	1,18	0,37	0,33	1,49	0,35
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,38	0,77	0,51	0,33	0,32	0,88	0,33
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	0,60	0,62	0,53	0,35	0,32	0,58	0,33
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	0,71	0,61	0,54	0,34	0,32	0,62	0,33
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	0,77	0,78	0,60	0,37	0,34	0,72	0,36
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	0,83	0,67	0,61	0,37	0,36	0,70	0,36

Таким образом, интенсивная основная обработка почвы (вспашка) в сухую осень приводит к значительным потерям остаточной влаги из почвы на глубину до 1 метра. Во влажную осень она способствует накоплению влаги в почве в большей степени, чем нулевая и полосовая обработка.

Нулевая и полосовая обработки почвы в сухую осень способствуют сохранению остаточной влаги в почве, что благоприятно сказывается на запасах продуктивной влаги в весенний период, особенно в малоснежные зимы.

3.3.5 Пористость почвы в весенний период

Общая пористость весной перед посевом подсолнечника изменялась аналогично плотности почвы и мало различалась по вариантам опыта. В слое 0–0,3

м общая пористость на контроле (вспашка) составляла 54,2%. При мелкой обработке различие с контролем не превышало 0,8%, с нулевой обработкой – 2,0%, с полосовым посевом – на 1,6; 1,2 и 0,8% (таблица 29, приложение 4-6).

Таблица 29 - Влияние приемов обработки и предшественников на общую пористость почвы в весенний период в среднем за 2013-2015 годы, %

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	56,3	54,1	52,2	50,1	48,5	54,2	49,3
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	55,6	53,0	51,9	48,9	48,2	53,4	48,5
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	52,6	52,2	51,5	48,5	48,1	52,2	48,3
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	54,1	52,6	51,1	48,5	48,2	52,6	48,4
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	54,8	52,2	51,9	48,9	48,5	53,0	48,7
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	56,0	52,3	51,5	50,8	49,3	53,4	50,1

$F_{ф.} = 3,153 < F_{т.} = 3,59$

В слое 0-0,1 м различия опытных вариантов с энергосберегающей обработкой почвы составили в пределах 0,7; 3,7; 2,2; 1,5 и 0,3%; в слое 0,1-0,2 м соответственно 1,1; 1,9; 1,5; 1,9 и 1,8%, в слое 0,2-0,3 м – 0,3; 0,7; 1,1; 0,3 и 0,7%. В нижнем слое пахотного горизонта наблюдалось наименьшее отклонение от контроля в меньшую сторону. Еще меньше различие по вариантам отмечено в более глубоких слоях почвы 0,3-0,5 м. Здесь они не превышали 0,6-1,0%. С уплотнением почвы выравнивалась и общая пористость.

Аналогично общей пористости изменялась и пористость аэрации. Наибольшая пористость аэрации весной отмечена после глубокой отвальной обработки (вспашки). В слое 0-0,3 м она равнялась 21,3%, с колебаниями по слоям от 23,2 до 18,3%. При мелкой обработке пористость аэрации снизилась в слое 0-0,3 м на 1,6%. Колебания по слоям равнялись от 21,9 до 17,7%. Самая

низкая пористость аэрации отмечена в слое 0-0,3 м при нулевой обработке. Она составляла 17,3% с колебаниями по слоям от 18,2 до 17,1% (таблица 30, приложение 7-9).

Таблица 30 - Влияние приемов обработки и предшественников на пористость аэрации почвы в весенний период в среднем за 2013-2015 годы, %

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	23,2	22,6	18,3	14,9	12,2	21,3	13,6
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	21,9	19,5	17,7	12,9	11,7	19,7	12,3
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	17,7	18,2	17,1	12,2	11,7	17,3	12,0
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	19,3	18,9	16,4	12,3	11,7	18,2	12,1
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	21,1	18,2	17,7	12,9	12,2	19,0	12,6
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	22,6	18,2	16,9	16,1	13,5	19,2	14,8

$F_{ф.} = 3,779 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05} 2,208$

Различие с контролем по слоям было соответственно 5,5; 4,4; 1,2 и 4,0%. Полосовые посеы по различным предшественникам мало отличались друг от друга. Если после ячменя пористость аэрации в слое 0-0,3 м не превышала 18,2%, то после кукурузы она была 19,0%, а после люцерны – 19,2%. Различие составляло 0,8-1,0%. Здесь можно говорить лишь о тенденции увеличения пористости аэрации по предшественникам. Интенсивная обработка почвы увеличивала пористость аэрации в слое 0-0,3 м на 1,6-3,0%, то есть в незначительно большей степени, чем предшественники.

Незначительные колебания отмечены в изменении капиллярной пористости по вариантам опыта.

В слое 0-0,3 м после вспашки весной капиллярная пористость равнялась 32,2% от объёма почвы с колебаниями по слоям от 33,1 до 33,9% (таблица 31, приложение 10-12).

Таблица 31 - Влияние приемов обработки и предшественников на капиллярную пористость почвы в весенний период в среднем за 2013-2015 годы, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	33,1	32,7	33,9	35,2	36,3	33,2	35,7
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	33,4	33,5	34,2	36,0	36,5	33,7	36,2
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	35,9	34,0	34,4	36,2	36,4	34,7	36,3
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	34,8	33,7	34,7	36,2	36,5	34,4	36,4
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	33,7	34,0	34,2	36,0	36,3	34,0	36,1
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	33,4	34,1	34,6	34,7	35,8	34,0	35,2

$F_{ф.} = 2,402 < F_{т.} = 3,59$

При мелкой обработке капиллярная пористость в слое 0-0,3 м возросла на 0,5%. Колебания по слоям изменились до 32,2-33,5%. Наибольшая капиллярная пористость составила при нулевой обработке. В слое 0,-0,3 м она равнялась 34,7% с колебаниями по слоям в пределах 34,4-35,9%. Это больше контроля на незначительную величину 1,5%.

При полосовой обработке почвы в слое 0-0,3 м капиллярная пористость мало различалась с нулевой обработкой. Различия составило 0,3-0,7%. Капиллярная пористость в этом слое при полосовых обработках была весной несколько выше контроля на 0,8-1,5%. Можно говорить лишь о тенденции в различие вариантов опыта по этому показателю.

Математический анализ зависимости пористости от глубины обработки почвы показал тесную взаимосвязь общей пористости и пористости аэрации (У)

от глубины рыхления почвы (X) (рисунок 1).

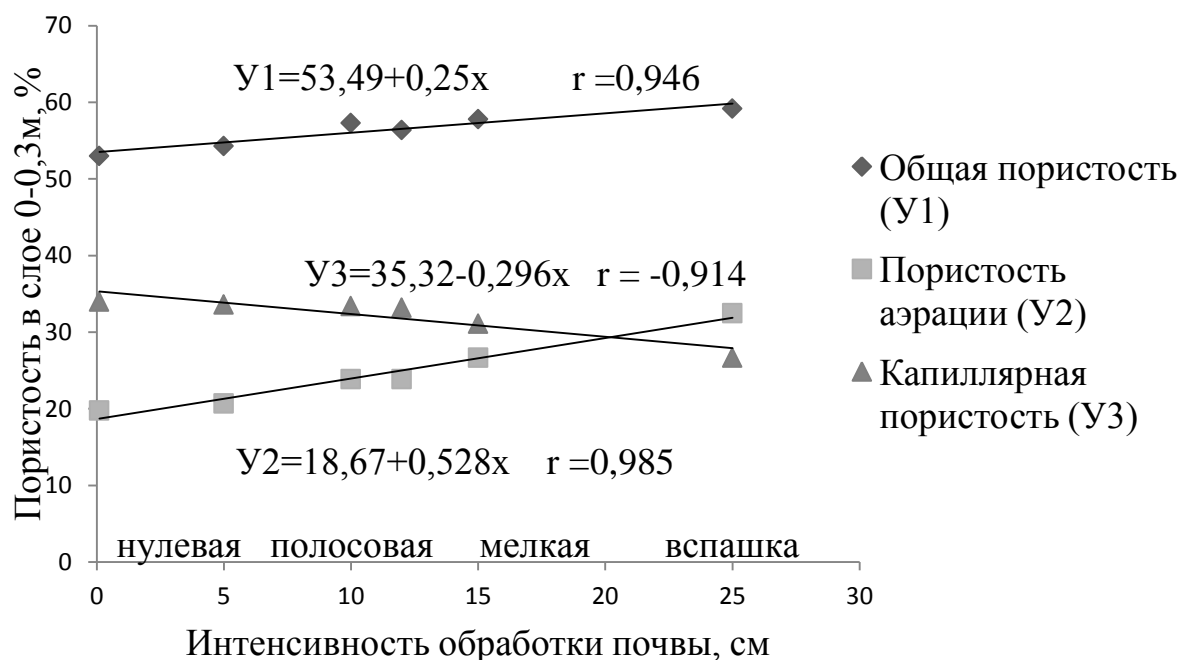


Рисунок 1 - Зависимость пористости почвы от глубины обработки

Взаимосвязь общей пористости (Y) с уменьшением интенсивности обработки почвы (X) аппроксимировалось уравнением вида: $Y1=53,49+0,25X$. Коэффициент корреляции равняется 0,946 и показывает тесную взаимосвязь этих показателей.

Пористость аэрации выражалась уравнением $Y2=18,67+0,528X$. Коэффициент корреляции составлял 0,946.

Капиллярная пористость в отличие от других видов имела обратную взаимосвязь с глубиной рыхления почвы и выражалась уравнением: $Y3=35,32-0,296X$. Коэффициент корреляции равнялся -0,914. С увеличением глубины обработки капиллярная пористость в пахотном слое заметно снижалась.

Если осенняя плотность почвы и пористость влияла на формирование весенних запасов влаги, то весенняя плотность и пористость определяла водный режим почвы при выпадении осадков в течение вегетации.

Строение пахотного слоя также мало различалось по вариантам опыта в весенний период перед посевами подсолнечника (таблица 32, приложение 13-15).

Таблица 32 - Влияние приемов обработки и предшественников на строение слоя почвы 0-0,3 м в весенний период в среднем за 2013-2015 годы, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои почвы, м			
	0-0,1	0-0,2	0,2-0,3	0-0,3
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	0,70	0,69	0,54	0,64
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	0,65	0,58	0,51	0,58
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	0,49	0,53	0,50	0,51
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	0,55	0,56	0,47	0,53
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	0,62	0,54	0,52	0,56
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	0,68	0,53	0,49	0,56

По всем вариантам опыта строение пахотного слоя не превышало единицы, то есть капиллярная пористость была больше некапиллярной метагрегатной. Это способствовало сохранению влаги в почве.

После вспашки в слое 0-0,3 м величина показателя строения пахотного слоя превышала мелкую обработку на 0,06 единицы, нулевую обработку на 0,13, а полосовую обработку на 0,08-0,11 единиц.

Предшественники практически не влияли на строение пахотного слоя. Интенсивная обработка почвы имела тенденцию к увеличению этого показателя в весенний период перед посевом подсолнечника.

4 Водный режим почвы

Водный режим почвы во многом зависит от состояния агрофизических свойств почвы, как в осенний, так и в весенний период сельскохозяйственного года.

Большую роль здесь играют погодные условия осенне-зимнего периода, а в частности осенние и зимние осадки. В сухую осень глубокая обработка почвы приводит к сильному испарению влаги, а влажная к хорошему накоплению влагозапасов. Нулевая обработка в сухую осень лучше сохраняет влагу в почве, но в меньшей степени способствует проникновению влаги в глубокие слои. В последнем случае играет роль глубина промерзания почвы.

Плотность почвы следует рассматривать как показатель тесно связанный с содержанием гумуса и структурностью. Плотность почвы имеет явно выраженную динамику. После обработки в рыхлом состоянии она пребывает в течение короткого периода. Степень ее уплотненности зависит от ее структурности, от количества осадков, от типа обработки и ее качества. Уплотнение происходит до равновесного состояния, присущего данному типу почвы. Воронежские черноземы даже весной имеют плотность не более $1,0 \text{ г/см}^3$ (И. Б. Ревут, 1964).

С увеличением снижается пористость почвы. Важна не только величина общей пористости, но и состояние капиллярной и некапиллярной пористости (А. Г. Дояренко, 1924).

Для проникновения в почву влаги большую роль играют некапиллярные крупные поры. На плотных почвах количество некапиллярных пор может снижаться до 2,7%. Это отрицательно сказывается на развитии растений. При некапиллярной пористости более 10% растения хорошо растут и развиваются. Исходя из этого, И. Б. Ревут (1964) считает плотность почвы как «первичный элемент всей физики почвы».

От уплотнения почвы зависит водный режим почвы. Снижение водопроницаемости тесно коррелирует с некапиллярной пористостью. В суглинистых почвах водопроницаемость резко снижается некапиллярной пористости ниже

2%, а в тяжелосуглинистых – меньше 10%. Однако, уплотненные почвы высоким уровне увлажнения обладают высокой влагопроводностью. При этом наблюдается движение влаги в почве непрерывным потоком в зону с большим водным потенциалом. Более уплотненные почвы медленнее проводят влагу по капиллярам, хотя движение имеет фронтальный характер насыщению (иссушению) подвергается вся толща почвы (И. Б. Ревут, 1964).

При рыхлом состоянии иссушение идет путем выноса влаги в парообразном состоянии. В плотной почве увеличивается некапиллярная пористость, снижаются размеры пор, и замедляется диффузия паров и потерю влаги на непроизводительное испарение. Отсюда при любых способах обработки почвы, если плотность после их проведения в конечном итоге не различаются между собой, водный режим, как правило, также мало различается (И. Б. Ревут, 1964).

Оптимальная плотность не должна превышать $1,10 \text{ г/см}^3$. Однако такая плотность не может стабильно поддерживаться в течение вегетационного периода. Оптимальная для каждой почвы будет та плотность, ниже которой она не бывает в течение вегетационного периода.

Мичурин Б. Н. (1959) отмечает, что доступность влаги в почве для растений является функцией плотности почвы. В увлажненной почве высокая плотность меньше угнетает растения.

В 2013 году весной перед посевом подсолнечника в верхнем полуметровом слое после глубокой отвальной обработке (вариант 1) запасы продуктивной влаги весной составляли 82,7 мм. Это составило 84,4% от запасов влаги в почве при наименьшей влагоемкости (НВ). В слое 0,5-1,0 м. на этом варианте было 67,5 мм влаги или 80,3% НВ. Несмотря на большое количество осадков в осенний период 2012 года 94,8 мм или 215% нормы, метровый слой почвы был насыщен влагой до 82,4% НВ.

При мелкой обработке количество доступной влаги в почве было меньше, чем на контроле в слое 0-0,5 на 10,5 мм или 12,7%, на глубине 0,5-1,0 м. – на 8,7 мм или 12,9%, а в метровом слое – на 19,2 мм или 12,8%. Запас доступной вла-

ги на этом варианте составлял по слоям соответственно 73,7; 70,3 и 72,0% от наименьшей влагоемкости.

На варианте с нулевой обработкой влаги весной было меньше, чем на контроле в верхнем полуметре на 5,1 мм или на 6,2%; во втором – на 5,8 мм или 8,6%; а в метровом слое – на 10,9 мм или 7,3%. В метровом слое почвы при нулевой обработке запас влаги в почве был больше чем на варианте с мелкой обработкой на 8,3 мм или 6,3% (таблица 33).

Таблица 33 - Влияние приемов обработки почвы на величину запасов влаги перед посевом подсолнечника в 2013 году, мм

Слой почвы, м	Приемы обработки почвы и предшественники					
	ячмень				полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки
	глубокая отвальная обработка после ячменя (контроль)	мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя		
0-0,5	82,7	72,2	77,6	77,9	78,3	79,5
0,5-1,0	67,5	58,8	61,7	63,0	65,1	68,5
0-1,0	150,2	131,0	139,3	140,9	143,4	148,0
различие с контролем, мм						
0-0,5	-	-10,5	-5,1	-4,8	-4,4	-3,2
0,5-1,0	-	-8,7	-5,8	-4,5	-2,4	1,0
0-1,0	-	-19,2	-10,9	-9,3	-6,8	-2,2
различие с контролем, %						
0-0,5	-	12,7	6,2	5,8	5,3	3,9
0,5-1,0	-	12,9	8,6	6,7	3,5	1,5
0-1,0	-	12,8	7,3	6,2	4,5	1,5

Полосовая обработка почвы после ячменя накапливала влаги почти одинаково с нулевой обработкой. Различие составило всего на 0,4-2,1%.

При полосовой обработке почвы после кукурузы влаги было больше чем после аналогичной обработке после ячменя в слое 0-0,5 м на 0,4 мм или 0,5%; в слое 0,5-1,0 м на 2,1 мм или 3,3%; а в метровом слое – на 2,5 мм или 1,8%. После люцерны влаги было несколько больше, чем в предыдущих вариантах.

По обороту пласта люцерны при полосовой обработке влаг было больше, чем после ячменя по слоям на 1,6; 5,5 и 7,1 мм или 2,0; 8,7 и 5,0%.

Запасы влаги при полосовой обработке близки к запасам влаги в почве контрольного варианта. Различие по слоям не превышало 2,2-3,2 мм или 1,5-3,9%. Следует отметить, что во влажную осень предшествующую 2013 году предшественники заметно увеличили запас влаги в почве.

В 2014 году при глубокой отвальной обработке запас продуктивной влаги в почве в верхнем полуметровом слое весной составил 78,3 мм, в нижнем полуметре – 63,5 мм, а в слое 0-1,0 м – 141,8 мм. Это было меньше, чем в предыдущем году на 4,4; 4,0 и 9,4 мм (таблица 34). Аналогичное положение было и на остальных вариантах. Это объясняется малым количеством осадков за осенний период 2013 года.

В 2014 году запасы влаги на контрольном варианте составляли по слоям 80,0; 75,6 и 77,95 от наименьшей влагоемкости, то есть от максимального количества влаги, которую может удержать в себе почва. Влагообеспеченность почвы составляла весной на контроле в 2014 году 75-80%.

При мелкой обработке (дискование) влаги было меньше по сравнению с контролем (вариант 1) в слое 0-0,5 м на 8,2 мм или на 10,5%; в слое 0,5-1,0 м – на 12,6 мм или 19,85; в метровом слое – на 20,8% мм или 14,7%.

Влагообеспеченность на этом варианте снизилась до 71,5% в верхнем полуметре до 60,6% в нижнем и до 66,5% в метровом слое.

При нулевой обработке после ячменя влаги было меньше, чем на контроле соответственно по слоям на 3,2; 3,8 и 7,0 мм или 4,1; 6,0 и 4,9 %.

Влагообеспеченность почвы при нулевой обработке возросла по сравнению с мелкой обработкой до 76,6 – 71,0%.

Полосовая обработка почвы после ячменя накапливает столько же влаги, сколько и нулевая обработка. Различие по слоям составило 1,1; 0,8 и 1,9 мм или 1,5; 1,3 и 1,4%.

После кукурузы полосовая обработка почвы повысила весной содержание влаги в верхнем полуметровом слое на 1,0 мм, во втором полуметре – на 1,5 мм, а в метровом слое – на 2,5 мм по сравнению с такой же обработкой по ячменю.

Таблица 34 - Влияние приемов обработки почвы на величину запасов влаги перед посевом подсолнечника в 2014 году, мм

Слои почвы, м	Приемы обработки почвы и предшественники.					
	ячмень				полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки
	глубокая отвальная обработка (контроль)	мелкая обработка почвы (дискование)	нулевая обработка почвы (no-till)	полосовая обработка почвы (strip-till)		
0-0,5	78,3	70,1	75,1	76,2	77,2	78,6
0,5-1,0	63,5	50,9	59,7	60,5	62,0	65,1
0-1,0	141,8	121,0	134,8	136,7	139,2	143,7
различие с контролем, мм						
0-0,5	-	-8,2	-3,2	-2,1	-1,1	0,3
0,5-1,0	-	-12,6	-3,8	-3,0	-1,5	1,6
0-1,0	-	-20,8	-7,0	-5,1	-2,6	1,9
различие с контролем, %						
0-0,5	-	10,5	4,1	2,7	1,4	0,4
0,5-1,0	-	19,8	6,0	4,7	2,4	2,5
0-1,0	-	14,7	4,9	3,6	1,8	1,3

Еще больше влаги в почве по полосовой обработке по обороту пласта люцерны. Здесь в слое 0-0,5 м запас влаги превышал обработку после ячменя на 2,4 мм; в слое 0,5-1,0 м – на 4,6 мм, а в слое 0-1,0 м – на 7,0 мм или на 3,1; 7,6 и 5,1%.

После люцерны весенние запасы влаги в почве были одинаковыми с контрольным вариантом при глубокой отвальной обработке. Различия составляли 0,4-2,5%. Наибольшее различие запасов влаги по вариантам опыта отмечалось в горизонтах 0,5-1,0 м.

В 2015 году запасы продуктивной влаги в почве на контрольном варианте были ниже, чем в 2013 году в верхнем полуметровом слое на 9,3 мм; во втором полуметре – на 18,2 мм, а в метровом слое на 27,5 мм и соответственно на 11,2; 27,0 и 18,3%. Это объясняется сухими условиями в осенний период 2014 года. Влагообеспеченность почвы весной 2015 года составляла в слое 0-0,5 м 74,9%; в слое 0,5-1,0 м. – 58,7%; в слое 0-1,0 – 67,4%. Нижние слои почвы были прак-

тически лишены доступной влаги весной перед посевом подсолнечника (таблица 35).

Таблица 35 - Влияние приемов обработки почвы на величину запасов влаги перед посевом подсолнечника в 2015 году, мм

Слои почвы, м	Приемы обработки почвы и предшественники					
	ячмень				полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки
	глубокая отвальная обработка (контроль)	мелкая обработка почвы (дискование)	нулевая обработка почвы (no-till)	полосовая обработка почвы (strip-till)		
0-0,5	73,4	63,3	69,3	69,9	72,1	73,0
0,5-1,0	49,3	45,0	48,3	50,9	49,8	50,9
0-1,0	122,7	108,3	117,6	120,8	121,9	123,9
различие с контролем, мм						
0-0,5	-	-10,1	-4,1	-3,5	-1,3	-0,4
0,5-1,0	-	-4,3	-1,0	1,6	0,5	1,6
0-1,0	-	-14,4	-5,1	-1,9	-0,8	1,2
различие с контролем, %						
0-0,5	-	13,8	5,6	4,8	1,8	0,5
0,5-1,0	-	8,7	2,0	3,2	1,0	3,2
0-1,0	-	11,7	4,2	1,5	0,7	1,0

После мелкой обработки запасы доступной влаги в почве были ниже, чем при глубокой отвальной в верхнем слое 0-0,5 м на 10,1 мм; в слое 0,5-1,0 м – на 4,3 мм; в слое 0-1,0 м на 14,4 мм или соответственно на 13,8; 8,7 и 11,7%.

После нулевой обработке запасы влаги в почве были ниже, чем на контроле соответственно по слоям на 4,1; 1,0 и 5,1 мм или на 5,6; 2,0 и 4,2%.

При полосовой обработке почвы после ячменя запасы доступной влаги повысились по сравнению с предыдущим вариантом на 2,2 и 1,1 мм или 3,1 и 0,9%.

После полосовой обработке по обороту пласта люцерны запасы влаги возросли до уровня варианта с глубокой вспашкой. Различия составляли 0,4-1,6 мм или 0,5-3,2%. По сравнению с аналогичной обработкой почвы после ячменя запасы влаги увеличились по слоям соответственно на 3,1%. Влагообеспеченность почвы после люцерны составляла по слоям 74,5; 60,6 и 68,1% от наименьшей влагоёмкости. Как и в предыдущие годы предшественники спо-

способствовали увеличению влаги в весенний период при полосовой обработки почвы.

В 2013-2015 годах в среднем на варианте с глубокой отвальной обработкой почвы запасы влаги были наибольшими. В метровом слое они составляли 138,2 мм, влагообеспеченность равнялась 75,0% (таблица 36).

При мелкой обработке после ячменя запасы влаги снижались в слое 0-0,5 м на 9,6 мм или 12,3%; в слое 0,5-1,0 м – на 8,5 мм или 12,8%; а в метровом слое в целом на 18,1 мм или 13,1%. влагообеспеченность метрового слоя почвы снижалась до 65,3%.

При нулевой обработке почвы количество влаги в верхнем полуметровом слое было меньше, чем на контроле со вспашкой на 4,1 мм или 5,2%, во втором полуметре – на 3,5 мм или 5,8%, а в метровом слое – на 7,6 мм или 5,5%.

Таблица 36 - Влияние приемов обработки почвы на величину запасов влаги перед посевом подсолнечника в среднем в 2013-2015 годах, мм

Слой почвы, м	Приемы обработки почвы и предшественники					
	ячмень				полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки
	глубокая отвальная обработка (вспашка) (контроль)	мелкая обработка почвы (дискование)	нулевая обработка почвы (no-till)	полосовая обработка почвы (strip-till)		
0-0,5	78,1	68,5	74,0	74,7	75,9	77,0
0,5-1,0	60,1	51,6	56,6	58,1	59,0	61,2
0-1,0	138,2	120,1	130,6	132,8	134,9	138,2
различие с контролем, мм						
0-0,5	-	-9,6	-4,1	-3,4	-2,2	-1,1
0,5-1,0	-	-8,5	-3,5	-2,0	-1,1	1,1
0-1,0	-	-18,1	-7,6	-5,4	-3,3	0
различие с контролем, %						
0-0,5	-	12,3	5,2	4,4	2,8	1,4
0,5-1,0	-	12,8	5,8	3,3	1,8	1,8
0-1,0	-	13,1	5,5	3,9	2,4	0

$НСР_{05}$ для слоя 0-0,5 м 1,422 $F_{ф.} = 55,921 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05}$ для слоя 0,5-1,0 м 3,347 $F_{ф.} = 10,781 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05}$ для слоя 0-1,0 м 3,262 $F_{ф.} = 43,206 > F_{т.} = 3,59$

При полосовой обработке после ячменя запасы влаги были близки к запасам влаги при нулевой обработке. Различие составляло 0,7; 1,5 и 2,2 мм или 1,0;

2,6 и 1,7%. После кукурузы запасы влаги незначительно повысились по сравнению с вариантом после ячменя на 0,9 и 2,1 мм или 1,5 и 1,6%. По обороту пласта люцерны по сравнению с ячменем как предшественником количество весенней влаги в почве увеличилось в слое 0-0,5 м на 2,3 мм, в слое 0,5-1,0 м – на 3,1 мм, в слое 0-1,0 м – на 5,4 мм или 3,1; 5,3 и 4,4%. Влагообеспеченность почвы в метровом слое составила на этом варианте 75%. Как видно по погодным условиям наиболее высокая влагообеспеченность подсолнечника весной была в 2013 году и сравнительно низкая в 2014 и 2015 годах. Наибольшие влагозапасы весенний период отмечены после вспашки. Самые низкие запасы влаги весной отмечены на варианте с дискованием. Предшественники повышали количество влаги в почве, особенно люцерна на второй год после распашки. При полосовой обработке почвы после люцерны запасы продуктивной влаги не уступали глубокой обработке.

Зависимость запасов влаги в почве (Y) от глубины обработки (X) имела среднюю и слабую степень взаимосвязи (рисунок 3). В слое 0-0,5 м отмечено наиболее сильная взаимосвязь запасов влаги в почве с глубиной обработки. Коэффициент корреляции составлял 0,450.

Несколько слабее отмечена эта взаимосвязь в слое 0,5-1 м. Коэффициент корреляции не превышал 0,358. Самая слабая взаимосвязь отмечалась в метровом слое почвы. Коэффициент корреляции составлял 0,260. Это говорит о слабой взаимосвязи этих параметров.

5 Засоренность посевов подсолнечника

Посевы подсолнечника на опытном поле были засорены различными сорными растениями. Встречались сорняки яровые малолетние ранние, яровые поздние, зимующие и многолетние корнеотпрысковые. Из ранних преобладали марь белая (*Chenopodium album*), гречишка вьюнковая (*Poligonum convolvulus*), овсюг (*Avena fatua*), дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis*). Из поздних встречались щетинник сизый (*Setaria glauca*), щетинник зеленый (*Setaria viridis*), куриное просо (*Echinochloa crus galli*), щирица обыкновенная (*Amaranthus retroflexus*). Зимующие были представлены следующими видами: латук компасный (*Lactuca campestris*), мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis*), ромашка непахучая (*Matricaria inodora*), пастушья сумка (*Capsella bursa pastoris*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense*), жабник полевой (*Filago arvensis*). К многолетним сорнякам принадлежали осот желтый (*Sonchus arvensis*), осот синий (*Mulgedium tataricum*), бодяк (*Cirsium arvense*), молочай лозный (*Euphorbia virgata*), и др. Кроме количества сорных растений по вариантам опыта различался и видовой состав (рисунок 2).

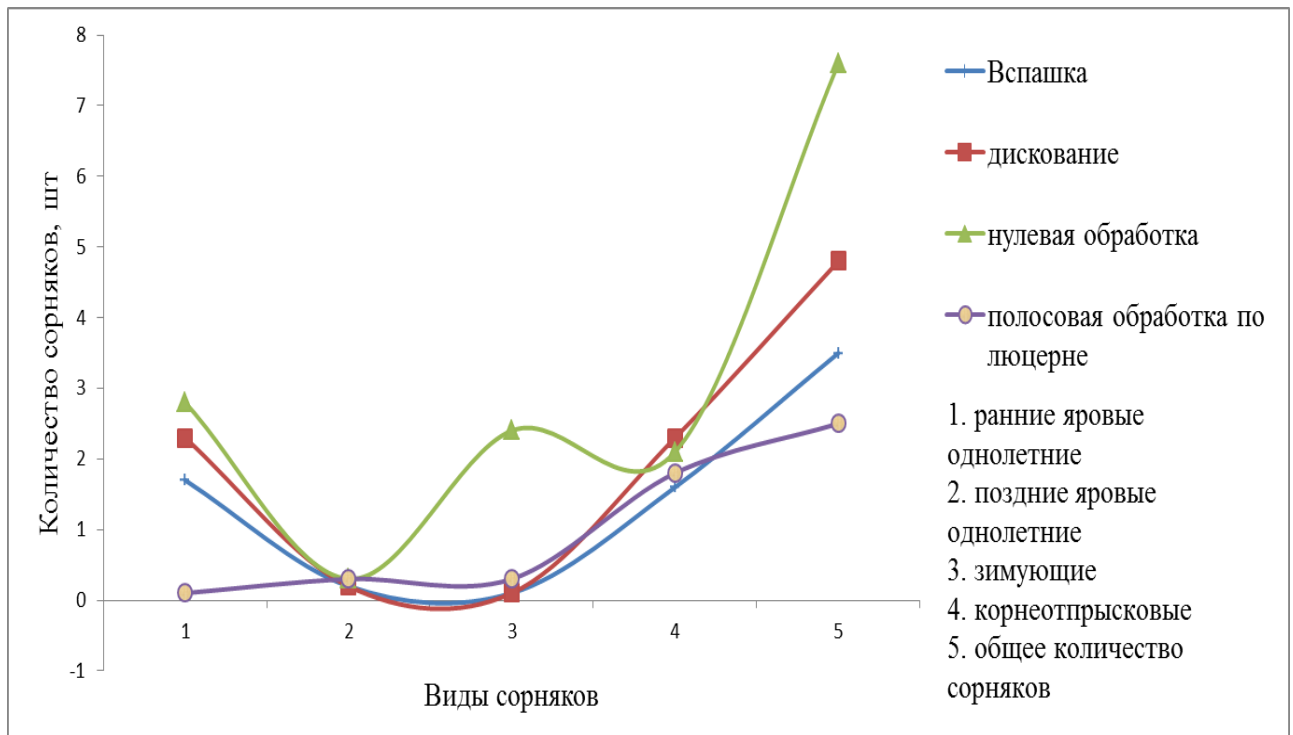


Рисунок 2 - Изменение видового состава сорняков по обработкам почвы в посевах подсолнечника

При минимальной обработке почвы и при вспашке посевы различались только количественным составом сорняков. При нулевой обработке заметно увеличилось число зимующих сорных растений.

Обработка почвы и предшественники влияли не только на численность сорных растений, но и изменяли их видовой состав. В 2013 году после ячменя на варианте с глубокой отвальной обработкой преобладали ранние яровые однолетние сорняки и многолетние корнеотпрысковые. Первые составляли 61,0% от всех сорняков, а вторые 34,1%. Яровые поздние однолетние сорные растения встречались в меньшем количестве 4,9% от общего числа сорняков (таблица 37). На этом варианте зимующие сорняки отсутствовали. Аналогичное изменение видового состава наблюдалась и при мелкой обработке после ячменя. Однолетние ранние яровые занимали 46,5%, поздние – 5,2%, а многолетние – 48,3% от общей засоренности. Зимующие сорняки отсутствовали. Такой видовой состав объясняется длительным возделыванием зерновых ранних культур предшествующих в зерновом звене севооборота (чечевица – яровая пшеница – овес – ячмень).

Следует отметить увеличение многолетних сорняков при мелкой обработке. Количество их возросло в 2 раза с 1,4 шт./м² на контроле до 2,8 шт./м². Количество ранних яровых практически не изменилось. Общая засоренность по сравнению с глубокой отвальной обработкой после ячменя увеличилась с 4,1 до 5,8 шт./м² сорняков или на 41,4%.

При нулевой обработке после ячменя в обилии появились зимующие сорняки. Удельный вес которых достигал 22,7%. Ранние яровые однолетние занимали 36,4%, а многолетние сорняки – 34,1%. Поздние яровые однолетние оставались в незначительном количестве и составляли 6,8% от общей засоренности.

По численности ранние яровые сорняки при нулевой обработке превосходили контрольный вариант на 28,0%, многолетние – более чем в 2 раза. Общая засоренность превышала контроль в 2,1 раза.

Полосовая обработка после ячменя (вариант 4) по видовому составу сорняков был идентичен нулевой обработке. Однолетние яровые ранние сорняки

занимали 35,9%, поздние яровые – 11,6%, многолетние – 34,1%. На долю зимующих приходилось 12,8% от общей засоренности. По общему количеству сорняков полосовая обработка по ячменю снизила засоренность по сравнению с нулевой обработкой на 11,4%. Это снижение наблюдалось за счет уменьшения количества зимующих и ранней яровой группы (таблица 37).

Таблица 37- Влияние приемов обработки почвы и предшественников на засоренность посевов подсолнечника в 2013 году

Приемы обработки почвы и предшественники	Группы сорных растений					Всего
	показатели	однолетние			корнеотприсыковые	
		ранние яровые	поздние яровые	зимующие		
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	шт./м ²	2,5	0,2	-	1,4	4,1
	%	61,0	4,9	-	34,1	100
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	шт./м ²	2,7	0,3	-	2,8	5,8
	%	46,5	5,2	-	48,3	100
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	шт./м ²	3,2	0,6	2,0	3,0	8,8
	%	36,4	6,8	22,7	34,1	100
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	шт./м ²	2,8	0,9	1,0	3,1	7,8
	%	35,9	11,6	12,8	39,7	100
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	шт./м ²	0,4	4,0	-	2,2	6,6
	%	6,1	60,6	-	33,3	100
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	шт./м ²	0,2	0,5	0,4	2,1	3,2
	%	6,3	15,6	12,5	65,6	100

После кукурузы при полосовой обработке в значительной мере снизилась засоренность ранними яровыми сорняками. На них приходилось 6,1% от всей засоренности. Удельный вес поздних яровых однолетних увеличился до 60,6%. Исчезли зимующие сорняки. Многолетние сохранялись на уровне 33,3% от общей засоренности. Общая засоренность подсолнечника на этом варианте снизилась по сравнению с полосовой обработкой после ячменя на 18,2%, а по сравнению с нулевой обработкой – на 33,3%. По сравнению с контролем на этом варианте засоренность оставалась выше на 60,9% или на 2,5 шт./м².

Самая низкая засоренность была при полосовой обработке по обороту пласта люцерны. В этом случае общая засоренность была ниже контроля на

28,1%, ниже полосовой обработки после кукурузы в 2 раза; ниже полосовой после ячменя в 2,5 раза; ниже нулевой обработке – в 2,7 раза.

По видовому составу на этом варианте преобладали многолетние корнеотпрысковые сорняки. Они составляли 65,6% от всех сорняков. Зимующие занимали 12,5%; поздние яровые – 15,6%; ранние яровые – 6,3%. Аналогичное изменение видового и численного состава сорняков в посевах подсолнечника отмечено и в 2014 году.

В 2014 году засоренность подсолнечника была несколько ниже из-за засушливых условий вегетационного периода. После вспашки (таблица 1) преобладали ранние яровые однолетние и многолетние сорняки. Первые составляли 44,1%, а вторые – 47,1% от общего засоренности. Зимующие сорняки отсутствовали, а на однолетние поздние сорняки приходилось всего 8,8% (таблица 38).

Таблица 38 - Влияние приемов обработки почвы и предшественников на засоренность посевов подсолнечника в 2014 году

Приемы обработки почвы и предшественники	Группы сорных растений					Всего
	показатели	однолетние			корнеотпрысковые	
		ранние яровые	поздние яровые	зимующие		
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	шт./м ²	1,5	0,3	-	1,6	3,4
	%	44,1	8,8	-	47,1	100
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	шт./м ²	2,0	0,1	-	2,0	4,1
	%	48,8	2,4	-	48,8	100
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	шт./м ²	2,2	0,2	2,1	1,8	6,3
	%	34,9	3,2	33,3	28,6	100
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	шт./м ²	2,4	0,3	1,4	1,5	5,6
	%	42,9	5,4	25,0	26,7	100
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	шт./м ²	0,2	3,3	-	1,6	5,1
	%	3,9	64,7	-	31,4	100
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	шт./м ²	0,1	0,3	-	2,0	2,4
	%	4,2	12,5	-	83,3	100

При мелкой обработке почвы после ячменя на яровые ранние однолетники и многолетние сорняки приходилось по 48,8%, на яровые поздние – 2,4%. Зимующих сорняков не было, как и в предыдущем варианте. Засоренность все-

ми сорняками при мелкой обработке увеличилась по сравнению с контролем на 20,6%. При нулевой обработке подсолнечник зарастал сорняками на 85,3% больше, чем при глубокой отвальной вспашке и на 53,6% больше, чем при мелкой обработке. На варианте с нулевой обработкой ранние яровые однолетники занимали 34,9%, поздние – 3,2%, зимующие – 33,3%, а многолетние – 28,6%. Следует отметить значительное зарастание подсолнечника на этом варианте зимующими сорняками.

При полосовой обработке после ячменя число зимующих сорняков снизилось с 2,1 до 1,4 шт./м². Они здесь составляли 25,0% от общей засоренности. На ранние однолетники приходилось 42,3%, на поздние – 5,4%, а на многолетние 26,7%. При полосовой обработке после кукурузы значительно возрос удельный вес поздних яровых однолетних сорняков. Он составил 64,7%. Удельный вес ранних яровых однолетников возрос до 31,4%. Зимующие сорняки на этом варианте отсутствовали.

Наименьшее количество сорняков было в подсолнечнике по обороту пласта люцерны. Общая засоренность составляла 2,4 шт./м² сорных растений. Это меньше, чем на контроле на 41,7%, меньше, чем при полосовой обработке по кукурузе в 2,1 раза и чем по ячменю в 2,3 раза. При нулевой обработке сорняков было в 2,6 раза больше, чем по полосовой обработке после люцерны. Видовой состав на этом варианте отличался от других. Здесь преобладали до 83,3% многолетние сорняки, 4,2% ранние яровые однолетние сорняки и 12,5% поздние яровые.

В 2014 году, как приемы обработки почвы, так и предшественники накладывали значительный отпечаток на характер засоренности подсолнечника, как по числу, так и по видовому составу сорняков.

В 2015 году из-за засушливого вегетационного периода количество сорняков, особенно однолетних заметно снизилось по сравнению с предыдущим 2014 годом. Если в 2013 году количество сорняков колебалось по вариантам в пределах 3,2-8,8 шт./м², то в 2014 году колебания составили от 2,4 до 6,3 шт./м², а в 2015 году – в пределах 2,2-7,8 шт./м².

При вспашке по ячменю в посевах подсолнечника преобладали яровые ранние однолетние и многолетние сорные растения. Первые составляли 32,3%, а вторые – 61,2% от общей засоренности (таблица 39).

Таблица 39 - Влияние приемов обработки почвы и предшественников на засоренность посевов подсолнечника в 2015 году

Приемы обработки почвы и предшественники	Группы сорных растений					Всего
	показатели	однолетние			корнеотпрысковые	
		ранние яровые	поздние яровые	зимующие		
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	шт./м ²	1,0	0,2	-	1,9	3,1
	%	32,3	6,5	-	61,2	100
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	шт./м ²	2,1	0,2	-	2,2	4,5
	%	46,7	4,4	-	48,9	100
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	шт./м ²	3,1	0,1	3,1	1,5	7,8
	%	39,7	1,3	39,7	19,3	100
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	шт./м ²	2,5	0,3	1,1	2,0	5,9
	%	42,4	5,1	18,6	33,9	100
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	шт./м ²	0,1	3,6	-	1,8	5,5
	%	1,8	65,5	-	32,7	100
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	шт./м ²	0,1	0,1	0,5	1,5	2,2
	%	4,5	4,5	22,7	68,3	100

Яровых поздних встречалось мало, всего 6,5%. Зимующая группа отсутствовала. При мелкой обработке после ячменя общая засоренность возросла по сравнению с контролем на 45,2%. Здесь также преобладали ранние яровые однолетние (32,3%) и многолетние сорняки (48,9%). Поздние яровые занимали 4,4% от общей засоренности.

После нулевой обработке отмечено существенное изменение количественного и видового состава сорных растений. Количество сорняков возросло по сравнению со вспашкой в 2,5% раза, а по сравнению с мелкой обработкой дисковой бороной – в 1,7 раза. На этом варианте значительно возрос удельный вес зимующих сорняков. Они составляли до 39,7% от общей засоренности. На долю ранних яровых однолетних приходилось 39,7%, многолетних – 19,3%, яровых поздних – 1,3%.

На варианте при полосовой технологии после ячменя характер изменения видового состава засоренности был близок к нулевой обработке. Зимующие сорняки занимали 18,6% от общей засоренности, яровые ранние однолетники 42,9%, поздние – 5,1%, многолетние – 33,9%.

При таком же приеме обработки после кукурузы общее число сорняков снизилось по сравнению с ячменем как предшественником на 7,3%, по сравнению с нулевой обработкой – на 41,8%, относительно мелкой обработки отмечено увеличение засоренности на 22,2%, а с контролем – на 77,4%.

Наименьшее число сорняков было на варианте с полосовой обработкой после оборота пласта люцерны. Оно не превышало 2,2 шт./м². Это было меньше, чем на контроле на 40,9%, меньше варианта с мелкой обработкой – в 2 раза, меньше нулевой обработки – в 3,5 раза. Отмечено снижение сорняков при полосовой обработке после люцерны в 2,7 раза по сравнению с ячменем как предшественником и в 2,5 раза после кукурузы.

После люцерны преобладали многолетние сорняки. Они занимали 68,3% от общего числа сорняков. Яровые однолетние составляли по 4,5%, а зимующие 22,7%.

Как и в предыдущие годы на число и видовой состав сорняков в посевах подсолнечника влияли обработка и предшественники.

Аналогично изменялась засоренность по вариантам опыта и в среднем за годы исследований. После глубокой отвальной обработки в посевах подсолнечника общая засоренность составляла 3,5 шт./м² сорняков. Из них 48,6% занимали ранние яровые однолетние сорняки, 5,7% поздние яровые, 45,7% многолетние корнеотпрысковые.

При мелкой обработке дисковой бороной после ячменя общая засоренность возросла по сравнению с контролем на 37,1%. Видовой состав практически не изменялся по сравнению со вспашкой. При нулевой обработке общая засоренность возросла в 2,2 раза по сравнению с контролем. На этом варианте изменился и видовой состав сорняков. Появились сорняки из зимующей группы. Удельный вес их составил 31,9%. Ранние яровые однолетники занимали

36,8%, поздние яровые – 3,9%, многолетние корнеотпрысковые – 27,7% (таблица 40).

Таблица 40 - Влияние приемов обработки почвы и предшественников на засоренность посевов подсолнечника в среднем за 2013-2015 годы

Приемы обработки почвы и предшественники	Группы сорных растений					Все го
	показатели	однолетние			корнеотпрысковые	
		ранние яровые	поздние яровые	зимующие		
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	шт./м ²	1,7	0,2	-	1,6	3,5
	%	48,6	5,7	-	45,7	100
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	шт./м ²	2,3	0,2	-	2,3	4,8
	%	47,9	4,2	-	47,9	100
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	шт./м ²	2,8	0,3	2,4	2,1	7,6
	%	36,8	3,9	31,6	27,7	100
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	шт./м ²	2,5	0,5	1,2	2,2	6,4
	%	39,1	7,8	18,7	34,4	100
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	шт./м ²	0,2	3,6	-	1,9	5,7
	%	3,5	63,2	-	33,3	100
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	шт./м ²	0,1	0,3	0,3	1,8	2,5
	%	4,0	12,0	12,0	72,0	100

$F_{ф.} = 48,15 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05}$ для общей засоренности 0,834

Многолетние сорняки $F_{ф.} = 1,127 < F_{т.} = 3,59$

$F_{ф.} = 44,387 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05}$ для однолетних сорняков 0,813

Полосовая обработка после ячменя по видовому составу сорных растений была аналогична варианту с нулевой обработкой почвы. Здесь присутствовали зимующие сорняки до 18,7% от общего числа сорных растений, ранние яровые однолетники – до 39,1%, поздние яровые – до 7,8%, многолетние сорняки – до 34,4%. Общее число сорных растений снизилось на 18,7% по сравнению с предыдущим вариантом.

Полосовая обработка после ячменя имела засоренность на 82,2% выше контроля, и на 33,3% выше варианта с мелкой обработкой. Полосовая обработка после кукурузы снизила общую засоренность по сравнению с той же обработкой по ячменю на 12,2%, по сравнению с нулевой обработкой – на 33,3%. Однако, число сорняков на этом варианте было выше, чем на контроле на 62,8% и выше, чем на варианте 2 с мелкой обработкой - на 18,7%. Исчезли зи-

мующие сорняки. Наименьшая засоренность отмечена при полосовой обработке по обороту пласта люцерны. Здесь общая засоренность не превышала 2,5 шт./м² сорняков. Это ниже, чем на такой же обработке после кукурузы в 2,3 раза, меньше, чем после ячменя – в 2,5 раза, ниже, чем после нулевой обработке – в 3 раза, чем после мелкой обработки – в 2 раза, и меньше, чем после вспашки (контроль) – на 40%. Видовой состав засоренности после люцерны насчитывал 72,0% многолетних корнеотпрысковых сорняков, 4,0% ранних яровых однолетников, 12,0% поздних яровых и 12,0% зимующих от общей засоренности. Таким образом, приемы обработки почвы влияли не только на число сорняков, но и на соотношение их по видовому составу. Наименьшая засоренность была на варианте со вспашкой и на варианте с полосовой обработкой по обороту пласта люцерны (рисунок 3).

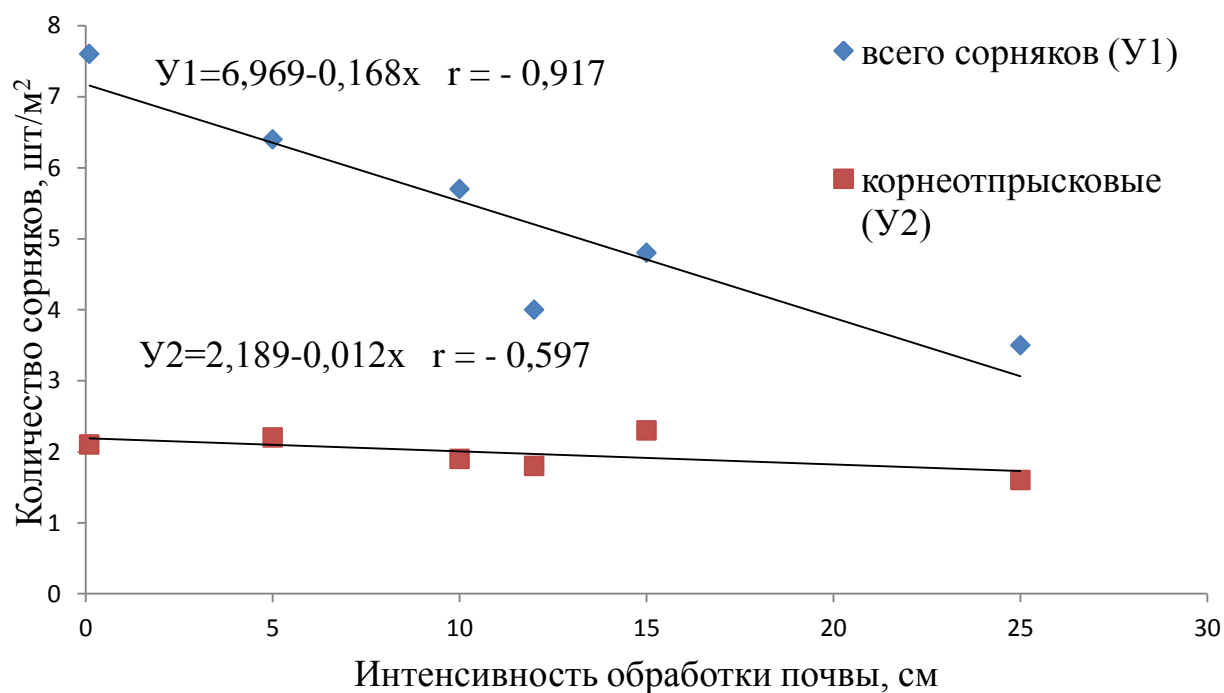


Рисунок 3 - Зависимость засоренности от глубины обработки почвы

Зависимость общего числа сорняков (Y) от глубины обработки почвы (X) выражалась уравнением вида: $Y1 = 6,969 - 0,168X$. Коэффициент корреляции составлял - 0,917. Это указывает на тесную обратную взаимосвязь засоренности от глубины обработки почвы.

6 Изменение пищевого режима подсолнечника под влиянием обработки почвы и предшественников

Как приемы обработки почвы, так и предшественники влияли на содержание питательных веществ в почве. В первую очередь заметно изменялось содержание азота в почве.

В 2013 году наибольшее содержание нитратного азота в почве было при глубокой отвальной обработке 6,0 мг/кг почвы и при полосовой обработке по обороту пласта люцерны 6,9 мг/кг почвы (таблица 41). При мелкой обработке дисковой бороной содержание нитратного азота в почве было меньше на 1,9 мг, при нулевой обработке после ячменя – на 1,8 мг на 1 кг почвы. Это объясняется различным количеством почвенных микроорганизмов по вариантам опыта. Анализы содержания численности микроорганизмов в почве показали, что общее число микроорганизмов после глубокой обработки почвы составляло 1,788 ?/г. При мелкой обработки численность их снизилась в 1,8 раза, а при нулевой обработке в 2,7 раза. Количество аммонификаторов и нитрификаторов также было больше после вспашки. Значительно меньше их было при нулевой обработке.

Таблица 41 - Изменение нитратного азота в слое 0-0,2 м в посевах подсолнечника под влияние обработки почвы и предшественников, мг/кг почвы

Прием обработки почвы и предшественники	Годы проведения опытов			В среднем
	2013	2014	2015	
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	6,0	6,8	7,4	6,7
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	4,1	4,0	7,0	5,0
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	4,2	4,1	6,2	5,1
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	4,8	5,0	6,5	5,4
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	5,1	5,3	6,9	5,8
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	6,9	7,9	8,4	7,7

F ф. = 15,981 > F т. = 3,59

НСР₀₅ 0,876

Для интенсивного развития почвенных микроорганизмов необходима хорошая аэрация почвы, что и наблюдалась при глубокой обработке почвы. Интенсивная обработка повышает микробиологическую активность почвы.

При полосовой обработке почвы после ячменя содержание нитратного азота не превышало 4,8 мг/кг, после такой же обработке после кукурузы количество его возросло на 0,3 мг, после люцерны – на 2,1 мг. Отсюда очевидно, что люцерна эффективнее улучшает азотный режим почвы, чем глубокая отвальная обработка после ячменя.

Как интенсивная обработка почвы, так и многолетние бобовые травы как предшественники увеличивают содержание азота в почве.

В 2014 году содержание нитратного азота в почве по вариантам опыта было несколько выше по сравнению с предыдущим годом. После вспашки количество нитратного азота в почве составляло 6,8 мг на 1 кг почвы. После мелкой обработке дисковой бороной количество его уменьшилось на 2,8 мг; а при нулевой обработке на 2,7 мг/кг. Снижение интенсивности обработки почвы уменьшало содержание нитратного азота в пахотной слое. Вследствие снижения аэрации и микробиологической активности верхнего слоя почвы.

При полосовой обработке после ячменя количество нитратного азота увеличилось по сравнению с мелкой и нулевой обработкой на 0,6-0,7 мг/кг. Заметное увеличение нитратного азота в почве было при полосовой обработке почвы после кукурузы и по обороту пласта люцерны. На фоне полосовой обработке после кукурузы как предшественника содержание нитратного азота по сравнению с ячменем как предшественником возросло на 0,3 мг, а по сравнению с люцерной – на 2,9 мг. В посеве подсолнечника по обороту пласта люцерны отмечено наибольшее количество нитратного азота в почве. Интенсивная обработка почвы и многолетние бобовые травы как предшественники в 2014 году улучшали азотный режим питания подсолнечника.

В 2015 году содержание нитратного азота в верхнем слое почвы 0-0,2 м. перед посевом подсолнечником было больше, чем в предыдущие два года. Наибольшее содержание нитратного азота в почве отмечено после вспашки

(вариант 1) и при полосовой обработке после оборота пласта люцерны (вариант 6).

На первом варианте нитратного азота было перед посевом подсолнечника 7,4 мг/кг почвы, а на чистом варианте – 8,4 мг/кг.

При мелкой обработке дисковой бороной азота было меньше, чем после вспашки на 0,4 мг, при нулевой обработке – на 1,2 мг/кг. Как и в предыдущие годы, интенсивная обработка почвы увеличивала содержание нитратного азота в почве.

При полосовой обработке после ячменя содержание нитратного азота было выше, чем при нулевой обработке на 0,3 мг. Аналогичные обработки после кукурузы и люцерны увеличивали количество азота в почве по сравнению с ячменем как предшественником, соответственно на 0,4 и 1,5 мг/кг.

В 2015 году, как и в предыдущие годы, содержание азота в почве зависело от предшественника. Наибольшим оно было по обороту пласта люцерны.

В среднем за три года исследований наибольшее количество нитратного азота в слое 0-0,2 м перед посевом подсолнечника отмечено после глубокой отвальной обработки после ячменя и при полосовой обработке по обороту пласта люцерны. В первом случае азота было 6,7 мг/кг, а втором – 7,7 мг/кг.

При полосовой обработке после ячменя количество нитратного азота не превышало 5,4 мг/кг. Это было больше, чем при нулевой обработке на 0,3 мг и меньше, чем при мелкой обработке на 0,4 мг/кг. Однако, количество азота на этом варианте уступало контрольному варианту со вспашкой на 1,3 мг. При полосовой обработке после ячменя нитратного азота было меньше, чем после аналогичной обработке после кукурузы на 0,4 мг и такой же обработке после люцерны – на 2,2 мг/кг почвы.

Таким образом, увеличение интенсивности обработки почвы повышали содержание нитратного азота перед посевом подсолнечника на 1,6 мг/кг, а полосовая обработка по обороту пласта люцерны по сравнению с аналогичной обработкой после ячменя – на 2,3 мг/кг. Многолетние травы как предшествен-

ник при энергосберегающей обработке создавали более благоприятный азотный режим питания, чем интенсивная обработка почвы.

Увеличение азота в почве после интенсивной обработкой объясняется более высокой микробиологической активностью почвы в верхнем слое.

В 2013 году после глубокой отвальной обработке отмечено содержание доступного фосфора не более 18,7 мг/кг почвы. При мелкой обработке количество его уменьшалось на 0,7 мг/кг, а при нулевой обработке возросло на 0,3 мг/кг. Коэффициент вариации содержания доступного фосфора по вариантам обработки почвы не превышал 2,4%. Можно считать количество фосфора одинаковым по всем приемам обработки почвы.

При полосовой обработке почвы содержание доступного фосфора несколько выросло с нулевой обработкой. После ячменя при такой обработке количество фосфора увеличилось на 0,8 мг; после кукурузы на 2,0 мг, а по обороту пласта люцерны – на 4,8 мг. Коэффициент вариации содержания доступного фосфора по предшественникам составил – 7,0%. В этом случае можно считать, что предшественники достоверно увеличивают фосфор в верхнем слое почвы, при чем кукуруза – на 0,8 мг/кг; люцерна – 3,6 мг/кг.

В 2013 году обработка почвы практически не изменяла содержание доступного фосфора в почве, а предшественники достоверно повышают его содержание.

В 2014 году отмечено некоторое снижение доступного фосфора в почве на всех вариантах по сравнению с предыдущим годом. При вспашке содержание его не превышало 17,9 мг/кг. Такое же количество фосфора наблюдалось при мелкой и при нулевой обработке почвы. Коэффициент вариации в этом случае по вариантам не превышал 1,1%. Несколько выше количество доступного фосфора в почве отмечено при полосовой обработке после кукурузы и по обороту пласта люцерны. В первом случае его было больше, чем при полосовой обработке после ячменя на 1,5 мг/кг, во втором – на 4,5 мг. Коэффициент вариации равнялся 9,2%. Можно утверждать, что содержание доступного фосфора достоверно возрастало от ячменя как предшественника к люцерне (таблица 42).

Таблица 42 - Изменение доступного фосфора в посевах подсолнечника под влияние различных приемов обработки и предшественников, мг/кг почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Годы проведения опытов			В среднем
	2013	2014	2015	
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	18,7	17,9	19,2	18,6
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	18,0	17,9	18,2	18,0
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	19,1	18,1	18,0	18,4
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	20,3	18,3	19,7	19,4
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	21,1	19,8	20,8	20,5
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	23,9	22,8	24,2	23,6

$F_{ф.} = 67,626 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05} 0,803$

В 2015 году содержание доступного фосфора по вариантам опыта с приемами обработки почвы изменялось в пределах 18,0-19,8 мг/кг. При нулевой обработке почвы доступного фосфора в этом году было на 1,0 мг меньше, чем после вспашки. Коэффициент вариации содержания фосфора по разным приемам обработки почвы составлял 2,8%.

При полосовой обработки почвы содержание фосфора колебалось в более широких пределах от 18,3 до 22,8 мг/кг. При полосовой обработке после кукурузы как предшественника фосфора было на 1,5 мг больше, чем после ячменя, а по обороту пласта люцерны – на 4,5 мг. Коэффициент вариации доступного фосфора по предшественникам равнялся 8,8%. Очевидно, что различие по вариантам опыта с предшественниками показывает на достоверное различие в содержании фосфора. Наибольшее содержание фосфора было при полосовой обработке по обороту пласта люцерны.

В среднем за ряд лет содержание доступного фосфора в почве по вариантам с различной обработкой колебались в пределах 18,0-18,6 мг/кг. Различие составляло всего 0,6 мг. Видимо, различие содержания фосфора по различным обработкам почвы практически не проявлялось.

При полосовой обработке по разным предшественникам различие было достоверным. После люцерны содержание фосфора было на 4,5 мг больше, чем после ячменя как предшественника, а после кукурузы – на 1,1 мг превышало этот вариант.

Таким образом, на содержание доступного фосфора в почве влияли только предшественники и не влияли изучаемые приемы обработки почвы.

Аналогично фосфору изменялось количество обменного калия. В 2013 году на всех вариантах опыта калия было практически одинаково. Исключение составляло количество его при полосовой обработке после люцерны. Колебание обменного калия на первых пяти вариантах составляло $302 \pm 3,1$ мг/кг. Коэффициент вариации 1,0%. Различие предыдущих вариантов с вариантом после люцерны составило 27,0 мг, то есть было достоверно больше или на 5,6% (таблица 43).

Таблица 43 - Изменение обменного калия в посевах подсолнечника под влияние различных приемов обработки почвы и предшественников, мг/кг почвы

Прием обработки почвы и предшественники	Годы проведения опытов			В среднем
	2013	2014	2015	
1.Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	297	299	295	297
2.Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	304	292	291	296
3.Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	302	295	290	295
4.Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	305	294	289	296
5.Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	301	299	297	299
6.Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	324	319	314	319

$F_{ф.} = 25,153 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05} = 5,729$

В 2014 году колебания обменного калия по первым пяти вариантам не превышало $296 \pm 2,8$ мг/кг. Коэффициент вариации не превышал 1,0%. На чистом варианте с полосовой обработкой по обороту пласта люцерны различие со средним содержанием калия равнялось 23,0 мг/кг или 7,7%. Это указывает на достоверное увеличение обменного калия после люцерны.

В 2015 году выявлено аналогичное изменение калия по вариантам опыта. После ячменя и кукурузы калия в почве было практически одинаково и колебалось в пределах $292 \pm 3,0$ мг/кг.

После люцерны при полосовой обработке калия было больше средней величины на 22 мг или на 7,5%, что можно считать математически достоверно. В среднем за исследовательский период колебания обменного калия по первым пяти вариантам не превышало $297 \pm 2,0$ мг/кг или 0,7%.

После люцерны отклонение от средней величины равнялось 21,0 мг или 7,0%, что говорит о достоверном превышении количества обменного калия других вариантов опыта.

Таким образом, содержание нитратного азота в почве зависело как от обработки почвы, так и от предшествующей культуры. Изменению доступного фосфора выявлено только по предшественникам. Обменного калия было достоверно больше только после люцерны.

7 Изменение урожайности подсолнечника под влиянием обработки почвы и предшественников

В 2013 году урожайность подсолнечника колебалась в пределах 1,76-2,48 т/га. При традиционной обработке почвы урожайность составила 2,10 т/га. Мелкая обработка почвы после ячменя снизила урожайность на 8,6 %, нулевая обработка - на 16,2%. Полосовая обработка почвы после ячменя дала урожайность подсолнечника на уровне контроля. Различие было 1,4%, то есть в пределах ошибки опыта. При посеве подсолнечника после кукурузы по полосовой технологии урожайность семян возросла на 9,3%, а на второй год после люцерны – на 16,4%. Наибольшая урожайность семян подсолнечника получена при полосовой обработке почвы после кукурузы и на второй год после люцерны (таблица 44).

Таблица 44 - Изменение урожайности маслосемян подсолнечника по различным способам обработки почвы в 2013 году

Прием обработки почвы и предшественники	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля		Отклонение от полосовой обработки почвы после ячменя	
		т/га	%	т/га	%
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	2,10	-	-	- 0,03	1,4
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,92	- 0,18	8,6	- 0,21	9,8
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,76	- 0,34	16,2	- 0,37	17,4
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	2,13	0,03	1,4	-	-
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	2,33	0,23	10,9	0,20	9,4
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	2,48	0,38	18,1	0,35	16,4

F ф. = 369,38 > F т. = 3,59

НСР₀₅ 0,041

В 2013 году при полосовой обработке почвы получена урожайность семян по одинаковому предшественнику на уровне вспашки 2,10 и 2,13 т/га семян. Полосовая технология превысила урожайность подсолнечника при мелкой обработке на 9,8%, а прямой посев (нулевую обработку) – на 17,4%.

Кукуруза как предшественник повышала урожайность подсолнечника при полосовой обработке почвы по сравнению с ячменем на 9,4%, а люцерна – на 16,4%. Наивысшую урожайность в 2013 году получили при полосовой обработке почвы после кукурузы и подсолнечника. Посевы подсолнечника при посеве после люцерны дали урожайность выше, чем при посеве по кукурузе на 11,2 %. В 2014 году урожайность маслосемян подсолнечника колебалась в пределах 0,92 – 1,46 т/га. При традиционной обработке почвы со вспашкой урожайность подсолнечника составила 1,26 т/га. Мелкая осенняя обработка (дискование) снизила урожайность на 11,9 %, а нулевая – на 27,0 % (таблица 45).

Таблица 45 - Изменение урожайности маслосемян подсолнечника по различным способам обработки почвы в 2014 году

Прием обработки почвы и предшественники	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля		Отклонение от полосовой обработке почвы после ячменя	
		т/га	%	т/га	%
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,26	-	-	- 0,05	3,8
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,11	- 0,15	11,9	- 0,19	12,6
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	0,92	- 0,34	27,0	- 0,38	29,2
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,30	0,04	3,2	-	-
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,38	0,12	9,5	0,08	6,1
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,46	0,20	15,9	0,16	12,3

$F_{ф.} = 314,879 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05} 0,033$

Полосовая обработка после ячменя дала урожайность одинаковую с вариантом с традиционной обработкой. Различие составило 3,2 %, то есть в пределах ошибки опыта.

Применение полосовой обработки после кукурузы повысило урожайность по сравнению со вспашкой на 9,5 %, на второй год после люцерны – на 15,9 %. Полосовая обработка почвы превышала другие энергосберегающие способы обработки почвы. Урожайность подсолнечника при полосовой обработке после ячменя была выше, чем при мелкой обработке на 14,6 %, и выше, чем при нулевой – на 29,2 %.

Кукуруза как предшественник подсолнечника при полосовой обработке почвы повышала урожайность семян по сравнению с посевом после ячменя на 6,1 %, а после люцерны – на 12,3 %.

Как и в 2013 году наибольшая урожайность семян подсолнечника получена при полосовой обработке почвы после кукурузы и на второй год после люцерны.

Посевы подсолнечника в 2014 году после люцерны сформировали урожайность маслосемян выше, чем после кукуруз на 5,7 %.

Урожайность семян подсолнечника в 2015 году колебалась в пределах 0,70 – 1,44 т/га. На контроле при традиционной обработке (вспашка) урожайность семян составила 1,02 т/га. При мелкой поверхностной обработке после ячменя урожайность снизилась на 14,7 %, при нулевой обработке после ячменя – на 31,4 %. Полосовая обработка и посев подсолнечника в рыхлую полосу после ячменя повысил урожайность на 7,8 %, то есть до 1,10 т/га. Большое значение в технологии возделывания подсолнечника по энергосберегающей технологии имели предшественники.

Посев по полосовой обработке после кукурузы увеличил урожайность на 34,3 %, а после люцерны с предварительным дискованием – на 41,1 %. Наибольшую урожайность семян подсолнечник дал по полосовой обработке после кукурузы и люцерны. Это можно объяснить количеством органических остатков, оставленных на поле после уборки предшественника. Если ячмень

после уборки оставлял на поле до 1-2 т. соломы, то кукуруза – до 4-5 т., а люцерна – до 5-6 т/га. После оборота пласта люцерны хорошая структура и большое количество растительных остатков благоприятно сказывались на водно-физические свойства почвы и весенние запасы влаги в почве (таблица 46).

Таблица 46 - Изменение урожайности маслосемян подсолнечника по различным способам обработки почвы в 2015 году

Прием обработки почвы и предшественники	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля		Отклонение от полосовой обработки почвы после ячменя	
		т/га	%	т/га	%
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,02	-	-	- 0,08	7,3
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	0,87	- 0,15	14,7	- 0,23	20,9
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	0,70	- 0,32	31,4	- 0,40	36,4
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,10	0,08	7,8	-	-
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,37	0,35	34,3	0,27	24,5
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,44	0,42	41,2	0,34	30,9

$F_{ф.} = 106,23 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05} 0,083$

Кукуруза как предшественник повышала урожайность маслосемян подсолнечника по сравнению с ячменем на 0,27 т/га семян или на 24,5 %. Еще больше увеличивалась урожайность семян при посеве подсолнечника на второй год после люцерны. При этом урожайность возросла по сравнению с ячменем на 0,34 т/га или 30,9 %.

При посеве подсолнечника на второй год после люцерны получена прибавка урожайности семян по сравнению с кукурузой на 0,07 т/га или 5,1 %.

После кукурузы урожайность подсолнечника превысила контроль на 15,6 %, а после люцерны на 22,6 %. Наибольшую урожайность семян подсолнечник дал при полосовой обработке почвы после кукурузы и после люцерны на второй год.

Полосовая обработка почвы после ячменя повысила урожайность подсолнечника по сравнению с другими ресурсосберегающими обработками почвы: на 13,9 % по сравнению с мелкой обработкой и на 25,1 % по сравнению с нулевой обработкой.

Посевы подсолнечника после кукурузы и люцерны на второй год по полосовой обработке почвы повысили урожайность семян по сравнению с посевами после ячменя на 11,9 % и 18,5 %. Посевы подсолнечника после люцерны на второй год превысили по урожайности посевов после кукурузы на 0,10 т/га или на 5,9 %.

В среднем за 2013-2015 годы урожайность маслосемян подсолнечника на варианте с традиционной обработкой почвы после ячменя (контроль) составила 1,46 т/га (таблица 47).

Таблица 47 - Урожайность маслосемян подсолнечника по различным способам обработки почвы в среднем за 2013-2015 годы

Прием обработки почвы и предшественники	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля		Отклонение от полосовой обработке почвы после ячменя	
		т/га	%	т/га	%
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,46	-	-	- 0,05	3,3
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,30	- 0,16	11,0	- 0,21	13,9
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,13	- 0,33	22,6	- 0,38	25,1
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,51	0,05	3,4	-	-
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,69	0,23	15,6	0,18	11,9
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,79	0,33	22,6	0,28	18,5

$F_{ф.} = 50,391 > F_{т.} = 3,59$

$НСР_{05} 0,110$

Мелкая обработка (дискование) в осенний период снизила урожайность подсолнечника по сравнению с контролем на 11,0 %, нулевая обработка - на 22,6 %. Полосовая обработка почвы после ячменя сформировала урожайность

подсолнечника 1,51 т/га, что одинаково с контрольным вариантом. Различие в 3,4 % в пределах ошибки опыта.

В условиях сухостепного Поволжья погодные условия в первую очередь оказывают влияние на величину урожайности всех сельскохозяйственных культур, в том числе и подсолнечника. Кроме температуры на урожайность подсолнечника влияет сумма осадков за вегетацию и запасы влаги в почве (рисунок 4).

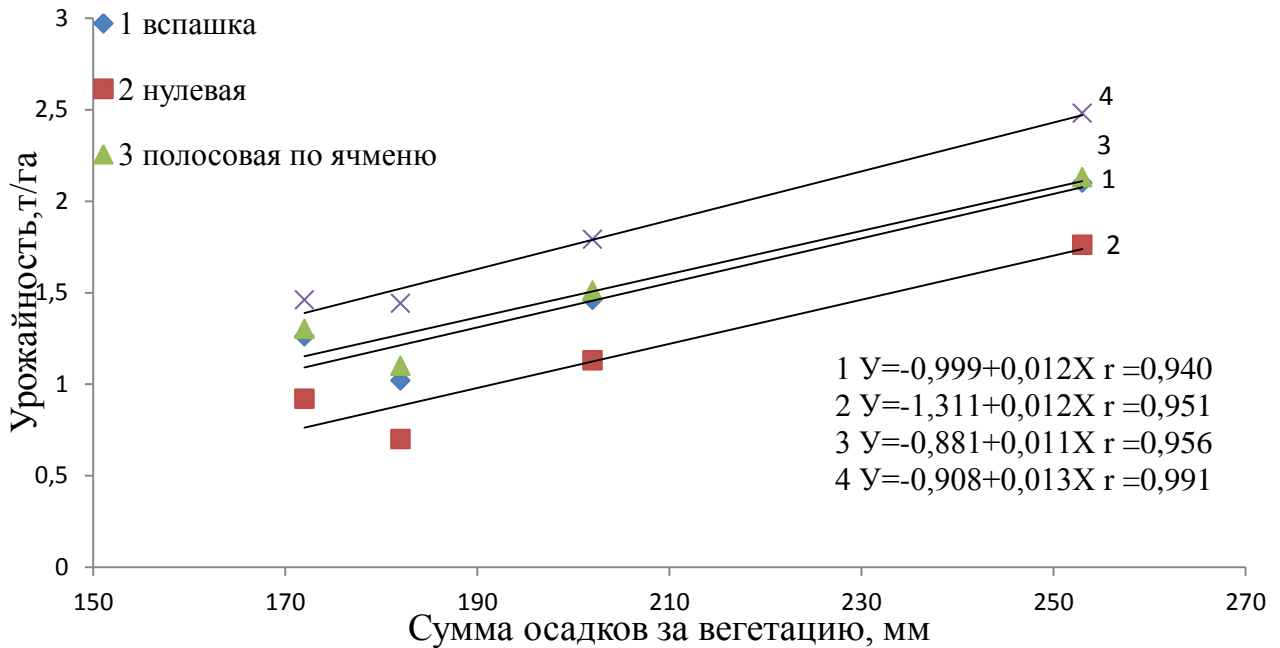


Рисунок 4 - Зависимость урожайности подсолнечника от количества осадков за вегетацию

Зависимость урожайности семян подсолнечника (Y) от суммы осадков за вегетацию (X) выражалась уравнениями вида:

для вспашки $Y_1 = -0,999 + 0,012X$;

для нулевой обработки $Y_2 = -1,311 + 0,012X$;

для полосовой обработки по ячменю $Y_3 = -0,881 + 0,011X$;

для полосовой обработке почвы после люцерны $Y_4 = -0,908 + 0,013X$.

Коэффициенты корреляции составляли соответственно 0,940; 0,951; 0,956; 0,991. Последние указывают на высокую степень взаимосвязи этих показателей.

При выпадении осадков от 170 до 250 мм за вегетацию подсолнечника при нулевой обработке почвы возможно получение урожайности семян 1,0-1,5 т/га; при вспашке и полосовой обработке после ячменя – 1,2-1,9 т/га, а при полосовой обработке после люцерны 1,5-2,5 т/га.

Отмечена тесная взаимосвязь урожайности подсолнечника (Y) с запасами влаги в почве (X). Она выражалась уравнениями вида:

$$\text{для вспашки } Y_1 = -5,162 + 0,047X;$$

$$\text{для нулевой обработки } Y_2 = -4,01 + 0,039X;$$

$$\text{для полосовой обработке по ячменю } Y_3 = -3,857 + 0,04X;$$

$$\text{для полосовой обработке после люцерны } Y_4 = 1,37 + 0,003X.$$

Коэффициент корреляции равнялся соответственно 0,893; 0,784; 0,781; 0,451. Это так же указывает на значительную роль запасов влаги в почве на формирование урожайности семян этой культуры. Наиболее отзывчив на увеличение запасов влаги в метровом слое почвы был подсолнечник после полосовой обработке по обороту пласта люцерны.

Значительное влияние на урожайность подсолнечника (Y) оказывало содержание нитратного азота в почве (X).

Уравнения взаимосвязи этих показателей по годам исследований имели вид:

$$\text{для влажного 2013 года } Y(2013) = 0,926 + 0,217X;$$

$$\text{для среднего по влажности 2014 года } Y(2014) = 0,575 + 0,110X;$$

$$\text{для засушливого 2015 года } Y(2015) = -0,824 + 0,265X.$$

Коэффициенты корреляции соответственно составляли 0,894; 0,838 и 0,864. Это указывает на высокую степень взаимосвязи данных параметров. Для получения урожайности подсолнечника 1,7-1,8 т/га семян необходимо иметь в пахотном слое не менее 7-8 мг нитратного азота на 1 кг почвы. Наиболее интенсивное использование нитратного азота из почвы наблюдалось во влажные годы.

Высокую урожайность подсолнечник (У) дает на чистых от сорняков полях. Зависимость урожайности этой культуры от количества сорняков (Х) в посевах аппроксимировалось по годам уравнениями:

$$\text{для 2013 } Y(2013)=2,637-0,087X;$$

$$\text{для 2014 } Y(2014)=1,673-0,099X;$$

$$\text{для 2015 } Y(2015)=1,532-0,098X.$$

Коэффициенты корреляции соответственно равнялись -0,810; -0,798 и -0,833. Это указывает на среднюю степень взаимосвязи рассматриваемых параметров. Наивысшую урожайность семян подсолнечник давал в наших опытах при слабой засоренности 2-3 сорняка на 1 м^2 на фоне полосовой обработки по обороту пласта люцерны во влажный 2013 год.

Наименьшая степень зависимости урожайности семян подсолнечника (У) отмечена от глубины обработки почвы (Х). Эта взаимосвязь аппроксимировалась уравнениями вида:

$$\text{для 2013 года } Y(2013)=1,999+0,011X;$$

$$\text{для 2014 года } Y(2014)=1,126+0,010X;$$

$$\text{для 2015 года } Y(2015)=0,959+0,010X.$$

Коэффициенты корреляции соответственно равнялись 0,412; 0,491 и 0,356. Невысокая взаимосвязь объясняется незначительной разницей плотности почвы по вариантам опыта, которая колебалась в весенний период в пределах $1,24-1,29 \text{ г/см}^3$.

Изменения плотности почвы в пахотном слое по вариантам опыта не превышало величины оптимального значения для подсолнечника. По уравнениям, очевидно, что увеличение глубины незначительно повышало урожайность подсолнечника. Коэффициенты корреляции так же показывают на среднюю взаимосвязь урожайности этой культуры с глубиной обработки почвы.

8 Энергетическая и экономическая эффективность обработки почвы при возделывании подсолнечника

Расчет энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур позволяет дать объективное представление об эффективности применяемых агроприемов, позволяет установить объективные затраты на внесение удобрений, пестицидов, использованию электроэнергии, топлива, мелиорантов, обработку почвы, семена, посев и уход за посевами.

Расчет этого показателя позволяет оценить увеличение содержания гумуса в почве. Энергетические эквиваленты растениеводческой продукции дают возможность определить эффективность производства зерна, зеленых кормов, силоса, сена и т.д., оценить ресурсо- и энергоемкость технологических процессов при производстве продуктов растениеводства.

Денежная оценка часто бывает некорректна, так как на нее влияют конъюнктивные цены на энергоносители, сырье, техногенные средства улучшения плодородия почвы и увеличение урожайности.

Энергетическая эффективность дает более объективную информацию. Основными показателями энергетической эффективности является полная энергоемкость процессов и отдельных агроприемов, то есть, сумма оценок и прямых затрат, отнесенных к единице производственной продукции. Кроме того используется коэффициент энергетической эффективности или отношение обменной энергии в урожае к энергозатратам, необходимым для выращивания данного урожая.

При расчетах энергетической эффективности использовались методики В. М. Володина (1999); М. М. Севернева (1991); В. В. Коринца (1992).

При возделывании подсолнечника по общепринятой технологии с применением лущения стерни, глубокой вспашки, весеннего боронования, предпосевного боронования и междурядных рыхлений на обработку почвы приходилось до 43,3% от общих затрат на возделывании подсолнечника. При мелкой

осенней обработке дисковой бороной на обработку почвы приходилось 23,2%, при полосовой обработке 6,1% (таблица 48).

Таблица 48 – Энергетическая эффективность возделывания подсолнечника по энергосберегающим обработкам почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Урожайность, т/га	Обменная энергия в урожае, Гдж/га	Энергозатраты, Гдж/га	Коэффициент энергетической эффективности	Количество энергозатрат на 1 т, Гдж
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,45	27,9	12,80	2,18	8,82
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,30	25,1	9,45	2,66	7,27
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,13	21,8	7,26	3,00	6,42
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,51	29,1	7,73	3,76	5,12
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,69	32,63	7,73	4,22	4,57
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,79	34,5	7,73	4,46	4,32

Энергозатраты на варианте с мелкой обработкой снизились на 35,4%; при нулевой обработке - на 76,3%, при полосовой обработке – на 65,6% по сравнению со вспашкой (контроль).

Количество энергозатрат на 1 т семян подсолнечника уменьшилось с 8,82 Гдж при вспашке до 7,27 Гдж при мелкой обработке, до 6,42 Гдж при нулевой и до 4,32-5,12 Гдж при полосовой обработке или на 21,3; 37,4 и 72,2%. Наименьшие затраты на 1 т семян подсолнечника были при полосовой обработке после люцерны 4,32 Гдж за счет увеличения урожайности. Коэффициент энергетической эффективности был наименьшим на контроле (вариант 1) при глубо-

кой отвальной обработке (вспашка) после ячменя. На варианте с мелкой обработкой (вариант 2) величина его повысилась на 22,0%, при нулевой обработке (вариант 3) – на 37,6%; при полосовой обработке по тому же предшественнику (вариант 4) – на 72,5%. При проведении полосовой обработке по обороту пласта люцерны (вариант 6) коэффициент энергетической эффективности возрос в 2 раза, а после кукурузы (вариант 5) – в 1,9 раза за счет увеличения урожайности семян.

Увеличение коэффициента энергетической эффективности при посеве подсолнечника по обороту пласта люцерны составило 18,6% по сравнению с посевом ячменя. Энергетическая эффективность возделывания подсолнечника по разным обработкам почвы и предшественникам подтверждается расчетами экономической эффективности.

Несмотря на снижение урожайности подсолнечника на 10,3% на варианте с мелкой обработкой и на 22,0% на варианте с нулевой обработкой по сравнению со вспашкой (контроль), экономические показатели были выше при энергосберегающих обработках.

Затраты на варианте с глубокой отвальной вспашкой были выше на 3,1 тыс. рублей на гектар или на 21,8% по сравнению с мелкой обработкой и на 5,2 тыс. рублей или 36,6% по сравнению с нулевой обработкой. При полосовой обработке по тому же предшественнику, где не обрабатывалось до 60% площади посева затраты уменьшились по сравнению со вспашкой на 3,2 тыс. рублей на гектар или 22,5%.

Чистый доход с гектара после вспашки составлял 9,2 тыс. рублей, при мелкой обработке - 9,7 тыс. рублей, при нулевой обработке – 9,1 тыс. рублей, при полосовой обработке после того же предшественника – 13,2 тыс. рублей с одного гектара. При полосовой обработке после кукурузы чистый доход был 16,03 тыс. руб.

Полосовая обработка после люцерны на второй год после распашки вследствие повышения урожайности чистый доход увеличился на 4,3 тыс. рублей с одного гектара или на 32,6%. На этом варианте чистый доход был выше,

чем на контроле на 8,4 тыс. рублей, чем на варианте с мелкой обработкой – на 7,9 тыс. рублей, чем при нулевой обработке – на 8,5 тыс. рублей или соответственно на 47,7; 44,9 и 48,3% (таблица 49).

Таблица 49 – Экономическая эффективность возделывания подсолнечника по энергосберегающим обработкам почвы

Приемы обработки почвы и предшественники	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, тыс. руб./га	Затраты, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Себестоимость 1 т семян, тыс. руб.	Уровень рентабельности, %
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,45	23,4	14,2	9,2	9,79	65
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,30	20,8	11,1	9,7	8,53	87
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,13	18,1	9,0	9,1	7,96	101
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,51	24,2	11,0	13,2	7,28	120
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,69	27,03	11,0	16,03	6,51	146
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,79	28,6	11,0	17,6	6,14	160

Самая высокая себестоимость семян была при глубокой отвальной обработке (вспашке). Она составляла 9,79 тыс. рублей одна тонна семян. Самая низкая при полосовой обработке 6,14 тыс. рублей одна тонна. Сравнительно низкая себестоимость отмечена при нулевой обработке (вариант 3) 7,96 тыс. рублей одна тонна. Это ниже, чем при вспашке (вариант 1) на 1,83 тыс. рублей или 17,7% и ниже, чем при мелкой обработке (вариант 2) на 0,57 тыс. рублей одной тонны или 6,7%.

Наибольший уровень рентабельности отмечен при полосовой обработке почвы по обороту пласта люцерны. Он равнялся 160%. При такой же обработке почвы после ячменя и кукурузы он равнялся 120 и 146%, что выше контроля на 55 и 81%, выше, чем при мелкой обработке на 33 и 59% и чем при нулевой – на 19 и 45%.

Заключение

Основная обработка существенно разрыхляла пахотный слой почвы 0-0,3 м. Наименьшая плотность почвы в осенний период была после глубокой отвальной обработки – $0,92 \text{ г/см}^3$, наибольшая на варианте с нулевой обработкой – $1,24 \text{ г/см}^3$, при полосовой обработке почвы после люцерны она составила $1,16 \text{ г/см}^3$. За осенне-зимний период наблюдалось оседание почвы и выравнивание ее плотности по вариантам опыта.

Аналогично плотности почвы изменялась ее общая пористость и пористость аэрации. Наибольшая величина этих показателей в слое 0-0,3 м в осенний период отмечена после вспашки 66,3 и 39,5%, наименьшая при нулевой обработке 53,8 и 19,8% соответственно. Капиллярная пористость была выше при нулевой и полосовой обработке, наименьшая после вспашки.

Количество агрономически ценных структурных агрегатов было больше при нулевой и полосовой обработке. Различие с глубоким отвальным рыхлением составило 5,8 и 9,7% соответственно.

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы были наибольшими после глубокой отвальной обработки – 138,2 мм. Это больше, чем при мелкой обработке – на 18,1 мм и чем при нулевой – на 7,6 мм. При полосовой обработке после люцерны она равнялась 138,2 мм.

Наименьшая засоренность была на варианте со вспашкой и на варианте с полосовой обработкой по обороту пласта люцерны – 3,5 и 2,5 шт./м² соответственно. Наибольшая засоренность была на нулевой обработке – 7,6 шт./м², остальные варианты укладывались в интервал 4,8-6,4 шт./м².

Содержание нитратного азота в почве было наибольшим после полосовой обработки почвы по обороту пласта люцерны на второй год после распашки – 7,7 мг/кг почвы и наименьшим при мелкой обработке – 5,0 мг/кг почвы. Полосовые посевы после ячменя и кукурузы, и глубокая отвальная обработка после ячменя занимали среднее положение.

Содержание доступного фосфора и обменного калия мало различалось по вариантам с различными обработками почвы, но заметно увеличилось после люцерны. Если после ячменя содержание доступного фосфора составляло 19,4 мг/кг почвы, а обменного калия 296 мг/кг почвы, то после люцерны оно равнялось соответственно 23,6 и 319 мг/кг почвы.

Наибольшую урожайность подсолнечник сформировал после полосовой обработке почвы после люцерны – 1,79 т/га, наименьшую – при мелкой и нулевой обработке – 1,30 и 1,13 т/га соответственно. Урожайность маслосемян подсолнечника при полосовой обработке почвы после кукурузы мало отличалась от урожайности после вспашки по ячменю.

Наибольший коэффициент энергетической эффективности был при нулевой и полосовых обработках – 3,0 и 3,76-4,46 соответственно. Самый высокий показатель отмечен при полосовой обработке после люцерны – 4,46, а самый низкий на варианте со вспашкой – 2,18.

Наибольшие денежные затраты были при возделывании подсолнечника на варианте с глубокой отвальной обработкой, самые низкие – при нулевой и полосовых обработках почвы. Уровень рентабельности после полосовой обработке по ячменю и кукурузе составил 120 и 146%, а по обороту пласта люцерны 160%. Это выше, чем после вспашки в 1,8-2,5 раза.

Предложение производству

В засушливых условиях степного Поволжья для получения урожайности подсолнечника 1,5 т/га с низкой себестоимостью и сохранением плодородия чернозема южного рекомендуется в качестве основной подготовки почвы использовать полосовую обработку в сочетании с применением гербицидов Раундап (4 л/га в осенний период) и Форвард (0,7 л/га в послевсходовый период листообразования), а также припосевным внесением азотных удобрений в дозе 40 кг. д.в./га. Наилучшую адаптацию растений подсолнечника к полосовой об-

работке обеспечивает использование в качестве предшественников высокосредообразующих культур – кукурузы или люцерны.

Список используемой литературы

1. Абашев В. Д. Земледеёлие на осушаемых почвах Северо-Востока. Киров : НИИСХ Северо - Востока, 2001. 220 с.
2. Абашев В. Д., Мальцев Б. П. Совершенствование систем земледелия в хозяйствах Кировской области. // Вестник РАСХН. 2002. № 5. С. 36– 38.
3. Абрикосов, Х. Н. и др. Подсолнечник Словарь-справочник пчеловода/ Х. Н. Абрикосов и др. Сост. Федосов Н. Ф.. — М.: Сельхозгиз, 1955. — С. 272.
4. Агафонов, Е. В. Удобрение подсолнечника на мицеллярно-карбонатном черноземе Ростовской области / Е. В. Агафонов, Л. Н. Агафонова, Г. Е. Мажуга // Агрехимия. – 1998. – № 7.– С. 56-63.
5. Акинчин, А.В. Накопление корневой массы гороха в зависимости от способа основной обработки почвы и удобрений / А.В. Акинчин// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. - № 7. – С.55-56.
6. Аллен, Х.П. Прямой посев и минимальная обработка почвы / Х.П. Аллен. – М.: Агропромиздат, 1985. –208 с
7. Алпатьев, А.М. Влагооборот культурных растений / А.М. Алпатьев – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 248 с.
8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина // Издательство: МГУ, 1970 г. С. 57-128
9. Артемова, Е.И. Экономическая эффективность инновационной (ресурсосберегающей) технологии при производстве гибридов подсолнечника в промышленном семеноводстве/ Е.И. Артемова, К.Н. Плачинда // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2013. № 2. С. 144.

10. Артюхов И. К. Локальное внесение минеральных удобрений под зерновые культуры и подсолнечник / И. К. Артюхов, И. Ф. Буряк // Бюл. ВИУА. – 1974. – № 18. – С. 105-108.
11. Бакиров, Ф.Г.. Эффективность технологии no-till на чернозёмах южных оренбургского Предуралья/ Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1. С. 23-26.
12. Белевцев, Д.Н. Применение удобрений под подсолнечник в зоне неустойчивого увлажнения / Д.Н. Белевцев // Основная обработка почвы и удобрения под масличные культуры. – Краснодар, 1977. –С. 81–91.
13. Борисова, М. И. Лекарственные свойства сельскохозяйственных растений / Под ред. М. И. Борисова. — Минск: Ураджай, 1974. — С. 174. — 336 с.
14. Боровкова, А.С. Опыт Германии/ А.С. Боровкова// Ресурсосберегающее земледелие. - №3. – 2011. – С. 22-23
15. Бочковой, А.Д. Гибридный подсолнечник/ А.Д. Бочковой // История научных исследований во ВНИИМКе за 90 лет. – Краснодар, 2002. – С.15–32.
16. Бражник, В. П. Научное обеспечение возделывания масличных культур в рыночных условиях / В. П. Бражник // Рынок масличных культур в России сегодня и завтра: материалы семинара, г. Краснодар, 14–15 марта 2000 г. – М.: ЭкоНива, 2000. – С. 124–130.
17. Бурмистров, А. Н. Медоносные растения и их пыльца: Справочник/ А. Н. Бурмистров, В. А. Никитина// — М.: Росагропромиздат, 1990. — С. 139. — 192 с. — ISBN 5-260-00145-1.
18. Буров, Д. И. Научные основы обработки почв Заволжья / Д.И. Буров. - Куйбышев: Кн. изд-во, 1970. - 294 с
19. Бушов, В.А. Особенности применения ресурсосберегающих технологий при производстве подсолнечника в условиях рискованного земле-

- деляя/ В.А. Бушов, И.И. Хамзин, Н. А. Бухарова// Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. 2012. Т. 3. С. 40-45.
20. Вадюнина, А.Ф. Агрофизическая и мелиоративная характеристика каштановых почв юго-востока Европейской части СССР/ А.Ф. Вадюнина//М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970.
21. Васильев, Д.С. Подсолнечник/ Д. С. Васильев// – М. Агропромиздат, 1990 – 174 с.
22. Васин, В. Г. Пути совершенствования кормопроизводства в Самарской области / В.Г. Васин, Н.Н. Ельчанинова, А.В. Васин, С.Н. Зудилин // Известия Самарской ГСХА. – Самара, 2006. – С. 3#7.
23. Ватолин, Д. О меде и не только о нём/ Д. Ватолин // Наука и жизнь: журнал. — 2008. — № 11. — С. 124.
24. Вильямс, В. Р. Собрание сочинений в 12 т. / В. Р. Вильямс.// - М. : Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы. Т. 8 : Почвоведение и агрономия (отдельные работы). - 1951. - 368 с.
25. Володин, В. М. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе/ В. М. Володин, Р. Ф. Еремина, А. Е. Федорченко, А. А. Ермакова, Курск, из-во ЮМЭКС. – 1999. – 48 с.
26. Вольтерс, И. А. Запас продуктивной влаги в различных звеньях севооборота в основные фазы развития подсолнечника и его урожайность в условиях колхоза им. Ворошилова Труновского / И. А. Вольтерс, Л. В. Трубачева, О. И. Власова, А. И. Тивиков // Вестник АПК Ставрополья, 2013. № 2 . С. 23–26.
27. Воробьев С. А. Севообороты интенсивного земледелия. М. : Колос, 1979. 368 с.
28. Гаврилов А. М. Повышение продуктивности промежуточных культур. М. : Россельхозиздат, 1985. 190 с.

29. Гиляров, М. С. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров; редкол.: А. А. Баев и др. — 2-е изд., испр. — М.: Сов. энциклопедия, 1989.
30. ГНУ ВНИИМК /Методические рекомендации. Адаптивные технологии возделывания масличных культур: ГНУ ВНИИМК Россельхозакадемии. – Краснодар, 2011 – 182 с
31. 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. 35–39.
32. Гридасов, И.И. Технологические и экономические преимущества минимальной обработки почвы / И.И. Гридасов // Земледелие. –1997. – № 1. – С. 6-7
33. Громов, А.А. Влияние основной обработки почвы и предшественников на урожайность подсолнечника/ А.А. Громов, И.Я. Давлятов//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. Т. 2. № 10-1. С. 106-107.
34. Губанов, Я.В. Влияние различных способов основной обработки почвы на урожайность зерна кукурузы в повторных посевах/ Я.В. Губанов// Кубан. ГАУ. 1991;320:66-70
35. Губарева, Н. С. Минимализация обработки почвы под подсолнечник / Н. С. Губарева// Технические культуры. 1991. № 5. С. 17–18.
36. Давыдова, А.А. Водный и температурный режимы чернозема выщелоченного при различных способах основной обработки почвы / А.А. Давыдова, В.И. Сухарев// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – Т. 5. – № 5. – С. 48–50.
37. Данилов Г. Г. Система обработки почв / М. : Россельхозиздат, 1982. 270 с

38. Деменюк, Н.А. Влияние агроприёмов зяблевой обработки на структуру и сложение чернозёмной почвы / Н.А. Деменюк, А.Л. Рабочев// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (39). С. 38 – 40.
39. Денисов, Е.П. Нетрадиционные многолетние культуры в качестве фитомелиорантов / Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, К.Е. Денисов//Нива Поволжья. 2008. № 2. С. 14-18.
40. Денисов, Е.П. Агрофизические процессы формирования запасов продуктивной влаги в почве/ Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, А. С. Линьков, Ф. П. Четвериков//Аграрный научный журнал. 2014. № 8. С. 10-15.
41. Денисов, Е.П. Влияние многолетних трав на плодородие каштановых почв Заволжья// Е. П. Денисов, А.П. Солодовников, М.Н. Панасов, Ю.А. Калинин, К.Е. Денисов, Б.З. Шагиев, И.Ф. Капцов//Нива Поволжья. 2008. № 1. С. 4-8.
42. Денисов, Е.П. и др. Рекомендации по воспроизводству плодородия чернозёмов саратовской области приемами фитомелиорации/ Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Д. А. Уполовников, К.Е. Денисов, А.В. Летучий, А.С. Линьков, Б.З. Шагиев //Саратов, 2012.
43. Денисов, Е.П. Многолетние травы как предшественники и фитомелиоранты зерновых культур/Е. П. Денисов, А.П. Солодовников, Н.П. Молчанова, Д.Г. Шестеркин, Р.З. Тугушев//Аграрный научный журнал. 2013. № 11. С. 23-27.
44. Денисов, Е.П. Повышение эффективности и устойчивости земледелия в производстве растениеводческой продукции / Е.П. Денисов//. – Саратов, 2008. – 97 с.
45. Денисов, Е.П. Рекомендации по адаптации технологии прямого посева в саратовской области/ Е.П. Денисов, В.Б. Нарушев, А. П. Солодовников, Д. А. Уполовников, Ф. П. Четвериков, К. Е. Денисов, А. В. Летучий, А С. Линьков, Б. З. Шагиев//Саратов, 2012.

46. 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. 21-2
47. Денисов, Е.П. Эффективность энергосберегающих обработок почвы при возделывании овса и подсолнечника на черноземе южном в Поволжье/ Е. П. Денисов, Ф.П. Четвериков, Е.В. Решетов, Н.П. Молчанова//Аграрный научный журнал. 2014. № 3. С. 19-24.
48. Долгов, Е. А. Через два-три года вероятен взрывной интерес к этой технологии/Е. Долгов// Аграрный консультант. - №1. – 2011. –С.35-40
49. Должиков, В.В. Совершенствование процесса подачи семян пропашных культур пневмовакуумным аппаратом: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / В.В. Должиков. – зерноград, 2013. – 228 с.
50. Дорожко, Г. Р. Путь к прямому посеву/Г. Р. Дорожко// Аграрный консультант. - №1. – 2011. –С.24-27
51. Дорожко, Г.Р. Влияние приемов основной обработки почвы на динамику продуктивной влаги чернозема южного/ Г. Р. Дорожко, Д.Ю. Бородин // Научный журнал КубГАУ, 2012. – № 78 (04). – С. 1–11
52. Доспехов, Б.А., Практикум по земледелию/ Васильев И.П., Туликов А.М. //Учебное пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 383 с.
53. Дояренко, А. Г. Агрофизические методы лабораторного изучения вопросов полеводства/ А. Г. Дояренко //— Науч.-агроном. журн., 1924, № 2.
54. Дробилко, А.Д. Эффективные приемы возделывания подсолнечника при орошении в ростовской области/ А.Д. Дробилко, Ю.А. Дробилко, П.Д. Шевченко //Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2009. № 1. С. 54-57.

55. Дружкин, А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин. – Саратов, 2013. – 263 с.
56. Енкина, О.В. Удобрение подсолнечника / О.В. Енкина, Б.К. Игнатьев, Н.Т. Агаркова // Подсолнечник: под общ. ред. В.С. Пустовойта. – М.: Колос, 1975 – С. 287-309.
57. Епифанов, В.С. Ресурсосберегающая технология возделывания зерновых культур в Среднем Поволжье/ В.С. Епифанов// Зерновое хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 25–28.
58. Ермоленко, В.П. Научные основы земледелия Дона./ В.П. Ермоленко// М.: ИК Родник, 1999. 176 с.
59. Есаулко, А. Н. Оптимизация условий формирования урожайности подсолнечника на выщелоченном чернозёме/ А. Н. Есаулко //дис. ... канд. сельскохозяйственных наук : 06.01.09. Ставрополь, 1997. 220 с
60. Жидков, В. М. Приемы повышения урожайности подсолнечника на черноземах Волгоградской области/ В. М. Жидков // Проблемы агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы АПК», посвященной 60-летию Победы под Сталинградом «Агрономия, зоотехния» / ВГСХА. — Волгоград, 2003. — С. 59—60.
61. Заикин В. П. Научные основы совершенствования специализированных полевых севооборотов на серых лесных почвах Волго-Вятского региона Нечерноземной зоны РСФСР / В. П. Заикин. Автореф. дисс. на соиск. ученой степени док. с.-х. наук. Москва, 1991. 32 с.
62. Заикин В. П. Полевые севообороты. Горький : Волго-Вятское кн. изд., 1984. 80 с.
63. Заикин В. П. Полевые севообороты. Горький : Волго-Вятское кн. изд., 1984. 80 с.
64. Заикин В. П., Шаблыкин А. Г. Влияние системы основной обработки и предшественника на плотность светло-серых лесных почв и урожайность сельскохозяйственных культур // Агрофизические свойства

- почв и их регулирование в условиях интенсивного земледелия. Межвуз. сб. науч. тр. Саранск, 1989. С. 129–135.
65. 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.
66. Игнатъев, Б.К. Удобрение масличных культур / Б.К. Игнатъев // Агротехника масличных культур. – Краснодар, 1968 – С. 298-305.
67. Йорг Шульце Векст No-till и strip-till в Германии/ Йорг Шульце Векст// Ресурсосберегающее земледелие. - №4. – 2011. – С.16-20
68. Кабанов, П. Г. Почвенно-климатические особенности Поволжья/ П. Г. Кабанов// Сб. Система ведения хозяйств Поволжья – Саратов, 1969 – с 34-53.
69. Кагермазова, А.Ч. Продуктивность и качество семян сортов и гибридов подсолнечника в зависимости от технологии возделывания в предгорной зоне Кабардино-Балкарии: автореферат диссертации кандидата с.-х. наук: 06.01.09 / А. Ч. Кагермазова. – Нальчик, 2004. – 22 с.
70. Казаков, Г. И. Земледелие в среднем Поволжье/ Г.И. Казаков, Р.В. Авраменко, А. А. Марксовский; Под ред. Г. И. Казакова. – М.: Колос, 2008. – 308 с.
71. Казаков, Г. И. Обработка почвы в условиях Среднего Заволжья/ Г. И. Казаков, Е. Л. Косолапова// Земледелие. – 1979 - №3 – с 37-38.
72. Карлос Кроветто Прямой посев (No-till)/Карлос Кроветто//. – Самара, 2010. – 206 с
73. Карпова, Л. В. Оценка сортов и гибридов подсолнечника на скороспелость и продуктивность в условиях Среднего Поволжья/ Л. В. Карпова // Нива Поволжья. 2008. № 3. С. 22–27.
74. Касмынин, Г.Г. Влияние способов и приемов обработки почвы на её плотность и водопрочность, а также урожайность подсолнечника в

- условиях зоны неустойчивого увлажнения ставропольского края/ Г.Г. Касмынин //Young Science. 2014. № 1. С. 25-27.
75. Квашин, А.А. Влияние системы обработки почвы и органических удобрений на отдельные элементы плодородия пахотного слоя и продуктивности севооборота на обыкновенном чернозёме Западного Предкавказья/ А.А. Квашин, С.В. Гаркуша// Научные основы совершенствования системы земледелия в различных агроландшафтах Краснодарского края: труды КубГАУ. Вып. 425 (453). Краснодар, 2005. С. 191 – 192
76. Кирюшин, Б. Д. Методика научной агрономии : [Учеб. пособие для агроном. специальностей]/ Б. Д. Кирюшин// - Москва : [б. и.]. Ч. 1 : Введение в опытное дело и статистическую оценку. - 2004. - 167 с. : ил. - Библиогр.: с. 156-157.
77. Кирюшин, Б. Д. Методика научной агрономии: [Учеб. пособие для агроном. специальностей] / Б. Д. Кирюшин// - Москва : РГАУ-МСХА. Ч. 2 : Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. - 2005. - 200 с
78. Кирюшин, Б.Д. Основы научных исследований в агрономии/ Б.Д. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев // – М.: КолосС, 2009. – 398 с.
79. Кислов, А. В. Приемы основной обработки почвы под подсолнечник на зерно в условиях Южного Урала/ А. В. Кислов, М. В. Черных // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. Т. 2, № 14-1. С. 24–26.
80. Ковтун, И. И. Оптимизация условий возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии/ И. И. Ковтун, Н. и. Гойса, Б.А. Митрофанов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. -208 с.
81. Колосков, П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование / П.И. Колосков. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 328 с

82. Коноплин, М.А., Водный режим почвы и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в зернопаровом и зерновом с занятым паром севооборотах при различных системах обработки почвы/ М.А. Коноплин, В.В. Рзаева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2008. – № 4. – С.11–19.
83. Коржов, С. И. Изменение физических свойств чернозема выщелоченного при сельскохозяйственном использовании/ С. И. Коржов, Т. А. Трофимова, А. С. Черников // Вестник РАСХН. – 2009. – № 3. – С. 34-37.
84. Коринец, В. В. Системно-энергетический подход к изучению агроценозов и оценке производства продукции растениеводства : автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук : 06.01.09.- Санкт-Петербург, 1992.- 39 с.: ил.
85. Краснощеков, Н. В. Машинно-технологическая модернизация села – системообразующий ресурс его развития/ Н. В. Краснощеков// – [Электронный ресурс]. 2010 г. – Режим доступа: <http://agroobzor//ex/a/html>.
86. Кувика, З.С. Удобрения подсолнечника / З.С. Кувика // Подсолнечник. –Краснодар, 1940. –С. 199-224.
87. Кузина, Е. В. Минимальная обработка почвы в зернопаровом севообороте с короткой ротацией/ Е. В. Кузина//Современные системы земледелия: опыт, проблемы, перспективы: материалы международной науч.-практ. конф. – Ульяновск: Ульяновская ГСХА,2011. – С. 139-147.
88. Кузнецов А. И., Семенов Ю. Г. Применение соломы и пожнивных посевов зернобобовых культур в качестве сидератов при возделывании яровой пшеницы и картофеля // Материалы меж- риг. науч.-практ. конф. Чебоксары. ЧГСХА, 2000. С. 106–108.
89. Кузнецова, Л.Н. Целлюлозоразрушающая способность микроорганизмов при «нулевой» технологии / Л.Н. Кузнецова //Вестник Кур-

- ской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. - № 7. – С. 49-51
90. 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 берегающего земледелия на современном этапе: сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008. – С. 111-115.
91. Лебедь, Е. М. Продуктивность подсолнечника в зависимости от предшественников / Е. М. Лебедь, Л. Подгорная, Л. Г. Крамарев // Земледелие. 1997. № 6. С. 25–26.
92. Лисина А. Ю. Влияние сидерации на плодородие светло-серых лесных почв и урожайность озимых зерновых в Волго-Вятском регионе: Авто- реф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / А. Ю. Лисина. Немчиновка., 2007. 20 с.
93. Лисина А. Ю., Маслаков А. Н., Гришина Т. В. Глубина заделки в почву клевера на сидерацию и урожайность озимой и яровой пшеницы / // Биологические и экологические проблемы земледелия Поволжья. Материалы Всероссийской научно-практ. конф. Чебоксары: ООО «Полиграфъ», 2010. С. 156–159.
94. Листопадов И. Н., Ермоленко В. П. Зональные системы земледелия и почвозащитная обработка. // Обработка почвы в интенсивном почвозащитном земледелии. НПО. «Дон», 1986. С. 3–10.
95. Лобачева, Е.Н. Продуктивность полевых севооборотов зерновой специализации в зависимости от их биологизации и минимализации основной обработки на светло-каштановых почвах Волгоградского Право- бережья/ Е.Н. Лобачева// автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.01. — Волгоград, 2007. — 24 с.
96. Лошаков В. Г. Севооборот как агроэкологическая основа систем земледелия // Научные основы систем земледелия и их совершенствование. Н. Новгород, 2007. С. 10–14.

97. Лукашев, А. И. Исследование локального способа внесения основного удобрения под подсолнечник / А. И. Лукашев, Н. М. Тишков, Н. Н. Прядко // Бюл. ВИУА. – 1980. – № 55. – С. 17-22.
98. Лукашев, А. И. Повышение эффективности применения минеральных удобрений под подсолнечник / А. И. Лукашев, В. П. Суетов, Н. М. Тишков, Н. Н. Прядко// Селекция, семеноводство и технология возделывания технических культур. М., 1980. С. 202-207.
99. Лукашев, А.И. Результаты исследований по применению удобрений под подсолнечник / А.И. Лукашев // Агротехника и химизация масличных культур. – Краснодар, 1983. – С. 34-41.
100. Лукашев, А.И. Удобрение подсолнечника / А.И. Лукашев, О.В. Енкина, Н.М. Тишков // Биология, селекция и возделывания подсолнечника. – М.: Агротехиздат, 1992. – С. 172-180
101. Лукомец, В. М. Перспективная ресурсосберегающая технология производства подсолнечника: метод. рекоменд. / В. М. Лукомец, Н. И. Бочкарев, Н. М. Тишков. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 56 с.
102. Лукомец, В.М. Адаптивные технологии возделывания масличных культур в южном регионе России / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев, Н.М. Тишков [и др.]. Краснодар, 2010. – 160 с.
103. Лукомец, В.М. и др. Защита подсолнечника/ В.М. Лукомец // Защита и карантин растений. Библиотечка по защите растений. М., 2008, №2, 32 с.
104. Лукомец, В.М. Интегрированная защита подсолнечника/ В.М. Лукомец, В.Т. Пивень, Н.М. Тишков// Защита и карантин растений – №2 – 2011, С. 50–56.
105. Лукомец, В.М. Перспективная и ресурсосберегающая технология производства подсолнечника/ В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев, Н.М. Тишков, А.С. Бушнев и др.//Методические рекомендации. М., ФГНУ «Росинформагротех» 2008, 55 с.

106. Лукомец, В.М., Технология возделывания подсолнечника/ В.М. Лукомец, В. М. Пенчуков, Н.И. Зайцев//Вестник АПК Ставрополя. 2015. № S2. С. 85-87.
107. Лухменёв, В.П. Влияние удобрений, фунгицидов и регуляторов роста на продуктивность подсолнечника/В.П. Лухменёв// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (51). С. 41-46.
108. Лухменев, В.П. Подсолнечник на Южном Урале/ В.П. Лухменев //Оренбург: Изд. центр ОГАУ, 2004. 80 с.
109. Лухменёв, В.П. Стрессоустойчивая защита подсолнечника от биотических и абиотических факторов внешней среды/ В.П. Лухменёв// Система высокоурожайного земледелия и биотехнология как основа инновационной модернизации АПК в условиях климатических изменений: матер. Междунар. науч.-практич. конф. 16–17 марта 2011 г., г. Уфа. Уфа: НВП «БашИнком», Башкирский ГАУ, 2011. С. 85–95.
110. Лухменев, В.П., Подсолнечник на Южном Урале/ В.П. Лухменев, Н.В. Лухменев// Известия ОГАУ. 2005. №3(7). С. 123–126.
111. Лыков, А.М. Методологические основы теории обработки почвы в интенсивном земледелии / А.М. Лыков, И.П. Макаров, А.Я. Рассадин // Земледелие. – 1982. – № 6. – С. 14-17
112. Макаров, В. И. Приемы обработки почвы под яровой ячмень / В. И. Макаров В. В. Глушков // Земледелие. – 2010. – № 6. – С. 19-21.
113. Макаров, И.П. Эффективность приемов минимализации обработки почв / И.П. Макаров // Актуальные проблемы земледелия. – М.: Колос, 1984. – С. 85-89.
114. Малышева Ю. А. Динамика органического вещества светло-серой лесной почвы под влиянием сидератов и приемов обработки: Автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Ю. А. Малышева. Киров, 2009. 21 с.

115. Медведев, Г. А. Энергетическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Методические указания/ Г. А. Медведев, А. Ф. Иванов, В. М. Иванов. – Волгоград, ВГСХА. – Волгоград. – 1994. – 24 с.
116. Меллер, К. Опыт Германии/К. Меллер// Ресурсосберегающее земледелие. - №2. – 2011. – С. 13-16
117. Методические рекомендации. Адаптивные технологии выращивания масличных культур в Южном регионе России: ГНУ ВНИИМК Россельхозакадемии. – Краснодар, 2010 – С. 22–23.
118. Милованова, З. Г. Эффективность гербицидов по подсолнечнику./ З. Г. Милованова [Текст]// Защита и карантин растений, 2006. — №3. — 30 с.
119. Митрофанов, Ю. И. Ресурсосберегающая обработка почвы под озимую рожь на осушенных землях / Ю. И. Митрофанов // Земледелие. – 2010. – № 5. – С. 15-17.
120. Михайличенко, Б.П. и др. Концепция развития кормопроизводства в Российской Федерации/ Б.П. Михайличенко и др.// – Москва, 1999. – 69 с
121. Мичурин, Б.Н. Основы агрофизики/Б.Н. Мичурин, П.В. Вершинин, Н.К. Мельникова// Под ред. Иоффе А.Ф. М. Физматгиз, 1959г. 604-605 с
122. Москвичев, А.Ю. Влияние обработок почвы на водный режим и продуктивность зерновой кукурузы в условиях южных черноземов нижнего Поволжья/ А. Ю. Москвичев, Г.В. Казаков, С.В. Еремин, А.И. Дубровин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2011. – № 2 (22). – С. 1–6.
123. Мосолов, И.В. Физиологические основы применения минеральных удобрений/И.В. Мосолов// - Изд. 2- е., перераб. и доп. - М. : Колос, 1979. - 255 с

124. Назарько, А.Н. Влияние способов применения минеральных удобрений на показатели структуры урожая сортов и гибридов подсолнечника/А.Н. Назарько // Масличные культуры: Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2011. – № 1. – С. 85–89.
125. Небавский, В.А. Опыт внедрения нулевой технологии обработки почвы/В.А. Небавский // – Краснодар, 2003. – 134 с.
126. Немченко, В.В. Использование разноплановых гербицидов в ресурсосберегающем земледелии/В.В. Немченко, А. И. Цыпышев, А.М. Заргарян//Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 3. С. 11-15.
127. Нестерова, Л.Б. Влияние агротехнических приёмов обработки почвы на физические свойства почв и мобилизацию подвижных форм азота в условиях Алтайского Приобья/Л.Б. Нестерова, А.Е. Кудрявцев, Н.Ф. Кудрявцева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 6 (56). С. 13 – 17.
128. Никитчин, Д.И. Подсолнечник. Биохимия, селекция, возделывание/Д.И. Никитчин // – Пологи, Украина, 2002. – 116 с.
129. Николаев, Е.В. Пшеница в Крыму / Е.В. Николаев, А.М. Изотов – Симферополь: СОНАТ, 2001. – 288 с.
130. Николаев, Е.В. Технология выращивания сильной озимой пшеницы / Е.В. Николаев - Симферополь: Таврия, 1986. – 96 с.
131. Новиков, В.М. Формирование продуктивной влаги и водопотребление зернобобовыми и крупяными культурами под действием способов основной обработки почвы и удобрений/ В.М. Новиков// Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 1 (9). – С. 84–91.
132. Носов, Г.И. Современные ресурсосберегающие технологии – важный фактор устойчивого роста АПК / Г.И. Носов, И.В. Крюков // Земледелие. – 2005. – №5. – С.14-16
133. Орлов, В.В. Strip-till: опыт Самарской области/В.В. Орлов, Н.В. Рухлевич// Ресурсосберегающее земледелие. - №3 – 2011. – С. 18-19

134. Орлова, Л. В. Организационно-экономические основы и эффективность сберегающего земледелия / Л. В. Орлова. – Самара: ООО «Элайт», 2009. – 204 с.
135. Орлова, Л. В. Сельское хозяйство в Австралии/Л.В. Орлова// Ресурсосберегающее земледелие. - №4. – 2011. – С. 7-15
136. Пелльетье, Т. Чтобы принять No-till, надо быть открытым для перемен/Т.Пелльетье// Аграрный консультант. - №1. – 2011. –С.21-23.
137. Пенман, Х.Л. Растение и влага / Х.Л. Пенман. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 162 с.
138. Перфильев, Н.В. Влияние основной обработки на водный режим темно-серой лесной почвы в северном Зауралье/Н.В. Перфильев, О.А. Вьюшина// Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2013. – № 3. – С.33–40.
139. Петерсон, Г. Принципы накопления влаги и технология No-till/Г. Петерсон // Матер. 2-й междунар. конф. по самовосстанавливающемуся эффективному земледелию на основе системного подхода No-till. Днепропетровск. 17–20 августа. Днепропетровск, 2005. С. 62–82.
140. Пивень, В.Т. Соблюдайте севооборот / В.Т. Пивень, С.Г. Бородин, Н.М. Тишков// Защита и карантин растений, 2006, №4 С. 68-70.
141. Плескачев, Ю.Н. Засоренность посевов полевых севооборотов в зависимости от обработки почвы Волгоградской области/Ю.Н. Плескачев, О.В. Сухова//Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (101). С. 017-021.
142. Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений/Б.П. Плешков// - 5-е изд., доп. и перераб. - М. : Агропромиздат, 1987. - 494 с.
143. Поликарпов, Г. Г. Поворачивается ли цветущая корзинка за солнцем/Г.Г. Поликарпова // Природа : журнал. — 1954. — № 5. — С. 116—117.

144. Полоус, В. С. Адаптивная система основной обработки почвы в зернопропашном севообороте на черноземе обыкновенном / В. С. Полоус, В. Г. Шурупов. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ АПСК, 2011. – 163 с.
145. Пономарева, В.В. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения)/В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова // – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
146. Пустовойт, В. С. Подсолнечник/В.С. Пустовойт// — М.: Колос, 1975. — 591 с.
147. Раделова, С. Ю. Всё о лекарственных растениях на ваших грядках / Под ред. С. Ю. Раделова. — СПб.: ООО «СЗКЭО», 2010. — С. 184. — 224 с.
148. Ревут, И. Б. Физика почв / И. Б. Ревут. - Л. : Колос, 1964. - 320 с.
149. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге / А.А. Роде. -Л.: Гидрометеиздат, 1965. -С. 663.
150. Романенко, А.А. Кто поставит точку в войне с землей? / А.А. Романенко, П.П. Васюков // Земледелие. – 2006. – № 6. – С. 23-25.
151. Румянцев Ф. П. Научное обоснование использования зеленого удобрения в севооборотах на серых лесных почвах Волго-Вятского экономического региона: Автореф. дис. докт. с.-х. наук: 06.01.01 / Ф. П. Румянцев М. 2000. 42 с.
152. Рымарь, В. Т. Технология возделывания подсолнечника в Центральном Черноземье / В. Т. Рымарь, В. И. Турусов // Зерновое хозяйство. – 2000. – № 7. – С. 23–24.
153. Саранин, К.И., Старовойтов Н.А. Система обработки дерново-подзолистых почв в земледелии/К.И. Саранин, Н.А. Старовойтов // Ресурсосберегающие системы обработки почвы: сб. науч. трудов / под ред. академика ВАСХНИЛ И.П. Макарова. М.: Агропромиздат, 1990. С. 20–32.

154. Сафиулин, М. Опыт США: Технология полосовой обработки/М. Сафиулин// Ресурсосберегающее земледелие. - №2. – 2011. – С. 17-19
155. Севернев, М.М. Временная методика энергетического анализа в сельском хозяйстве / М.М. Севернев [и др.]. Минск : ЦНИИМЭСХ, 1991. 126 с.
156. Селиванова, Т.Н. Агротехнические приемы защиты подсолнечника/Т.Н. Селиванова, В.В. Зятямина, О.В. Байбакова, М.К. Илюхина и др.// Защита и карантин растений. – №4 – 1997, С. 15-16.
157. Сидоров, М.И. Земледелие на черноземах / М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992. – 182 с
158. Сидоров, М.И. Научные и агротехнические основы севооборотов/Сидоров М.И., Зезюков Н.И.//Воронеж, 1993.
159. Симахина, Т. В. Системы основных обработок выщелоченного чернозема и динамика засоренности культур в лесостепи Тюменской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Т. В. Симахина. – Тюмень, 2007. – 16 с.
160. Синягин, И.И. Минеральные удобрения/И.И. Синягин// Большой энциклопедический словарь. М., 1978.
161. Система No – till. - Симферополь, 2009.- 40 с.
162. Смирнова, В.А. Агроклиматическое районирование СССР по урожайности подсолнечника / В.А. Смирнова // Тр. НИИ аэроклиматологии. – 1961. – Вып. 10. – С. 36-69.
163. Смуров, С. И. Безотвальная обработка снижает затраты на выращивание подсолнечника / С. И. Смуров, Ф. Х. Джалалзаде и др. // Земледелие. 2003. № 5. С. 28–9.
164. Солодовников, А.П. Водный режим чернозема южного при энергосберегающих обработках почвы/А.П. Солодовников, Г.И. Шестеркин, А.С. Линьков, А.С. Даренков//Аграрный научный журнал. 2014. № 4. С. 33-36.

165. Солодовников, А.П. Динамика плотности почвы чернозема 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.
166. Стрижков, Н. И. Гербициды евролайтнинг в посевах подсолнечника / Н. И. Стрижков // «Защита и карантинные растения», 2009. — № 2 — С. 31—32.
167. Ступаков, А.Г. Влияние систем обработки почвы на дыхание почвенной биоты чернозема типичного/ А.Г. Ступаков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. - № 7. – С. 56-59.
168. Судницын, И. И. Влажность почвы и влагообеспеченность растений в условиях Южного Крыма / И. И. Судницын // Почвоведение. – 2008. – № 1. – С. 75–82.
169. Сухов, А.Н. Полевые севообороты в системе адаптивно-ландшафтного сухого земледелия Волгоградской области/ А.Н. Сухов // Перспективы развития аридных территорий через интеграцию науки и практики. — М., 2008. — С. 63-67.
170. Такунов И. П. Значение люпина в биологическом земледелии. // Земледелие. 1999. № 3. С. 16–19.
171. Терентьева, Е. Подсолнечники/Е. Терентьева// В мире растений : журнал. — 2002. — № 10
172. Титовская, А.И. Изменение структурного состояния почвы в зависимости от систем обработки/ А.И. Титовская // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. - № 7. – С. 51-53.
173. Тишков, Н.М. Продуктивность сортов и гибридов подсолнечника при разных способах применения удобрений на черноземе выщелоченном/ Н.М. Тишков, А.А. Дряхлов // Масличные культуры: Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2008. – № 2. – С. 30–34.

174. Трофимова, Т.А. Энергосберегающие приемы основной обработки почвы в полевых севооборотах ЦЧР/ Т.А. Трофимова, Е.В. Коротких, Д.А. Болучевский //Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 4. С. 15-21.
175. Трубилина, И. Т. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края / Под общ. ред. И.Т. Трубилина. – Краснодар, 2002. – С. 44–45.
176. Трушин, В.Ф. Опыт минимализации обработки почвы на Среднем Урале/В.Ф. Трушин // Земледелие. 1990. № 2. С. 60–63.
177. Турусов, В. И. Основная обработка почвы и продуктивность подсолнечника / В. И. Турусов // Земледелие. – 2004. – № 2. – С. 24–25.
178. Турусов, В. И. Фитосанитарное состояние посевов на различных элементах агроландшафта / В. И. Турусов, И. М. Корнилов, Н. А. Нужная // Земледелие. – 2011. – № 5. – С. 41-42.
179. Филин, В. И. Физико-химические методы анализа в агрохимии : учеб. пособие : / В. И. Филин, М. С. Никулин, А. Н. Грошев, А. М. Стрюков ; Волгогр. гос. аграр. ун-т. - 2-е изд., перераб. и доп. - Волгоград : Волгогр. ГАУ, 2013. - 252 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 245
180. Филиппова, А.В. Влияние агроприёмов на экологические свойства чернозёма обыкновенного в условиях засухи/ А.В. Филиппова, М.Д. Попова//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 16-19.
181. Флориан Хилле Новая Зеландия: Минимальная обработка почвы и прямой посев/ Хилле Флориан//Ресурсосберегающее земледелие. - №3 – 2011. – С. 10-13
182. Харченко, А.Г. Прямой посев в условиях эпифитотии бактериозов/А.Г. Харченко// Ресурсосберегающее земледелие. - №2. – 2011. – С. 34-37
183. Хатнянский, В.И. Урожайные свойства гибридных семян подсолнечника при сочетании различных агроприемов их выращивания/В.И.

- Хатнянский, Д.В. Капелюшин, Ю.А. Капелюшина // Сб. матер. 6-й междунар. конф. мол. уч. и спец. «Инновационные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур». – Краснодар, 2011. – С. 119–122.
184. Хатнянский, В.И. Урожайные свойства семян первого поколения гибридов подсолнечника в зависимости от уровня генетической чистоты/В.И. Хатнянский, Д.В. Капелюшин // Сб. матер. V-й междунар. науч.-практ. конф. мол. уч. «Сельское хозяйство и инновации». – Харьков, 2009. – С. 127–127.
185. Царев, А.П. Влияние предшественников на урожай кукурузы/А.П. Царев, Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Г.И. Шестеркин//Кукуруза и сорго. 2000. № 3. С. 2.
186. Царев, А.П. Отзывчивость на различные предшественники/А.П. Царев, А.М. Косачев, Е.П. Денисов, А.П. Солодовников//Кукуруза и сорго. 1995. № 4. С. 11.
187. Цветков, М.Л. Водный режим почвы зернопарового севооборота при минимализации основной обработки в условиях Приобья Алтая/М.Л. Цветков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 5 (67) – С. 35
188. Чекмарев, П.А. Состояние плодородия почвы и мероприятия по его повышению/П.А. Чекмарев // Агрехимический вестник. - 2012. - № 1. – С. 2-4.
189. Черников, А. Н. Проблемы уборки подсолнечника / А. Н. Черников // Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России: сб. мат-лов науч.-практ. конф. студентов и аспирантов по программе всероссийского фестиваля науки к 60-летию ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2011. – Т. 1. – 348 с.
190. Четвериков, Ф.П. Земледелие в зоне каштановых почв Заволжья Саратовской области/ Ф.П. Четвериков, С.Н. Косолапов, Е.П. Денисов// – Саратов, 2010 – 99 с.

191. Чирков, Ю.И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы/ Ю.И. Чирков// Ленинград: Гидрометеоиздат. 1969.
192. Шакиров, Р.С. Агрофизические свойства и водный режим серой лесной почвы при различных системах удобрения и основной способах обработки почвы на примере яровой пшеницы/Р.С. Шакиров, И.Г. Гиляев // Вестник Казанского ГАУ. – 2013. – № 4 (30). – С. 160–164.
193. Шафоростов, В.Д. Потери урожая подсолнечника при уборке и пути их снижения/В.Д. Шафоростов, С.С. Макаров// Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2007. – Вып. 1 (136). – С. 95–96
194. Шеин, Е.В. АГРОФИЗИКА/Шеин Е.В., Гончаров В.М.//Оформление. ООО «Феникс», 2006. Ростов на Дону, 2006. Сер. Высшее образование
195. Ширяев, А.В. Влияние систем обработки на водопрочность структуры почвы при возделывании кукурузы на зерно/А.В. Ширяев// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. - № 7. – С. 53-55
196. Ширяев, А.В. Влияние систем обработки почвы на рост и развитие кукурузы на зерно/А.В. Ширяев, Л.Н. Кузнецова //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 9. С. 38-40.
197. Шурупов, В. Г. Влияние способов основной обработки почвы и других факторов на засоренность в звене севооборота / В. Г. Шурупов, В. С. Полоус // Земледелие. – 2011. – № 1. – С. 28-30.
198. Шурупов, В.Г. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность масличных культур/ В. Г. Шурупов, В. С. Полоус //Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2010. № 1. С. 72-76.

199. Эргашев, А. Влияние климатических условий на рост, развитие и продуктивность масличных сортов подсолнечника/А. Эргашев, К. Иброхимов//Кишоварз. 2009. № 3. С. 7-9.
200. Якуткин, В.И. Защита подсолнечника от болезней в Центральной Черноземной зоне России/В. И. Якуткин// – СПб, 2008, 39 с.
201. Яловой, А. В. Проявление влияния в последнем поле севооборота на подсолнечнике систематического применения основной плоскорезной обработки почвы в условиях ветровых коридоров/А.В. Яловой// автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук : 06.01.01. Ставрополь, 2004. 23 с.
202. Boisgontier, D. Ze paraplow, guelavenir / D. Boisgontier, P. Bartelemy // Yultivar. – 1985. – P. 81–83.
203. Fereres, E. Genetic variability of sunflower cultivars in response to drought / E. Fereres, C. Gimenez, J. Berengena, J. Fernandez-M., J. Dominguez // Helia. – 1983. – № 6. – P. 17-21.
204. Gimenez Ortiz, R. Evapotranspiration in a sunflower (*Helianthus annuus* L.) crop in a semiarid zone / R. Gimenez Ortiz, J. Berengena Herrera // 5 Conf. int. tournesol, – Clermont-Ferrand, 1972. – Expos. et discuss. – P. 31-35.
205. Gray, R.S. Economic factors contributing to the adoption of reduced tillage technologies in central Saskatchewan/R.S. Gray, J.S. Taylor, W.J. Brown// Canad. J. Plant Sc. 1996. Vol. 76.№4 – P.661-668.
206. Hayes, J.T. A feasible crop model for worldwide international food production / J.T. Hayes, P.A. O'Rourke, W.H. Terjung, P.E. Todhunter // International journal of biometeorology. – 1982. – Vol. 26. – № 3. – P. 239-257.
207. Jasso de Rodriguez, D. Grain yield and fatty acid composition of sunflower seed for cultivars developed under dry land conditions. D. Jasso de Rodriguez, BS. Phillips, R. Rodriguez-García, JL. Angulo-Sánchez.

- Trends in new crops and new uses. Ed. J. Janick, A. Whipkey. Alexandria. USA. 2002.
208. Kostova, B. Prospect for development of sunflower production in Bulgaria / B. Kostova // *Trakia journal of sciences*. – 2010. – Vol. 8, Suppl. 3. – P. 215.
 209. Lafond, G.P. Row spacing and seeding rate effects in wheat and barley under a conventional fallow management system/ G.P. Lafond, D.A. Derksen// *Canad. J. Plant Sc.* 1996. Vol. 76.№4 – P.791-793.
 210. Popescu, A. Research regarding oil seeds crops development in Romania in the EU context / A. Popescu // *Economics of Agriculture*. – 2012, № 1. – P. 129.
 211. Rahmann, G. Landbauforschung: Sonderheft / G. Rahmann // Bundesmin. für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Johann Heinrich von Thunen-Inst., Bundesforschungsinst. für ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI). Ressortforschung für den Ökologischen Landbau. – Braunschweig, 2011. – H. 346. – S. 126
 212. Rollier, M. Etude des besoins en eau du tournesol (2-ème partie) / M. Rollier // *Informations techniques CETIOM*. – 1975. – № 45. – P. 1-39.
 213. Sijtsma, C.H. Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale/ C.H. Sijtsma, A.J. Cambell, N.B. McLaughlin//*Soil Tillage res.*1998.Vol.49.№3.-P.223-231.
 214. Soucer, R. Kinematische and energetische Betrachtung Zn. Aktiv and passiv rollenden Wenksangen / R. Soncek // *Wissenschaft Zn. Technik*. Dresden. – 1984. – № 3. – P. 119–121.
 215. Zarson, W. Tillage accomplishment and potential / W. Zarson, J. Osborne // *Practical Tillage Effects*. – 1982. – P. 1–11.
 216. Zentner, R.P., Lafond G.P., Derksen D.A., Cambell C.A., Tillage method and crop diversification: effect on economic returns and riskiness of cropping systems in a thin black chernozem of the Canadian Prairies/*Soil Tillage Res.*-2002, Vol.67-N1.-P.9-21.

Приложения

Приложение 1

Влияние приемов обработки почвы и предшественников на плотность почвы в
весенний период 2013 года, г/см³

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,14	1,21	1,27	1,33	1,38	1,21	1,35
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,18	1,26	1,28	1,36	1,38	1,24	1,37
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,25	1,27	1,29	1,37	1,39	1,27	1,38
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,21	1,27	1,30	1,37	1,38	1,26	1,38
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,20	1,26	1,28	1,37	1,38	1,25	1,37
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,17	1,26	1,27	1,34	1,36	1,23	1,35

Влияние приемов обработки почвы и предшественников на плотность почвы в весенний период 2014 года, г/см³

Приемы обработки почвы и предшественники	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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,18	1,25	1,27	1,34	1,40	1,23	1,37
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,20	1,27	1,30	1,38	1,39	1,26	1,39
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,29	1,29	1,31	1,39	1,39	1,30	1,39
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,25	1,29	1,32	1,39	1,41	1,28	1,40
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,22	1,29	1,31	1,38	1,39	1,27	1,38
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,22	1,29	1,28	1,32	1,38	1,26	1,35

Приложение 3

Влияние приемов обработки почвы и предшественников на плотность почвы в весенний период 2015 года, г/см³

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	1,22	1,26	1,33	1,38	1,39	1,27	1,38
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	1,22	1,28	1,32	1,39	1,42	1,27	1,40
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	1,30	1,29	1,33	1,41	1,42	1,30	1,42
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	1,26	1,29	1,33	1,40	1,41	1,29	1,41
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	1,24	1,31	1,31	1,39	1,40	1,28	1,40
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	1,18	1,29	1,29	1,33	1,36	1,26	1,34

Влияние приемов обработки и предшественников на общую пористость почвы
в весенний период 2013 года, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	58,0	55,2	53,0	50,7	48,9	55,4	49,8
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	56,3	53,4	52,6	49,7	48,8	54,1	49,3
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	53,7	53,0	52,8	49,3	48,5	53,2	49,9
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	55,2	53,0	51,9	49,2	48,9	53,3	49,0
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	55,6	53,4	52,7	49,3	48,9	53,9	49,1
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	56,7	53,3	53,1	50,1	49,6	54,2	49,8

Приложение 5

Влияние приемов обработки и предшественников на общую пористость почвы
в весенний период 2014 года, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	56,3	55,7	53,0	50,4	48,1	54,9	49,3
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	55,6	53,1	51,9	48,9	48,5	53,5	48,7
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	52,2	52,3	51,5	48,5	48,6	52,0	48,5
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	53,8	52,3	51,1	48,5	47,8	52,6	48,2
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	54,8	52,2	51,5	48,9	48,6	52,8	48,7
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	54,8	52,3	52,6	51,1	48,9	53,2	50,1

Влияние приемов обработки и предшественников на общую пористость почвы
в весенний период 2015 года, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	54,8	53,4	50,8	48,9	48,5	53,0	48,7
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	54,9	52,6	51,1	48,5	47,4	52,9	48,0
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	51,9	52,2	50,8	47,8	47,4	51,8	47,6
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	53,3	52,3	50,9	48,1	47,8	52,2	48,9
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	54,1	51,5	51,6	48,5	48,0	52,4	48,2
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	56,3	52,3	52,2	50,8	49,7	53,5	50,3

Влияние приемов обработки и предшественников на капиллярную пористость почвы в весенний период 2013 года, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	32,0	31,9	33,4	34,7	36,0	32,4	35,3
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	33,2	33,3	33,7	35,5	36,1	33,4	35,8
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	35,1	33,5	33,9	35,7	36,3	34,2	36,0
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	34,0	33,4	34,2	35,8	36,0	33,9	35,9
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	33,7	33,6	33,7	35,7	36,1	33,7	35,9
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	32,9	33,2	33,1	34,9	35,7	33,1	35,3

Влияние приемов обработки и предшественников на капиллярную пористость почвы в весенний период 2014 года, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	33,2	33,0	33,4	35,0	36,5	33,2	36,0
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	33,7	33,5	34,2	36,0	36,3	33,8	36,1
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	36,2	34,0	34,4	36,3	36,2	34,9	36,2
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	35,1	34,1	34,7	36,2	36,7	34,6	36,5
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	33,9	34,0	34,5	36,0	36,3	34,2	36,1
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	34,2	34,4	33,7	34,4	36,2	34,1	35,3

Влияние приемов обработки и предшественников на капиллярную пористость почвы в весенний период 2015 года, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	34,2	33,2	34,9	36,0	36,3	34,1	36,1
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	34,3	33,7	34,7	36,3	37,1	34,2	36,7
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	36,5	34,2	34,9	36,8	37,1	35,2	37,0
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	35,4	33,9	35,2	36,5	36,8	34,8	36,7
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	33,5	34,6	34,4	36,2	36,5	34,2	36,3
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	33,2	34,8	33,9	34,7	35,5	34,0	35,1

Влияние приемов обработки и предшественников на пористость аэрации почвы
в весенний период 2013 года, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	24,0	23,3	19,6	16,0	12,9	23,3	14,5
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	23,1	20,1	18,9	14,2	12,7	20,7	13,5
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	18,6	19,5	18,9	13,6	12,2	19,0	12,9
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	21,2	19,6	17,7	13,4	12,9	19,4	13,1
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	21,9	19,8	19,0	13,6	12,8	20,2	13,2
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	21,8	20,1	19,2	15,2	13,9	20,3	14,5

Влияние приемов обработки и предшественников на пористость аэрации почвы
в весенний период 2014 года, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	23,1	22,7	19,7	15,4	11,6	21,8	13,5
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	21,9	19,6	17,7	12,9	12,2	19,7	12,6
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	16,0	19,3	17,1	12,2	12,4	17,5	12,3
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	18,7	18,2	16,4	12,3	11,1	17,8	11,7
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	21,4	18,2	17,0	12,9	12,3	18,8	12,6
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	20,6	18,9	17,9	16,7	12,7	19,1	14,7

Приложение 12

Влияние приемов обработки и предшественников на пористость аэрации почвы
в весенний период 2015 года, %

Приемы обработки почвы и предшественники	Слои 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
1. Глубокая отвальная обработка (вспашка) после ячменя (контроль)	20,6	20,2	15,9	12,9	12,2	18,9	12,6
2. Мелкая обработка почвы (дискование) после ячменя	20,6	18,9	16,4	12,2	10,3	18,6	11,3
3. Нулевая обработка почвы (no-till) после ячменя	15,4	18,0	15,9	11,0	10,3	16,4	10,6
4. Полосовая обработка почвы (strip-till) после ячменя	17,9	18,4	15,7	11,6	11,0	17,4	11,3
5. Полосовая обработка почвы (strip-till) после кукурузы	20,6	16,9	17,2	12,3	11,5	18,2	11,9
6. Полосовая обработка почвы (strip-till) по обороту пласта люцерны на второй год после распашки	22,1	18,5	17,3	16,1	14,2	19,3	15,2

Плотность почвы после основной обработки осенью

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора $A = 6$

Число блоков $R = 3$

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	0.92	0.85	0.96	0.91
2	1.15	1.12	1.13	1.13
3	1.24	1.25	1.27	1.25
4	1.23	1.23	1.22	1.23
5	1.20	1.19	1.20	1.20
6	1.16	1.15	1.16	1.16

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 1.146$ $s_x = 0.013$ $p = 1.16\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	0.237	17			
Блоки	0.002	2	0.001	1.889	
Варианты	0.230	5	0.046	86.295*	0.042
Остат.	0.005	10	0.001		

Плотность почвы перед посевом подсолнечника весной

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	1.18	1.24	1.29	1.24
2	1.20	1.27	1.30	1.26
3	1.28	1.29	1.31	1.29
4	1.24	1.28	1.32	1.28
5	1.22	1.29	1.30	1.27
6	1.19	1.29	1.31	1.26

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 1.267$ $s_x = 0.011$ $p = 0.87\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	0.033	17			
Блоки	0.023	2	0.012	32.303*	
Варианты	0.006	5	0.001	3.165	
Остат.	0.004	10	0.000		

Общая пористость почвы после основной обработки осенью

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	65.90	68.50	64.50	66.30
2	57.50	58.50	58.30	58.10
3	54.10	53.80	53.60	53.83
4	54.50	54.50	55.40	54.80
5	55.50	56.00	55.50	55.67
6	57.10	57.40	57.20	57.23

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 57.656$ $s_x = 0.509$ $p = 0.88\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	315.144	17			
Блоки	1.914	2	0.957	1.234	
Варианты	305.472	5	61.094	78.752*	1.602
Остат.	7.758	10	0.776		

Общая пористость почвы перед посевом подсолнечника весной

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	56.30	54.10	52.20	54.20
2	55.50	53.00	51.90	53.47
3	52.60	52.20	51.50	52.10
4	54.10	52.60	51.10	52.60
5	54.80	52.20	51.90	52.97
6	56.00	52.30	51.50	53.27

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 53.100$ $s_x = 0.409$ $p = 0.77\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	44.880	17			
Блоки	31.930	2	15.965	31.765*	
Варианты	7.924	5	1.585	3.153	
Остат.	5.026	10	0.503		

Пористость аэрации почвы после основной обработки осенью

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	38.60	41.90	38.00	39.50
2	26.90	26.50	26.80	26.73
3	20.30	19.70	19.50	19.83
4	21.00	20.50	21.70	21.07
5	22.50	22.20	23.80	22.83
6	24.90	24.00	20.80	23.23

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 25.533$ $s_x = 0.796$ $p = 3.12\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	805.300	17			
Блоки	1.720	2	0.860	0.453	
Варианты	784.586	5	156.917	82.616*	2.507
Остат.	18.993	10	1.899		

Пористость аэрации почвы перед посевом подсолнечника весной

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	23.20	22.60	18.30	21.37
2	21.90	19.50	17.70	19.70
3	17.50	18.20	17.10	17.60
4	19.30	18.90	16.40	18.20
5	21.10	18.20	17.70	19.00
6	22.60	18.20	16.90	19.23

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 19.183$ $s_x = 0.701$ $p = 3.65\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	78.945	17			
Блоки	38.583	2	19.292	13.094*	
Варианты	25.629	5	5.126	3.479*	2.208
Остат.	14.733	10	1.473		

Капиллярная пористость почвы после основной обработки осенью

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	27.40	26.60	26.30	26.77
2	30.60	32.00	30.90	31.17
3	33.80	34.00	34.10	33.97
4	33.10	34.10	33.70	33.63
5	32.80	33.60	33.70	33.37
6	32.20	33.30	33.40	32.97

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 31.978$ $s_x = 0.289$ $p = 0.90\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	115.911	17			
Блоки	1.154	2	0.577	2.299	
Варианты	112.246	5	22.449	89.401*	0.912
Остат.	2.511	10	0.251		

Капиллярная пористость почвы перед посевом подсолнечника весной

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	33.10	32.70	33.90	33.23
2	33.40	33.50	34.20	33.70
3	35.90	34.00	34.40	34.77
4	33.80	33.70	34.50	34.00
5	33.70	34.00	34.20	33.97
6	33.40	34.10	34.60	34.03

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 33.950$ $s_x = 0.323$ $p = 0.95\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	8.125	17			
Блоки	1.243	2	0.622	1.988	
Варианты	3.755	5	0.751	2.402	
Остат.	3.127	10	0.313		

Водный режим почвы в посевах подсолнечника, слой 0-0.5м

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	82.70	78.30	73.40	78.13
2	72.20	70.10	63.30	68.53
3	77.60	75.10	69.30	74.00
4	77.90	76.20	69.90	74.67
5	78.30	77.20	72.10	75.87
6	79.50	78.50	73.00	77.00

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 74.700$ $s_x = 0.451$ $p = 0.60\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	375.620	17			
Блоки	198.613	2	99.307	162.479*	
Варианты	170.895	5	34.179	55.921*	1.422
Остат.	6.112	10	0.611		

Водный режим почвы в посевах подсолнечника, слой 0.5-1.0м

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	67.50	63.50	49.30	60.10
2	58.80	50.90	45.00	51.57
3	61.70	59.70	48.30	56.57
4	63.00	60.50	50.90	58.13
5	65.10	62.00	49.80	58.97
6	68.50	65.10	50.90	61.50

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 57.806$ $s_x = 1.062$ $p = 1.84\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	952.609	17			
Блоки	736.268	2	368.134	108.741*	
Варианты	182.488	5	36.498	10.781*	3.347
Остат.	33.854	10	3.385		

Водный режим почвы в посевах подсолнечника, слой 0-1.0м

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	150.00	141.80	122.70	138.17
2	131.00	121.00	108.30	120.10
3	139.30	134.80	117.60	130.57
4	140.90	136.70	120.80	132.80
5	143.40	139.20	121.90	134.83
6	148.00	143.70	123.90	138.53

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 132.500$ $s_x = 1.035$ $p = 0.78\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	2423.260	17			
Блоки	1696.440	2	848.220	263.781*	
Варианты	694.664	5	138.933	43.206*	3.262
Остат.	32.156	10	3.216		

Общая засоренность посевов подсолнечника

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	4.10	3.40	3.10	3.53
2	5.80	4.10	4.50	4.80
3	8.80	6.30	7.80	7.63
4	7.80	5.60	5.90	6.43
5	6.50	5.10	5.50	5.70
6	3.20	2.70	2.20	2.70

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 5.133$ $s_x = 0.265$ $p = 5.15\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	60.220	17			
Блоки	7.560	2	3.780	18.001*	
Варианты	50.560	5	10.112	48.155*	0.834
Остат.	2.100	10	0.210		

Засоренность посевов подсолнечника многолетними сорняками

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	1.40	1.60	1.90	1.63
2	2.80	2.00	2.20	2.33
3	3.00	1.80	1.50	2.10
4	3.10	1.50	2.00	2.20
5	2.20	1.60	1.80	1.87
6	2.10	2.00	1.50	1.87

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 2.000$ $s_x = 0.242$ $p = 12.12\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	4.460	17			
Блоки	1.703	2	0.852	4.830*	
Варианты	0.993	5	0.199	1.127	
Остат.	1.763	10	0.176		

Засоренность посевов подсолнечника однолетними сорняками

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	2.70	1.80	1.20	1.90
2	3.00	2.10	2.30	2.47
3	5.80	4.50	6.30	5.53
4	4.70	4.10	3.90	4.23
5	4.40	3.50	3.70	3.87
6	1.10	0.70	0.70	0.83

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 3.139$ $s_x = 0.258$ $p = 8.22\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	48.503	17			
Блоки	2.218	2	1.109	5.557*	
Варианты	44.289	5	8.858	44.387*	0.813
Остат.	1.996	10	0.200		

Содержание нитратного азота в почве

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	6.00	6.80	7.40	6.73
2	4.10	4.00	7.00	5.03
3	4.20	4.10	6.20	4.83
4	4.80	5.00	6.50	5.43
5	5.10	5.30	6.90	5.77
6	6.90	7.90	8.40	7.73

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 5.922$ $s_x = 0.278$ $p = 4.69\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	32.971	17			
Блоки	12.121	2	6.061	26.134*	
Варианты	18.531	5	3.706	15.981*	0.876
Остат.	2.319	10	0.232		

Содержание доступного фосфора в почве

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	18.70	17.90	19.20	18.60
2	18.00	17.90	18.20	18.03
3	19.10	18.10	18.00	18.40
4	20.30	18.30	19.70	19.43
5	21.10	19.80	20.80	20.57
6	23.90	22.80	24.20	23.63

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 19.778$ $s_x = 0.255$ $p = 1.29\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	71.571	17			
Блоки	3.821	2	1.911	9.817*	
Варианты	65.804	5	13.161	67.626*	0.803
Остат.	1.946	10	0.195		

Содержание обменного калия в почве

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	297.00	299.00	295.00	297.00
2	304.00	292.00	291.00	295.67
3	302.00	295.00	290.00	295.67
4	305.00	297.00	289.00	297.00
5	301.00	299.00	297.00	299.00
6	324.00	319.00	314.00	319.00

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 300.556$ $s_x = 1.818$ $p = 0.60\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	1618.444	17			
Блоки	272.111	2	136.056	13.720*	
Варианты	1247.167	5	249.433	25.153*	5.729
Остат.	99.167	10	9.917		

Урожайность подсолнечника

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 3

Таблица исходных данных

	1	2	3	Средняя
1	2.10	1.26	1.02	1.46
2	1.92	1.11	0.87	1.30
3	1.76	0.92	0.70	1.13
4	2.13	1.30	1.10	1.51
5	2.33	1.38	1.37	1.69
6	2.48	1.46	1.46	1.80

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 1.482$ $s_x = 0.035$ $p = 2.35\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	4.692	17			
Блоки	3.736	2	1.868	511.988*	
Варианты	0.919	5	0.184	50.391*	0.110
Остат.	0.036	10	0.004		

Урожайность подсолнечника за 2013 год

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	2.00	2.02	2.20	2.18	2.10
2	1.90	1.85	1.94	1.99	1.92
3	1.70	1.71	1.82	1.81	1.76
4	2.10	2.11	2.26	2.25	2.18
5	2.30	2.27	2.36	2.39	2.33
6	2.40	2.43	2.56	2.53	2.48

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 2.128$ $s_x = 0.014$ $p = 0.64\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	1.493	23			
Блоки	0.094	3	0.031	41.605*	
Варианты	1.387	5	0.277	369.388*	0.041
Остат.	0.011	15	0.001		

Урожайность подсолнечника за 2014 год

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	1.20	1.22	1.32	1.30	1.26
2	1.05	1.10	1.17	1.12	1.11
3	0.85	0.88	0.99	0.96	0.92
4	1.20	1.25	1.35	1.40	1.30
5	1.30	1.33	1.46	1.43	1.38
6	1.40	1.41	1.52	1.51	1.46

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 1.238$ $s_x = 0.011$ $p = 0.89\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	0.851	23			
Блоки	0.078	3	0.026	53.842*	
Варианты	0.765	5	0.153	314.879*	0.033
Остат.	0.007	15	0.000		

Урожайность подсолнечника за 2015 год

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 6

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	1.00	1.04	0.95	1.09	1.02
2	0.80	0.94	0.87	0.88	0.87
3	0.75	0.65	0.71	0.69	0.70
4	1.00	1.20	1.05	1.15	1.10
5	1.30	1.44	1.35	1.39	1.37
6	1.40	1.40	1.48	1.49	1.44

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 1.084$ $s_x = 0.028$ $p = 2.55\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	1.696	23			
Блоки	0.023	3	0.008	2.457	
Варианты	1.627	5	0.325	106.233*	0.083
Остат.	0.046	15	0.003		