

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный аграрный университет»

На правах рукописи

Фисенко Анна Сергеевна



**Ресурсосберегающие технологии возделывания овса
на черноземах южных Оренбургского Предуралья**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
заслуженный деятель науки РФ,
доктор с.-х. наук, профессор
Кислов А.В.

Оренбург – 2014

Содержание

Введение	3
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	7
1.1. Хозяйственное значение и биологические особенности овса	7
1.2. Научные основы обработки черноземных почв	15
1.2.1. Эволюция технологии обработки почвы	15
1.2.2. Проблемы и перспективы ресурсосбережения в биологическом земледелии степной зоны	18
2. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	31
2.1. Агроклиматическая и почвенная характеристика степной зоны Оренбургского Предуралья	31
2.2. Схема и методика проведения опытов	40
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	46
3.1. Влияние приемов основной и предпосевной обработки почвы на ее агрофизические свойства в посевах овса	46
3.1.1. Плотность сложения и строение пахотного слоя почвы	46
3.2. Водопотребление и расход влаги в посевах овса в зависимости от условий выращивания	55
3.3. Действие и последствие различных систем обработки почвы на засоренность посевов овса	66
3.4 Урожайность овса и поступление питательных веществ в зависимости от приемов обработки почвы и посева	77
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ	91
Выводы	98
Рекомендации производству	101
Список используемой литературы	102
Приложения	123

Введение

Актуальность темы. Овес — важнейшая зернофуражная культура России. В настоящее время наша страна лидирует по его производству. Зерно овса богато органическими соединениями железа, кальция, фосфора и витаминами группы В. Из него изготавливают крупу, хлопья, муку, толокно, галеты, печенье и прочее.

Овес — незаменимое кормовое растение. Его широко применяют на зеленый корм, сено и силос. В кормовом отношении 1 кг зерна соответствует 1 корм. ед. Это лучшая культура для посева в смеси с бобовыми растениями — викой, горохом, чиной. Зернобобовые смеси используют как основные компоненты зеленого конвейера. Смешанные посевы овса с бобовыми культурами широко применяют в качестве парозанимающих культур (Г.А. Баталова, 2000, 2009).

Пищевая ценность овса обусловлена аминокислотным составом белка, разнообразием получаемых продуктов. Овес содержит в 2-3 раза больше жира, чем другие зерновые. По биологической ценности белка он на первом месте. Большой интерес представляют и голозерные сорта.

Овес превосходит также все зерновые по фитосанитарному состоянию почвы после него. В сравнении с ячменем и пшеницей овес имеет более развитую корневую систему, усваивает питательные вещества из труднодоступных соединений, но предъявляет повышенные требования к влажности почвы и воздуха.

В отличие от пшеницы и ячменя он почти не поражается корневыми гнилями, но повреждается овсяной нематодой, что бывает очень редко.

Основное направление использования овса - кормовое, поэтому очень важно снижать его себестоимость для повышения рентабельности животноводческой продукции, а для этого прежде всего необходимо уменьшить затраты на обработку почвы, как наиболее трудоемкую технологическую

операцию (А.Г. Таскаева, В.В. Лапина, Т.А. Еремина, 2002; А.В.Кислов, И.В. Васильев, А.С. Васильева, 2011; С.А. Федюнин, 2010, 2011).

В последние годы широкое распространение получили технологии сберегающего земледелия, основанные на минимализации обработки почвы и прямом посеве зерновых по стерне с использованием побочной продукции растениеводства, в частности соломы, в качестве удобрения при заделке в почву или оставлении в виде мульчи на поверхности (П.П. Колмаков, 1981; А.И. Пупонин, 1984; Н.А. Максютков, 1995; В. Двуреченский, 2008).

Отличие настоящего исследования состоит в том, что ресурсосберегающие технологии возделывания овса изучаются на фоне длительной минимализации и других различных по уровню интенсивности систем обработки в опытном стационаре кафедры, в 4 ротации севооборота: пар чистый после подсолнечника – озимая пшеница – горох – овес - гречиха, где солома гороха оставлялась на поле.

При этом на фоне 16 различных систем обработки почвы, в т.ч. мелкого рыхления и нулевой обработки, при оставлении соломы гороха в поле изучались две технологии посева: сеялками АУП-18.05, с подрезающими лапками и разбросным посевом, и СС-6.0 А (Бастер) по технологии No-Till с рядовым посевом и оставлением соломы в виде мульчи в междурядьях на поверхности почвы.

Исследования проводились по методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985).

Цель исследования: разработать ресурсосберегающие технологии обработки почвы и посева овса, обеспечивающие высокую урожайность за счет эффективного использования влаги и положительного аллелопатического влияния соломы гороха при снижении затрат труда, ГСМ и себестоимости зерна.

Задачи исследования:

- изучить влияние обработки почвы и технологии посева на накопление и использование влаги;

- определить изменение агрофизических свойств пахотного слоя почвы на различных фонах обработки;
- установить динамику засоренности посевов овса под влиянием различных приемов обработки и посева;
- определить поступление органических остатков после гороха и овса в почву;
- дать экономическое обоснование изучаемым приемам и установить наиболее экономически и экологически целесообразные технологии.

Практическая значимость работы. Разработанные ресурсосберегающие приемы обработки почвы позволяют в значительной степени снизить экономические затраты при возделывании овса, сохранить плодородие почвы и защитить ее от эрозии. Результаты научных исследований прошли производственную проверку в ИП Мироненко М.П., являющегося главой КФХ, в с. Неженка Оренбургского района на площади 200 га, а также используются в учебном процессе Оренбургского ГАУ.

Разработанные ресурсосберегающие технологии обеспечивают себестоимость зерна на уровне – 1303,8 руб. за 1 т, высокую прибыль и уровень рентабельности – 206%.

Основные положения, выносимые на защиту:

- изменение агрофизических показателей плодородия почвы в зависимости от систем обработки;
- особенности водопотребления овса в связи с приемами основной и предпосевной обработки почвы;
- засоренность посевов овса при разных технологиях возделывания;
- влияние оставления соломы гороха в качестве органического удобрения на плодородие почвы;
- продуктивность овса при применении ресурсосберегающих приемов его возделывания на черноземах южных;
- экономическая оценка разработанных приемов.

Апробация работы и публикации. По теме диссертации написаны и опубликованы 5 научных статей, в т.ч. в рецензируемых изданиях ВАК.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 155 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций производству, содержит 26 таблиц, 4 рисунка, 24 приложения. Список литературы включает 210 источников, из них 6 иностранных авторов.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Хозяйственное значение и биологические особенности овса.

Овес (*Avena L.*) – однолетнее растение семейства злаковых (*Gramineae*), класс однодольные, отдел покрытосемянные. Включает около 70 одно- и многолетних видов, распространенных в умеренных областях всего земного шара и в горах тропиков. В России существует 14 дикорастущих видов, практически повсеместно распространенных (Н.А. Родионова, В.Н. Солдатов, В.Е. Мережко и др., 1982, 1994; В.И. Даль, 2005).

Культура овса очень древняя, и однозначно ответить на вопрос о его происхождении достаточно трудно.

Овес выращивают в северных странах, но и в южном направлении эта культура тоже продвинулась. Есть овес и в Аргентине, стране почти субтропической, и в США, Венгрии, а в Корее и Туркменистане его возделывают в горах на такой высоте, где уже плохо вызревают иные культурные злаки.

Некоторые ученые склоняются к мнению, что овёс следует считать растением западной Азии. Многие западноевропейские биологи разделяют мнение о европейском происхождении культурного овса (В.И. Богачков, 1986, А.В. Смирнов, 1988).

Н.И. Вавилов, в книге «Центры происхождения культурных растений» высказал мнение, что: «Европейские овсы представляют собою в настоящее время группу весьма разнообразных рас, отличающихся по окраске цветочных чешуй, форме зерна, форме листьев... отношению к паразитным грибкам; многие из этих рас свойственны только северной и средней Европе. Однако наряду с европейскими расами мы имеем ещё и группы средиземноморских рас, резко обособленных от европейских... В северной Африке своя большая группа культурных овсов, характеризующихся в общем иммунитетом к европейским формам головни и ржавчины. Группа эта примыкает, по-видимому, к диким видам... растущим в северной Африке... Как североафриканские, так и западные

овсы не скрещиваются с формами обыкновенного овса *Avena sativa* или же дают при этом большой процент бесплодия» (Н.И. Вавилов, 1987).

Вавилов также указывал на своеобразие особой группы китайских овсов, а именно овсов с голыми крупными зёрнами – *Avena nuda* L., что говорит о существовании особого китайского или китайско-монгольского центра возникновения овсяных культур.

Генезис культурных овсов, считал Вавилов, связан с дикими и сорными видами *Avena fatua* L., *A. Ludoviciana* Dur., *A. sterilis* L., *A. barbata* Pott – причём ближе всего стоят к культурному овсу первые два, дающие с ним плодовые гибриды, а первый из них распространён на огромном протяжении от северной Европы до Гиндукуша.

Конечно, связывать историю формирования культурного овса только с Европой было бы крайне ошибочно. Кстати, совершенно оригинальной группой овсов обладает Эфиопия – они очень сильно отличаются и от азиатских, и от европейских.

На основании всех этих фактов следует признать, что культурные овсы не имеют единого географического центра – их происхождение, как принято говорить, полифилетично. Вавилов определил пять центров происхождения культурного овса: Средиземноморье, Эфиопия, северная и северо-западная Европа, обширные просторы Азии от Закавказья до Китая и, наконец, сам Китай. Впрочем, для группы сортов овса посевного (*Avena sativa*) Вавилов определил четвёртый, закавказско-китайский, центр (Р.Ю. Рожевиц, 1934; Nishiyama J., 1970; А.С. Митрофанов, 1967, 1972; Н.И. Вавилов, 1987).

Таким образом, на планете сегодня культурных овсов несколько и культивируемый овёс не есть особый вид, а группа культурных форм, которые произошли от совершенно различных дикорастущих видов, некоторые формы которых являются злостными сорняками.

Поскольку всходы овса могут выдерживать кратковременные весенние заморозки, его культуру можно продвигать ещё дальше на север – за Полярный круг, в Норвегии до 65 °С северной широты, а в США (на Аляске) и Канаде – до

70 °С северной широты (Н.А. Родионова, В.Н. Солдатов, 1982; В.И. Богачков, 1986).

Овёс давно признан различными традиционными медицинскими системами, в том числе болгарской и тибетской медициной. Возникшая относительно недавно на Западе гомеопатия также включила овёс в арсенал своих лечебных средств.

В Индии обнаружили антитабачное действие зелёной травы овса – точнее, при использовании (внутрь) препарата из надземной зелёной части растения у заядлых курильщиков снижается тяга к табакокурению, что облегчает процесс излечения от этой вредной привычки.

В российской культуре земледелия наиболее распространен овёс посевной (*Avena sativa* L.). Для нашей страны овес можно смело считать традиционной культурой. По биологической ценности он занимает первое место среди зерновых. Издревле овес имел не только кормовое значение, но и являлся неотъемлемой частью быта человека, был ему и пищей, и лекарственным средством. Так, например, овес в виде невзрачной травки-метелки является одним из самых ценных лекарственных растений, используемых на любой стадии своего развития. Из зелени – от молодых всходов до колошения – делают настойки, применяемые при нервном истощении, переутомлении, астении, падении иммунитета. Из соломы, корней и шелухи готовят целебные ванны, применяемые при различных кожных и суставных заболеваниях. Ванна с овсяной смолой быстро и надёжно вылечит от начинающейся простуды. Но, конечно, самая ценная часть овса – зерно. Оптимальное соотношение в нем белков, жиров и углеводов, в совокупности с нужным составом микроэлементов, витаминов Е, А, К, группы В, а также нежной клетчаткой и, главное, ферментов, которые еще И. П. Павлов назвал «подлинными побудителями жизни», неоспоримо доказывают ценность данной культуры (Л. Пащенко, 2008).

Овес исключительно полезен людям, страдающим диабетом, хроническими расстройствами желудка и нервной системы. Кроме того, он может

использоваться как защитная мера против рака прямой кишки (М. Титова 2006, 2007).

В настоящее время Россия занимает первое место в мире по производству зерна овса – 22% мирового валового производства (Г.А. Баталова, 2009).

Выращивается овес, главным образом, на корм скоту. В нашей стране он относится к главным зернофуражным культурам. Зелёная масса овса, в которой содержится 16,8 корм. ед. и 2,5 кг переваримого протеина применяется на сочный корм, сено, силос, травяную муку, брикеты, как в чистом виде, так и в смеси с бобовыми культурами (А.Г. Таскаева и др., 2002).

Зерно овса является незаменимым концентрированным кормом для молодняка, лошадей, племенных животных и птицы. Используют его в виде цельного или дробленого зерна, муки. Овсяная солома содержит 0,34 к.ед. в 1 кг или в 1,5 раза больше, чем солома яровой пшеницы (А.В. Кислов, 2011). Основное мировое производство этой культуры сосредоточено в среднеширотной полосе Северного полушария – в России, Беларуси, Казахстане, США, Польше, Германии и Канаде (Г.А. Баталова, 2000, 2009).

В мировой земледелии овес занимает порядка 13 млн га. В России в 2003 году площадь посева составила 3,72 млн га (Н.А. Родионова, В.Н. Солдатов, 1994; Г.С. Посыпанов, 2006).

Средняя урожайность овса в мире 2,02 т/га, в Российской Федерации в 2003 году она составила 1,68 т/га. При соблюдении технологии возделывания овес может давать 4...5 т с 1 га и более (Г.А. Баталова, 2009).

В структуре посевных площадей Юго-западного степного природно-хозяйственного района области на 2012 год, куда относится Учхоз ОГАУ, площадь овса составляет 16 тыс.га, или 1,4%. При этом фактические площади посева овса по Оренбургской области в 1990 году составили 104,9, в 2008 – 102,2, в 2009 – 83 тыс. га. Планируемая площадь посева овса на 2012 год составляет 84,1 тыс.га. (Н.Р. Баталова, 2003).

Трудное дело селекции овса в России начинал еще в середине позапрошлого века известный агроном, президент Московского общества сельского хозяйства

И. Шатилов. Именно он создал известный сорт Шатиловский, зерно которого было крупным, белым, полным, обладало особой формой и высшим качеством. Солома этого сорта была нежной и питательной, как лучшее кормовое сено.

Во время гражданской войны сорт чуть не погиб. Было спасено несколько зерен, из которых селекционеры вывели сорт Орловский – потомок Шатиловского.

Но вскоре появилась трудная проблема зерна и соломы. Последующие сорта, как считали агрономы, должны были выдерживать тяжелый колос, который весил вдвое больше чем раньше. Солома Шатиловского овса такого не выдерживала. Приходилось селекционерам солому укорачивать, делать более крепкой, а значит, и менее съедобной (А.П. Смирнов, В.А. Комиссаров, 1988).

Овес — культура умеренного климата, не требовательна к теплу, распространена больше в Полесье и Лесостепи. Семена начинают прорастать при температуре 2-3 ° С. Оптимальны для получения всходов и процесса кущения температуры — 15-18 ° С. Всходы выдерживают заморозки до минус 4-5 ° С, в фазе цветения и молочной спелости до минус 2 ° С. Оптимальные температуры во время цветения и созревания — 20-25 ° С (И.В. Якушкин, 1958; А.Г. Дояренко, 1966; А.С. Митрофанов, 1967; Н.А. Родионова, В.Н. Солдатов, 1994).

Овес наиболее влаголюбив среди хлебных злаков. При прорастании семян впитывает 60-65% воды от собственной массы. Транспирационный коэффициент (ТК) — 380-475. Критическим к влаге является период от кущения до выбрасывания метелки. Интенсивные дожди во второй половине вегетации вызывают образование подгона и затягивают созревание урожая.

Овес имеет хорошо развитую и физиологически активную корневую систему, усваивает фосфор из труднорастворимых соединений, поэтому менее требователен к почвам. В фазе кущения на черноземных почвах корни овса углубляются до 50-80 см, а ко времени формирования зерна достигают глубины 1,5-2м. Хорошо растет на песчаных, суглинистых, глинистых и торфяных почвах. Может высеваться первой культурой при освоении осушенных земель, целины. Но лучшими для него являются структурные черноземные, темно-серые

оподзоленные почвы со слабо кислой реакцией, рН 5-6. Плохо растет на засоленных почвах. Имеет растянутый период потребления элементов питания. Лучше других хлебных культур откликается на азотные удобрения. На 1ц зерна выносит из почвы 3-4 кг азота, 1,1-1,5 кг фосфора, 2,5-3 кг калия. Период созревания зерновок в метелке растянут. Овес - растение длинного светового дня. При раннем скашивании хорошо отрастает. Вегетационный период — 95-120 дней.

Овес хорошо размещать в севообороте после удобренных пропашных, зернобобовых, бахчевых, льна. Не рекомендуется сеять после овса, сахарной свеклы в зоне распространения нематоды. При высокой культуре земледелия можно высевать после пшеницы.

Хорошо использует последствие органических удобрений. Поэтому овес высевают второй или третьей культурой после его внесения. На всех почвах хорошо реагирует на внесение минеральных удобрений. На фоне фосфорно-калийных удобрений азотные всегда обеспечивают высокий прирост урожая. Средние дозы фосфорных и калийных удобрений — 45-60 кг/га д.в. каждого элемента. Вносить лучше под основную обработку почвы. Азотные удобрения, если расчетная норма не превышает N60, лучше вносить под предпосевную культивацию, если норма большая — часть в подкормке. Нормы следует рассчитывать как и под другие культуры (В.М. Андреева, 1987; В.К. Штефан, 1988; Г.А. Баталова, 2000, 2009; Г.И. Баздырев, 2002; А.В. Ряховский, 2004; Г. Посыпанов, 2006).

Подготовка почвы должна быть направлена на очищение поля от сорняков, накопление влаги (В.А. Потушанский, 1976).

Выращивать следует районированные сорта соответствующего целевого назначения. В Госреестр селекционных достижений РФ включено и допущено к использованию более 70 сортов овса.

Для товарных целей нужно использовать семена со всхожестью не ниже 92% и чистотой не ниже 98%. Высевать овес следует в первые дни полевых работ, когда почва достигнет физической спелости, одновременно или сразу после сева

яровой пшеницы и ячменя. Лучшие способы посева — узкорядный и рядовой. Нормы высева семян дифференцируют в зависимости от почвенно-климатических условий и сортовых особенностей. В Центральной зоне Оренбургской области она составляет 3,5-4,0 млн. всхожих семян на 1 га.

Глубина заделки семян на тяжелых глинистых почвах — 2-3 см, на средних по механическому составу — 4-5, легких и при недостатке влаги — 5-6 см. Следует учитывать, что заделывание глубже 5 см ведет к снижению полевой всхожести семян (Л.Д. Колесников, 1962; Ф.М. Прудков, 1987; Д.Н. Белевцев, 1990; Л.И. Краснова, 2000; В. Г. Васин, 2003).

При засушливой погоде после сева поле прикатывают, при достаточной влажности боронуют. Если после сева выпадают интенсивные осадки и образуется плотная почвенная корка, ее до появления всходов разрушают боронованием зубowymi боронами или игольчатыми ротационными орудиями.

С целью борьбы с сорняками и улучшения аэрации боронование проводят в фазе кущения. Если посева окажутся сильно засорены, то в фазе кущения применяют гербициды.

Уборку овса проводят прямым комбайнированием или отдельным способом. Период созревания зерна в метелке достаточно растянут. Зерно сначала созревает в верхней части метелки. Если ждать, пока созреют все зерновки в метелке, самые развитые из них начнут осыпаться. Поэтому лучшим сроком отдельного сбора считается время, когда полной спелости достигнет зерно верхней половины метелки. Прямым комбайнированием убирают в фазе полной спелости. Для этого следует выращивать устойчивые к осыпанию сорта (И.П. Ксеневич, 1985; В.Д. Бабченко, 1986; К. А. Касаева, 1986; Г.И.Казаков, 1997; В. М. Ковалев, 1997; А.И. Пупонин, 1984, 1989; Г.С. Посыпанов, 2006).

В пищевой отрасли зерно овса очень ценно. Оно используется для приготовления круп, хлопьев, муки, толокна и других продуктов, отличающихся высокой питательностью, легкой усвояемостью и калорийностью, а также широко используемых в диетическом и детском питании.

Калорийность овса составляет 300 ккал в 100 г. Кроме того, он богат такими элементами таблицы Менделеева, как кремний (1000 мг), калий (421 мг), фосфор (361 мг), магний (135 мг), холин (110 мг), хлор (119 мг), кальций (117 мг), а также серой, вольфрамом, бором, йодом, марганцем, медью, молибденом, фтором, оловом, селеном, титаном, цинком, цирконием и другими.

На рынок хлебопекарной продукции овес поставляется в разных формах и при разнообразном составе, с различным вкусом и технологическими свойствами, присущими процессу хлебопечения (О. Карпова, 2007).

Сбор урожая – только начало технологического процесса обработки овса.

Многообразие форм обработанного овса поистине поражает. Это может быть продукция из цельного овсяного зерна, отрубьяные и крахмалосодержащие фракции, а также инновационные продукты, не так давно нашедшие применение в хлебопекарном производстве.

Самым крупным по величине является обрушенный (шелушенный) овес – цельные зерна, с которых была удалена цветочная пленка.

При обработке зерна методом расплющивания получают плющенное зерно овса (крупку) и овсяные хлопья.

При дроблении овса на мелкие кусочки получают колотые зерна. А если размолоть шелушенные зерна овса, то можно получить овсяную муку – самый мелкофракционный продукт из цельного зерна. В легкоусвояемой форме она содержит все питательные вещества – клетчатку, витамины и микроэлементы, которые имеются в зерне овса.

Мука из отрубей, полученная путем размола алейронового слоя, плодовой и семенной оболочек, отличается от обычной муки повышенным содержанием волокна, в частности β -глюкана, а также витамина В и минеральных веществ.

Мукой высшего качества считают муку, получаемую при размоле эндосперма после снятия плодовых оболочек. Такая мука может повысить питательную ценность многих продуктов, если ею заменить часть традиционных ингредиентов, таких как пшеничная или рисовая мука (О. Карпова, 2007).

Таким образом, ценность овса, и в кормовом, и в пищевом качестве поистине велика. Добавление продуктов из овса в хлебобулочные изделия улучшает не только аромат, но и вкус, цвет, а также полезные свойства продукта. А в технологии хлебопечения могут быть использованы практически любые продукты из овса.

1.2. Научные основы обработки почвы в степной зоне

1.2.1. Эволюция технологии обработки почвы.

Человек обрабатывает почву более 10 тысяч лет (Б.И. Тарасенко, 1987; В. Г. Витязев, 1991). И как известно, ни один реальный исторический процесс не имеет «черных дыр» во времени. Земледелие развивалось постепенно, и в этом развитии можно найти свои взлеты и падения, но главное — в нем можно найти закономерности.

Земледелие было уже в то время, когда еще не приходилось говорить о каких-либо почвообрабатывающих орудиях. Зерна сеяли в землю без всякой обработки, протыкая лунки для них простой заостренной палкой. По сути дела это и была нулевая обработка почвы, только на более низком, примитивном уровне. Борьба с сорняками и удобрение почвы проводились самым простым способом — сжиганием леса. Сорняки сгорали, а древесная зола была прекрасным удобрением (В.Р. Вильямс, 1951; А. В. Воеводин, 1978; Н.А. Шпаковский, 2010).

Следующий шаг в земледелии — изобретение сохи, которую тянули люди или животные. Применение сохи позволило поднять производительность обработки почвы, но технология возделывания зерновых при этом мало изменилась. Просто вместо лунок зерна сажали в узкую борозду, образуемую лезвием сохи. Борозду заделывали вручную или таская по полю суковатую ветку — прообраз современной бороны. Борьба с сорняками и удобрение почвы не претерпели изменений, благо лесов еще хватало (П.А. Костычев, 1912).

Соха была эффективным орудием, пока можно было сжигать леса, расчищая и удобряя новые поля. А на старых полях плодородие почвы падало. И тогда, для повышения урожайности, нашли новый способ — обеспечить хорошее разрыхление и борьбу с сорняками.

Уже древние греки пользовались отвальным плугом, который запахивал сорняки на глубину, где они не могли прорасти. Классическая технология того времени — вспашка отвальным плугом, посев зерна вручную и боронование для заделки зерна в почву (П.А. Костычев, 1940; В.В. Докучаев, 1948; М.И. Сидоров, 1981, 1990; В.П. Заикин, 1996; Н.А. Шпаковский, 2010).

Повышение урожайности оставалось самым важным требованием и технология обработки почвы включала все новые дополнительные операции.

Наиболее распространенная технология, применявшаяся в середине XX века, включала следующие операции: вспашку, несколько культиваций, боронование и предпосевное выравнивание. Затем следовали посев и дополнительное прикатывание почвы. Мощность тракторов, глубина вспашки и ширина захвата плугов постоянно росли. Сами плуги совершенствовались, появились плуги для гладкой пахоты, не образующие развальной борозды.

Казалось, была одержана полная победа над природой. Но при этом были огромные затраты труда и ресурсов. В результате верхний слой почвы был разрыхлен, а слой ниже плужной подошвы сильно переуплотнен колесами тракторов. Эрозия почв охватила десятки миллионов гектаров. Содержание гумуса в лучших черноземах упало с 10–12 до 5–6%. Земледелие зашло в тупик.

В одном из канадских университетов висит плакат: «Немецкий плуг Сакса принес больше вреда, чем вся немецкая армия во Второй мировой войне». Стали задумываться о последствии плужной обработки.

Отвал переворачивает почву, но почва — это в первую очередь разнородные слои земли. В верхнем слое обитают бактерии, которые дышат кислородом, а глубже живут бактерии, которые на воздухе моментально погибают. При обороте пласта те и другие гибнут. А ведь эти бактерии своей жизнедеятельностью обеспечивают плодородие почвы, накопление в ней гумуса.

Другая проблема, связанная с применением плуга, — образование плужной подошвы, на глубине 20–25 сантиметров. В нормальных условиях влага перемещается по капиллярам, поступая то из нижних слоев в верхние, то из верхних — в нижние. А плужная подошва перекрывает почвенные капилляры, естественная циркуляция влаги в почве прекращается (С.И. Тайчинов, 1934; М.Г. Чижевский, 1953; П.К. Иванов, 1973; Г.Г. Данилов, 1982; И.П. Котоврасов, 1984; С.А. Воробьев, 1977, 1991).

Началась упорная борьба за внедрение безотвальной обработки почвы. Новый способ обработки исключал использование отвального плуга. Почва рыхлилась на глубину 10–15 сантиметров плоскорезами с широкими горизонтальными подрезающими ножами или чизельными рыхлителями с узкой стойкой.

С точки зрения технологической эволюции была исключена простая, но весьма энергоемкая операция — оборот почвенного пласта.

В Советском Союзе за бесплужную обработку почвы боролся известный агроном Мальцев. Технология совершенствовалась, удалось очистить поля от злостных сорняков без их запашки. Эта проблема была решена с изобретением гербицидов, которые через некоторое время после использования распадаются на безвредные составляющие.

Безотвальная обработка начала бурно развиваться во многих странах мира, прежде всего в США и Мексике. Результат: лучшие условия для роста и развития растений, экономия топлива (В.А. Юферов, 1965; Г.В. Маркелов, 1975; С. В. Боголепов, 1983; В.Ф. Кирдин, 1984; Х.Б. Дусаев, 1990; И.П. Таланов, 1995; Н.А. Шпаковский, 2010).

Следующим шагом на пути обработки почвы был переход к минимальной обработке, при которой глубина рыхления почвы равна глубине заделки семян, то есть гораздо меньше, чем при безотвальной. Основные положения этой технологии разработал в середине XIX века украинский ученый Иван Овсинский, создавший специальные орудия для неглубокой обработки почвенного слоя и успешно применил этот метод в собственном хозяйстве. Новая технология решала

целый комплекс задач: сохраняла плодородие черноземов, помогала справиться с засухами, избавиться от вредителей и сорняков (Г. Кант, 1980; Н.А. Шпаковский, 2010).

Нулевая обработка почвы — это уже не обработка в обычном смысле слова, а обеспечение комплекса условий для создания оптимальной структуры почвы. То есть складывается ситуация, когда обработки нет, а функция ее выполняется. В идеале при нулевой обработке нет вообще никакого воздействия на почву, но, несмотря на это, почва находится в состоянии, оптимальном для роста и развития растений. Благодаря равновесию между входящими в биоценоз организмами — травами, культурными растениями, микроорганизмами, животными и человеком необходимая работа человека сводится к минимуму. Сегодня нулевая технология — это отсутствие обработки почвы, за исключением воздействия сеялки.

По Гегелю, развитие материального мира подчиняется закону борьбы противоположностей. В результате эволюции мы в определенном смысле опять вернулись к первым шагам человечества в земледелии (З.С. Рахимов, И.Ф. Хабибуллин, 2009; Н.А. Шпаковский, 2010).

1.2.2. Проблемы и перспективы ресурсосбережения в России

Общеизвестно, что обработка почвы - один из основных элементов системы земледелия. Наиболее важными ее задачами всегда были: создание оптимального сложения почвы, благоприятного водного, воздушного и пищевого режимов, борьба с засоренностью полей. Наряду с этим, обработка почвы является и самым дорогостоящим агротехническим приемом (П.У. Бахтин, П.К. Иванов, 1976; В.Л. Волынский, 1988; А.И. Бараев, 1988; В.А. Милюткин, 2002; Л.В. Орлова, 2007; Кислов, 2011).

Из истории известно, что все системы обработки почвы в сельском хозяйстве зарождались как минимальные. Многолетняя интенсивная обработка почвы стала неотъемлемой частью мероприятий по освоению новых земель, и вместе с тем,

явилась причиной развития эрозии, деградации почвы, опустынивания и, как следствие, резкого уменьшения экономической эффективности (Н. Ф. Реймерс, 1974; А.И. Пупонин, 1984; М.Д. Г.И. Казаков, 1984, 1995, 1997; Авдеенко, 1987; Ф.Л. Козловцев, 1988; Н.А. Максютов, 1999; Р. С. Кираев, Х.М. Сафин, 2009).

На Американском континенте (Канада, США) интерес к нулевой технологии возник в 1931-1935 годах, после знаменитых пыльных бурь. Одновременно началось интенсивное внедрение прямого посева. Широкое распространение технологий берегающего земледелия стало возможным благодаря разработкам соответствующей техники, эффективных удобрений и средств защиты растений.

На настоящий момент минимальная обработка почвы и прямой посев преобладают на 90% площадей Западной Австралии. В Бразилии площадь под технологиями берегающего земледелия составляет более 17,3 миллионов гектаров.

В Латинской Америке площадь под берегающим земледелием составляет более 35 миллионов га. И этот объем неуклонно растет (А. Kunze, 1986; I.E. Rehm, 1987; Б.А. Черняков, 1997).

В целом, берегающие технологии успешно применяются в различных климатических условиях: от холодных регионов, до горячих тропиков, в засушливых зонах и в зонах избыточного увлажнения. По данным ФАО ООН, по технологии нулевой обработки возделывается около 100 млн га, 84% из которых находятся на американском континенте (С. Amerman, 1977; Р. Cornich, 1981; James A. Roberison, 1984; Х.П. Аллен, 1985; Е.И. Рябов, 2003).

Родоначальником нулевой технологии земледелия в России является И.Е. Овсинский, который в своей книге «Новая система земледелия» (была издана трижды в 1902, 1905 и 1909 гг.) на основе многочисленных опытов доказал, что землю надо обрабатывать не глубже двух дюймов (2,54 см).

В 30-х годах 20 века академик Н.А. Тулайков разработал систему мелкой обработки для засушливых районов Поволжья.

В Советском Союзе аналог нулевой технологии начал применяться с 1954 года. Широкое распространение безотвальной обработки было начато благодаря

трудам академика ВАСХНИЛ Т.С. Мальцева, который сформулировал главную задачу безотвальной обработки: способствовать однолетним растениям систематически улучшать почвенное плодородие. По его убеждению, традиционная вспашка резко изменяет условия жизнедеятельности микроорганизмов, усиливает аэробные процессы, разрушает структуру почвы, образует плужную подошву – мощное уплотнение почвы, ограничивающее корнеобитаемый слой (что сейчас подтверждается современными исследованиями). Постепенно Т. С. Мальцев пришел к выводу, что ежегодная вспашка вредна, нужно проводить лишь мелкое поверхностное лущение (П. Бараков, 1931; С.А. Воробьев, 1977; В.П. Нарциссов, 1982; Г.И. Баздырев, 2000; Е.И. Рябов, 1992).

Ученые понимали, что вспашка и дискование увеличивают потерю гумуса и препятствуют его образованию (почва иссушается, дождевые черви исчезают).

Техническое решение минимализации обработки почвы стало возможным благодаря почвозащитной системе земледелия, разработанной коллективом Всесоюзного института зернового хозяйства под руководством академика А.И. Бараева. В ее основе лежит плоскорезная обработка с максимальным сохранением стерни, которая позволила приостановить на огромных площадях ветровую эрозию (А.И. Бараев, 1988).

Безотвальная обработка почвы применялась в 70-80-е годы 20 века на больших площадях в Казахстане, Алтайском крае, Поволжье, на юго-востоке Украины. Везде были получены положительные результаты по повышению урожайности, предотвращению ветровой эрозии почвы. Но широкому внедрению данных технологий препятствовало отсутствие соответствующей техники, эффективных средств защиты растений, не было поддерживающей государственной политики (А.Я. Рассадин, 1985; В. Двуреченский, 2008).

В настоящее время интенсивные методы развития сельскохозяйственного производства требуют обязательного перехода к освоению принципиально новых технологических решений на базе достижения науки, внедрения открытий и изобретений, повышающих эффективность деятельности хозяйствующих

субъектов и позволяющих им перейти на более высокую ступень развития экономики (Е.И. Рябов, 1992; Н.Д. Чернов, 2005).

На сегодняшний день в отрасли растениеводства особую актуальность имеют две проблемы.

Первая – постоянно увеличивающиеся затраты на производство продукции из-за применения многооперационных технологий, постоянного роста цен на энергоносители, сельхозтехнику, минеральные удобрения, СЗР и услуги сторонних организаций (А.Я. Рассадин, 1985; Н.К. Шикула, 1990; А.В. Кислов и др., 2001, 2004; В.В. Каракулев, Ф.Г. Бакиров, В.Д. Вибе, 2004).

Вторая – потеря плодородных почвенных ресурсов и ухудшение экологической обстановки окружающей среды. Из-за процессов эрозии почв и чрезмерной минерализации гумуса, отвода земель под строительство ежегодно теряются значительные площади сельхозугодий. По статистике, в России от 60 до 80 % пашни находится в зоне ветровой и водной эрозии (А.Д. Воронин, 1987; А.В. Кислов, 1996; Г.И. Баздырев и др., 1990, 2000).

К этим проблемам еще следует добавить острую необходимость технического перевооружения и модернизация производства.

Решение этих задач, по мнению ряда ученых, возможно только при переходе на ресурсосберегающие технологии (П.У. Бахтин, 1969; Д. Белтов, 2003; С. Долаберидзе, 2008).

Традиционная система земледелия с использованием плуга, который полностью переворачивает почву и сильно ее рыхлит, вызывает разрушение структуры почвы. Она становится менее плодородной вследствие удаления соломы или ее сжигания и заделывания растительных остатков глубоко в почву, а также гибели агрономически полезной макро- и мезофауны почвы, микроорганизмов. Диски и лапы культиваторов также способствуют уплотнению почвы. (И.Б. Ревут, 1966, 1984; А.И. Пупонин, 1984; Г.Г. Черепанов, 1987; А.В. Пичугов, 1990; Н.В. Слесарев, В.Н. Абрамов, 1996; И.П. Макаров, Н.И. Картамышев, 1998; В.А. Гулидова, 1998).

В целом, можно отметить, что интенсивная механическая обработка почвы оказывает отрицательное воздействие на качество воды, воздуха, а также на климат и ландшафты.

По оценкам специалистов во всем мире безвозвратно потеряно 6 млн. га сельскохозяйственных угодий вследствие водной и ветровой эрозии. При правильном хозяйствовании с использованием сберегающих технологий эрозия должна уменьшиться на 96%. (В.И. Мусохранов, 1980; Л.В. Орлова, 2007; С. Корепанова, 2008).

Вспашка снижает инфильтрацию дождевых осадков и другой доступной влаги. Это происходит потому, что поверхность почвы остается без растительных остатков. Дождь и талые воды размывают комочки почвы, вымывают илистые частицы, которые закупоривают естественные поры. При закупорке и нарушении сети взаимосвязанных почвенных пор образуется плотная плужная подошва, которая ограничивает развитие корневой системы растений и накопление вегетативной массы, что отрицательно сказывается на урожайности (А.М. Алпатьев, 1959; Н. А. Качинский, 1963; М.М. Кононова, 1963, 1969; М.М. Абрамова, 1969; С.А. Вериги, 1972; Н.В. Козлов, 1988; В.Н. Кирюшин, 1996; С.Н. Немцев, 2005).

Существенный вклад в разработку ресурсосберегающих технологий взамен плужных внесли: И.Е. Овсинский, Н.М. Тулайков, Т.С. Мальцев, А.И. Бараев, У. Фолкнер, Е. Рассел, Х.П. Ален и многие другие.

В основе технологий сберегающего земледелия лежат следующие принципы:

- отсутствие или минимализация механической обработки почвы;
- сохранение растительных остатков на поверхности почвы;
- использование севооборотов, включающих рентабельные культуры и культуры, улучшающие плодородие почв;
- интегрированный подход к борьбе с вредителями и болезнями;
- использование сортов, отзывчивых к ресурсосберегающим технологиям.

К технологиям сберегающего земледелия относятся минимальная обработка и нулевая обработка почвы. В мире более 400 млн га возделывается по

минимальным технологиям, 100 млн га по нулевой. Обоснованию научных основ минимализации уделяли внимание многие ученые (А.В. Вражнов и др., 1978; Б.А. Доспехов, 1978; А.И. Ю. Одум, 1979; Шабаев, 1985; И.П. Макаров, 1988, 1990; Н.А. Максютов, 1995, 1999, 2004; И.Н. Шарков, 2009).

Минимальная обработка почвы – это обработка, обеспечивающая снижение энергетических затрат путем уменьшения числа и глубины обработок, совмещения операций и приемов в одном рабочем процессе, уменьшения обрабатываемой поверхности поля и применения гербицидов для борьбы с сорняками. Основа данной технологии заключается в существенном снижении затрат при сохранении уровня продуктивности поля и приводящая к снижению себестоимости продукции (С.А. Котт, 1961; И. П. Макаров, 1985; Г. С. Груздев, 1988; Н.И. Картамышев, 1992; А.И. Пупонин, 1978, 1995; Е.А. Саранин, 1994; И.С. Антанов и др., 2002).

Применение высокоэффективных гербицидов позволяет сократить число механических обработок как средства борьбы с сорняками при уходе за парами, и пропашными культурами (П. Ф. Ионин, 1983; А. В. Фисюнов, 1984; Г.И. Баздырев, 1990; Н.И. Картамышев, 1992; А.П. Царев, и др., 1996; А.В. Захаренко, 2000; В.П. Лухменев, 2000).

В интенсивном земледелии минимализацию обработки почвы следует рассматривать как важнейшее условие сохранения потенциального и повышения эффективного ее плодородия, а также защиты почвы от эрозии, улучшения гумусового баланса, уменьшения непроизводительных потерь питательных веществ и влаги. Кроме того, она обеспечивает сокращение сроков выполнения полевых работ (П.П. Колмаков, 1981; А.И. Пупонин, 1984; Т.И. Киекбаев, 1996; Кислов, 2002).

В нашей стране известны следующие основные направления минимализации обработки почвы:

сокращение числа и глубины основных, предпосевных и междурядных обработок почвы в севообороте при использовании гербицидов;

замена глубоких обработок поверхностными и мелкими, с использованием широкозахватных плоскорезов, тяжелых дисковых борон, луцильников, обеспечивающих высококачественную обработку за один проход агрегата;

совмещение нескольких технологических операций и приемов в одном рабочем процессе путем применения комбинированных почвообрабатывающих агрегатов;

уменьшение обрабатываемой поверхности поля путем внедрения полосной (колейной) предпосевной обработки при возделывании пропашных культур и использовании гербицидов (П.П. Колмаков, 1985; Е.К. Саранин, 1996; А.В. Кислов, 1996, 2002; Л.И. Самишев, 2009; М.Г.; Сираев, 2009).

Минимальная обработка, в первую очередь, должна применяться на черноземных, каштановых и других типах хорошо окультуренных почв с благоприятными для растений агрофизическими свойствами, а также на чистых от сорняков полях или при систематическом использовании гербицидов.

Ограниченное механическое вмешательство в почву и повышенное количество растительных остатков в сберегающей земледелии способствует увеличению популяции дождевых червей. Дождевые черви полезны тем, что они обеспечивают повторную утилизацию сельскохозяйственными культурами питательных веществ, получаемых из растительных остатков, и создают в почве большие поры, которые облегчают инфильтрацию воды. Также дождевые черви улучшают структуру почвы и способствуют более глубокому проникновению корней растений (Я.Н. Мухортов, 1968; Л.Н. Александрова, 1980; В.В.Егоров, 1981; Н.И. Зезюков, 1996; А.Х. Куликова, 1997).

В целом, важнейшее и общее для всех зон условие эффективного применения минимальной обработки почвы – высокий уровень агротехники, четкая технологическая дисциплина на полях, проведение механизированных работ в оптимальные сроки и с хорошим качеством, широкое использование эффективных средств защиты растений, применение удобрений с учетом планируемого урожая и высокая техническая оснащенность хозяйства (Х.П. Ален, 1985; Е. И. Рябов, 2003; В. Х. Яковлев, 2004).

Минимальную обработку подчас считают неизбежным переходным этапом от традиционного земледелия к No-Till. Без минимальной технологии хорошей урожайности при No-Till не будет: нужно накопить в верхнем слое почвы определенное количество пожнивных остатков. А этот процесс занимает несколько лет.

Проще говоря, тем, кто отказался от плуга нужно четыре-пять лет, прежде чем сделать выводы. Именно за это время сформируется система севооборотов, успеют окупиться затраты, вырастет урожайность (С. Шевченко, 2006).

Английские слова «No-Till» буквально означают «без обработки почвы». Главный принцип нулевой технологии – использование природных процессов, происходящих в почве: естественное насыщение кислородом и влагой, а также рыхления. Механическое воздействие на почву перед посевом и в процессе ухода за посевами – операции по вспашке, дискованию, культивации полностью отсутствуют. Растительные остатки остаются на поверхности почвы и создают подушку, во многом определяющую особенности нулевой технологии. Остатки формируют мульчирующий слой, который защищает почву от солнца, потери влаги, водной и ветровой эрозии. Благодаря мульчирующему слою растения не испытывают стресса из-за разницы температур, значительно увеличивается популяция почвенных микроорганизмов. На незащищенной растительными остатками почве вода смывает почвенные частицы. Дождевые капли, ударяясь о почву, вызывают её уплотнение (Н. М. Тулайков, 1963).

На почве, покрытой растительными остатками, стекающая вода прозрачна – частицы почвы не вымываются, эрозия не происходит. Дождевые капли разбиваются о солому и не уплотняют почву (А.А. Роде, 1965; И.А. Кузнецова, 1975; П. К. Иванов, 1977; Г.И. Казаков, 1989).

Покров из растительных остатков значительно уменьшает испарение влаги (на 80%) и способствует конденсации влаги атмосферного воздуха при его соприкосновении с более холодной поверхностью почвы под соломой (И. И. Канивец, 1977).

Температура открытой почвы в середине дня достигает 50-60 градусов С°. Происходит сильнейшее испарение влаги, почвенные процессы останавливаются.

Температура почвы под растительными остатками значительно ниже.

Горячий воздух проникает сквозь растительные остатки и, соприкасаясь с менее нагретой почвой, остывает, оставляя излишки влаги в виде росы.

Влажность почвы, сохраненная и приобретенная за счет растительных остатков, имеет большое значение в регионах с малым уровнем осадков, способствуя увеличению урожайности. Растения, возделываемые по нулевой технологии до 70% влаги, необходимой для жизнедеятельности, получают за счёт конденсирующейся атмосферной влаги (А.М. Алпатьев, 1954; И.А. Чуданов, 2003).

Существенно снижаются производственные затраты, в том числе на топливо. Сохраняется окружающая среда. Кроме того солома, разлагаясь, образует гумус, что увеличивает потенциал плодородия почвы. При этом, по оценкам специалистов, за последние сто лет потери гумуса из-за интенсивной распашки российских черноземов составили не менее 30%. А потеря 1% гумуса – это десятки лет на его восстановление (В.В. Пономарева, 1980; А. С. Степановских, 1997; С. Долабаридзе, 2008).

Единственным вмешательством в состояние почвы, при нулевой обработке, является прорезание посевной борозды при севе и внесении удобрений. Контроль сорняков базируется на применении гербицидов в период, предшествующий посеву, и после него (М.М. Ломакин, 1988; Я.Т. Суюндуков, 2001; В.А. Милюткин, 2002; К.К. Ламорка, 2002).

Как уже говорилось, современная система почвосберегающего или «No-Till» земледелия зиждется на одном главном принципе: постоянное покрытие почвы растениями или пожнивными остатками. Этого можно достичь, если не обрабатывать почву, оставлять в поле пожнивные остатки, сеять покровные и сидеральные культуры, такие как люцерна, вика, клевер. Диверсификация культур – важная составная этой системы земледелия, так как чем шире набор культур, тем легче управлять системой (Г.Н Лысак, 1981; Э. Рассел, 1985; С.А. Ма, 2000).

На полях, где проводится мульчированный, либо прямой посев, растительные остатки не дают структурным частичкам почвы размываться дождевыми каплями. При этом в почве остается больше естественных пор и каналов, позволяющих воде легче просачиваться. За счет естественных факторов природы плужная подошва разрушается. Это очень важно для проникновения влаги в глубокие слои почвы, для снижения стока воды и испарения с поверхности почвы.

При применении прямого посева почва обладает более высокой слитностью, что обеспечивает накопление большого объема воды. Кроме того, прямой посев, при дефиците влаги, способствует увеличению урожайности (Ф.Т. Позднякова, 1978; Г. Моргун, 1988, А.В. Печенкин, 1988).

Исследования немецкого ученого Ф. Тебрюгге показали, что применение прямого посева на 40% сокращает потери азота в результате смыва поверхностными водами и ежегодно увеличивает содержание углерода в почве на 0,7 тонн на га.

Длительные исследования показали, что при использовании прямого посева повышается микробиологическая активность почвы в верхнем слое, где находится большая часть корневых систем (ризосфера). Технология нулевой обработки приводит к значительному увеличению количества и многообразия почвенных организмов, особенно клещей, питающихся микроскопическими грибами. Клещи используют часть азота, а оставшаяся его часть используется растениями и другими организмами (М. В. Федоров, 1954; О.Е. Авров, 1979; М.В. Базалинская, 1989; В.В. Каракулев, 2004).

Нулевая обработка способствует естественному накоплению азота в почве. Нитрификация азота производится клубеньковыми и свободноживущими почвенными микроорганизмами. Для этого им необходима влага, температура 10-45 С°, наличие питательных веществ и соответствующие условия аэрации. Клубеньковые бактерии бобовых растений способны накапливать в год от 70 до 300 кг азота на 1 га. При отсутствии вспашки анаэробные бактерии занимают свой ярус почвы и способны связывать в год от 60 до 400 кг азота на 1 га.

Повышенная микробиологическая активность почвы способствует быстрому превращению растительных остатков в питательные вещества, а также обеспечивает ускоренное разложение загрязняющих химических соединений (В.А. Ковда, 1971; В.М. Андреева, 1987; В.И. Кирюшин, 1996).

При постоянном использовании технологий минимальной и нулевой обработки происходит увеличение содержания наиболее подвижной (лабильной) части гумуса в верхних слоях почвы, где концентрируется наибольшее количество органики в виде соломы и пожнивно - корневых остатков.

При внедрении нулевой технологии через несколько лет происходит накопление органического вещества в верхнем слое почвы, толщиной 10-18 см. органическое вещество образуется из распадающихся корней растений и переработанных дождевыми червями растительных остатков. Масса растительных остатков после уборки урожая в зависимости от культуры составляет 5-10 тонн на 1 га. Они содержат в себе 6-12% азота, фосфора и калия, что составляет 300-1200 кг действующего вещества на 1 га. Сжигание растительных остатков уничтожает естественные природные удобрения (Н.И. Гринько, 1968; В.Ф. Аникович, 1987; А.А. Громов, 1991; А.С. Извеков, 1992).

Для проведения качественного сева по нулевой технологии, необходимо, чтобы поле было выровненным, пожнивные остатки равномерно распределены, сеялка должна прорезать почву и пожнивные остатки, не вмяная их в семяложе. Попав в семяложе, они выделяют токсические вещества при разложении, что отрицательно сказывается на всхожести семян. Причинами попадания остатков растений в семяложе является переувлажненная почва, либо тупой нож из некачественной стали (Д. Белтов, 1969; Д.Н. Буров, 1975; С. Данкверт, 2002).

При уборке урожая необходимо уделить особое внимание равномерному распределению растительных остатков по полю, поскольку валки и кучи будут препятствовать качественному севу, равномерному прогреванию почвы, а также будут служить резервациями для размножения вредителей.

Выезд автотранспорта на поле при уборке урожая недопустим, т.к. происходит переуплотнение почвы и образуется колея от колес, препятствующая

качественному севу. Для вывоза урожая производят загрузку машины на краю поля. Для снижения давления на почву, на трактора и комбайны рекомендуется устанавливать сдвоенные колеса или шины низкого давления.

Рекомендуемая скорость сева – 5-10 км/ч, что необходимо для сохранения структуры почвы и покрытия из растительных остатков.

Временное падение урожайности при «No-Till» составляет 10-15%. Срок, за который выравнивается снизившаяся урожайность – 4 года, экономия на ГСМ – 66%. При этом вложенные затраты на гербициды, технику и инвестиции на введение технологий должны окупиться за 2-3 года (Б.А. Доспехов, 1977; П.А. Забазный, 1983; Е.М.Зенкова, 1988; М.И. Комаров, 1990; С. Корепенова, 2008).

Таким образом, преимущества ресурсосберегающих технологий заключаются в следующем:

- экономия топлива;
- снижение потерь влаги в условиях, когда содержание ее в поверхностном слое почвы является критическим;
- предотвращение эрозии;
- повышение уровня плодородия почвы;
- увеличение содержания наиболее подвижной части гумуса;
- максимальное накопление в почве подвижного фосфора и калия;
- экономия оборудования;
- использование более надежного и качественного оборудования;
- экономия времени;
- экономия рабочей силы;
- экономия затрат по всему технологическому циклу.

Кроме того, в настоящее время все большее распространение в России получает точное (прецизионное) земледелие. Технология точного земледелия рассматривает каждое поле как неоднородное по рельефу, почвенному покрову, агрохимическому содержанию и подразумевает применение на каждом участке поля разных агротехнологий (С. Михайлов, 2001; Дж. Тейлор, 2009).

Рассматривая ресурсосбережение как философию, ответ на вопрос «Почему же мы пашем?» звучит следующим образом. Мы пашем в силу инерции мышления и потому что не знаем как уйти от дополнительных затрат, возникающих в результате перехода на иную систему земледелия. Ресурсосбережение зачастую сводится к технологиям почвообработки, а это неверно. Открытия в области новых технологий имеют локальный характер, привязаны к конкретному месту и способу решения производственных задач (Т. Булатова, 2008).

Хозяинов сразу привлекает производительность машин. При этом отказ от вспашки имеет свои недостатки. Уплотнение почвы, большое количество растительных остатков, накопление сорняков и возбудителей болезней, увеличение количества вредителей, дополнительные расходы на обработку, изменение процессов разложения препаратов в почве, т.к. при более интенсивном их применении уровень накопления остатков вредных веществ может сильно превышать допустимые уровни. В результате меняются сроки ожидания после обработок. Справиться с этими проблемами можно с помощью системы севооборотов и системы промежуточных культур. Для снижения использования пестицидов можно увеличить количество обработок, а можно найти способы, чтобы не повышать затраты. Так, для снижения затрат на инсектициды необходимо прервать цикл размножения вредителей чередованием культур. В целом, переходить с классической системы земледелия, ключевым звеном которой является отвальная вспашка, на ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур необходимо сразу, так как частичное использование элементов сразу двух этих систем приводит к наихудшим результатам.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что у минимизации обработки почвы и отказа от плуга существует столько же сторонников, сколько и противников. Это целый пласт знаний, который предстоит освоить и развить. Говоря о ресурсосбережении, мы подразумеваем основной и самый важный сберегаемый ресурс – землю. Эта идея еще не везде получила признание. Сегодня

земля, как ресурс, недооценен по всем направлениям – от бонитировки, до передачи в собственность. И пока ресурсосбережение не станет философией аграрного бизнеса, экономической отдачи ждать не следует (В. А. Добрынин, 1990; Н.К. Шикула, 1990; А.П. Холопянников, 1995; С. Шевченко, 2006; С. Долабаридзе, 2008).

2. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСЛЕДОВАНИЙ

2.1. Агроклиматическая и почвенная характеристика степной зоны Оренбургского Предуралья

Находясь в глубине единого Евразийского материка, Оренбургская область располагается в двух частях света: Европе и Азии, и в трех природных странах: на Русской равнине, в Уральской горной стране, в Тургайской столовой стране. Все это и предопределяет большое геологическое, биологическое и ландшафтное разнообразие ее территории.

Территория области представляет собой вытянутую с запада на восток полосу длиной примерно 755 км очень неравномерной ширины. На западе ее простирание с севера на юг составляет 320 км, на востоке — 215 км, в самой узкой части — всего 51 км.

Территория области, занимающая 124 тыс. км², не составляет единого целого ни по природным условиям, ни по составу населения, ни по истории заселения и хозяйственного освоения, ни по современному экономическому потенциалу. Существующие сегодня границы области были установлены 7 декабря 1934 г.

Основные черты климата Оренбуржья определяются его удаленностью от океана. Как и другие глубинные районы Евразии, оно лишено смягчающего влияния морских воздушных масс, поэтому здесь ярко выражен континентальный климат.

Климат Оренбуржья характеризуется теплым летом и холодной зимой с устойчивым снежным покровом, относительно малым количеством осадков, а также высокими годовыми амплитудами температуры, которые растут в восточном направлении за счет нарастания суровости зим.

В зимнее время Оренбуржье находится под влиянием области высокого давления. Летние антициклоны имеют западное происхождение и приносят со стороны Средиземного моря тропический воздух, вместе с которым приходит тепло, но мало влаги.

Степной ландшафт имеет свои климатические границы только на севере и юге. Что касается изменений климатических показателей в пределах степной зоны с запада на восток, то они свидетельствуют о нарастании континентальности климата. Так, средняя годовая температура в пределах Оренбургской области изменяется от $+4^{\circ}\text{C}$ до $+1,5^{\circ}\text{C}$ (юго-запад и восток области соответственно). Сумма температур выше 10°C (при которой происходит активная вегетация большинства сельскохозяйственных культур) колеблется от 2300 — 2400° на севере и до 2600 — 2700° в южных районах. Коэффициент атмосферного увлажнения (K_u) равен 0,55 (непромывной тип водного режима); гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,54-0,60; биоклиматический потенциал (БКП) – 1,91.

Одним из показателей континентальности климата области является большая годовая амплитуда температур воздуха, равная 36 — 37°. Абсолютная температура составляет 85 — 89°.

Осадки на территории области распределяются неравномерно. Их количество убывает с северо-запада (450 мм в год) на юго-восток (280 мм в год). Примерно 60—70% годового количества осадков приходится на теплый период. Для большей части области максимум осадков отмечается в июле, минимум — в феврале.

Характерной чертой климата Оренбуржья является его засушливость. Летние осадки, как правило, имеют ливневый характер. Нередко в течение одного дня выпадает от 30% до 50% всей нормы вегетационного периода. Выпавшие

осадки не успевают впитаться в почву. Низкая обеспеченность оренбургских степей влагой часто приводит к засухе. Во внутренних районах антициклона засуха может длиться 20 — 25 дней.

Повторяемость и длительность периодов с засухой и суховеями в Оренбуржье бывает различной. За последнее столетие в северо-западных районах области сильные и средние засухи наблюдались один раз в 3—4 года, а в южных районах — один раз в 2 — 3 года.

Оренбургская область почти целиком лежит в зоне черноземных почв. Лишь на самом юге они сменяются темно-каштановыми почвами, а на крайнем севере выделяется тип серых лесных почв. Семейство черноземов состоит из нескольких подтипов. С севера на юг происходит их широтно-зональная смена. (В.Е. Тихонов, 1999; А.А. Чибилев, 1999; В.М. Кононов, 2002).

Место проведения наших исследований, землепользование учхоза ОГАУ, относится к четвертой (центральной, степной) почвенно-климатической зоне области и к Юго-Западному ПСХР. Расположено оно на южном склоне рек Урала и Сакмары на террасе в пойме реки Урала. По геоморфологическому строению территория разделена на две части: северную возвышенную, водораздельную и южную - равнинную. Почвенный покров хозяйства представлен в основном чернозёмом южным, толщина горизонта А колеблется от 17 до 29 см. Окраска почв серовато-чёрная со слабым красно-бурым оттенком. Почвы высококарбонатные (содержание карбонатов колеблется от 15,3 до 23,2%), что обуславливает щелочную реакцию почвы. Это объясняется характером почвообразующих пород. Содержание гумуса в 0-30 см слое составило 3,8%.

В структуре пахотных угодий области черноземы занимают 79% площадей, подтип темно-каштановых почв — 16%, серые лесные почвы — 4%. Среди черноземов наибольшую площадь занимают черноземы южные — 44%, обыкновенные — 26%, типичные и выщелоченные — 9%. В подзонах южных и обыкновенных черноземов соответственно — 14% и 7% площади занимают солонцы. Площади, занятые обыкновенными черноземами, составляют 2917,0 тыс. га. Наибольшая площадь приходится на южные черноземы — 3527,0 тыс. га.

Темно-каштановые почвы имеют площадь 1402,0 тыс. га. Типичные солонцы занимают 725,8 тыс. (А.А. Чибилев, 1999; В.М. Кононов, 2002; Н.Р. Баталова и др., 2003).

В Оренбургском ГАУ ресурсосберегающие системы обработки почвы разрабатываются с 1989 г. в зернопаропропашном (чистый пар - озимая рожь - яровая пшеница - яровая пшеница - кукуруза - яровая пшеница - ячмень) и зернопаровом (чистый пар - озимая пшеница - просо - яровая пшеница - ячмень) севооборотах. Полевой стационарный опыт на южном среднемощном тяжелосуглинистом черноземе включает 16 вариантов. Контролем служит разноглубинная отвальная обработка. Различный уровень минимизации достигался путем замены вспашки мелкими, глубокими безотвальными и нулевыми обработками.

Исследования показали, что минимизация основной обработки сопровождалась повышением содержания гумуса в почве. Приращение его запасов в пахотном слое происходило за счет верхнего (0-10 см) и среднего (10-20 см) слоев, тогда как в нижнем (20-30 см) слое содержание гумуса снижалось. При ежегодной вспашке в течение 12 лет запасы гумуса в пахотном слое снизились на 0,19 %.

При минимальной системе обработки отмечена преимущественная локализация питательных веществ в верхнем слое при общем увеличении их содержания в пахотном слое почвы.

Кроме того, важным результатом минимизации обработки является повышение в пахотном слое почвы, в сравнении со вспашкой, содержания структурных (на 6,6 - 9,8%) и ветроустойчивых (на 6,5-9,8%) агрегатов, причем увеличение идет в строгом соответствии с уровнем минимизации - от вспашки к варианту с шестью нулевыми обработками.

Таким образом, мелкие и нулевые обработки почвы - важнейшие факторы повышения плодородия наших черноземов, поэтому их целесообразно по возможности чаще включать в системы обработки в зернопаропропашных

севооборотах, а в зернопаровых системы обработки почвы полностью должны быть основаны на них. (Ф.Г. Бакиров, 2008).

Погодные условия исследуемых лет отражены в таблицах 1 и 2 и на рис. 1,2.

1. Гидротермические условия в годы проведения исследований

Погодные условия в годы исследований.

Показатели, год	Месяцы												Сумма осадков и среднемесячная температура за год
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Осадки, мм 2008-2009	51	21	19	4	23	25	21	26	35	20	14	43	302
2009-2010	14	56	11	51	22	30	34	21	1	1	11	34	286
2010-2011	14	18	72	29	11	21	19	26	47	38	28	25	348
Среднемноголетние	32	39	29	26	19	18	24	25	41	39	41	34	367
Температура, °С 2008-2009	12,2	6,9	1,5	-14,9	-13,4	-10,9	-4,1	5,3	15,1	22,8	22,9	23,2	5,5
2009-2010	16,0	7,3	-0,9	-10,6	-18,6	-15,1	-5,5	7,4	18,5	24,8	26,3	25,0	6,2
2010-2011	16,0	4,8	2,5	-4,8	-13,9	-16,4	-7,0	6,9	15,9	18,9	25,8	20,5	4,9
Среднемноголетние	32	4,5	-4,0	-11,2	-14,8	-14,2	-7,3	4,8	15,0	19,7	21,9	20,0	5,5

2. Метеорологические условия вегетационных периодов

Годы	Месяцы	Осадки, мм					Среднесуточная температура воздуха,					Число дней с относительной влажностью воздуха 30% и ниже
		декада			сумма за месяц	средне-много-летнее	декада			средняя за месяц	средне-много-летняя	
		I	II	III			I	II	III			
2009	апрель	7	11	8	26	25	3,4	4,6	7,9	5,3	5,2	11
	май	1	20	14	35	41	15,4	14,1	15,7	15,1	15,9	17
	июнь	1	19	0	20	39	22,3	24,3	21,3	22,8	19,7	9
	июль	12	0	2	14	41	18,6	24,4	23,9	22,3	21,9	3
	август	16	11	16	43	34	22,4	24,1	23,1	23,2	20,0	12
2010	апрель	13	4	4	21	25	2,9	7,6	11,7	7,4	5,2	6
	май	0,3	0,1	0,5	1	41	18,8	20,0	16,8	18,5	15,9	23
	июнь	0,0	0,7	0,4	1	39	23,3	23,9	27,1	24,8	19,7	29
	июль	2	8	1	11	41	26,2	24,3	28,4	26,3	21,9	25
	август	6	17	11	34	34	29,0	24,8	21,6	25,0	20,0	27
2011	апрель	5	20	0,9	26	25	2,8	7,9	9,9	6,9	4,8	6
	май	26	0,3	21	47	41	15,0	15,0	17,4	15,9	15,0	21
	июнь	17	6	15	38	39	17,0	19,0	20,7	18,9	19,7	2
	июль	27	0,4	0,2	28	41	27,5	22,9	26,9	25,8	21,9	21
	август	9	0	16	25	34	21,0	25,1	15,4	20,5	10,0	15

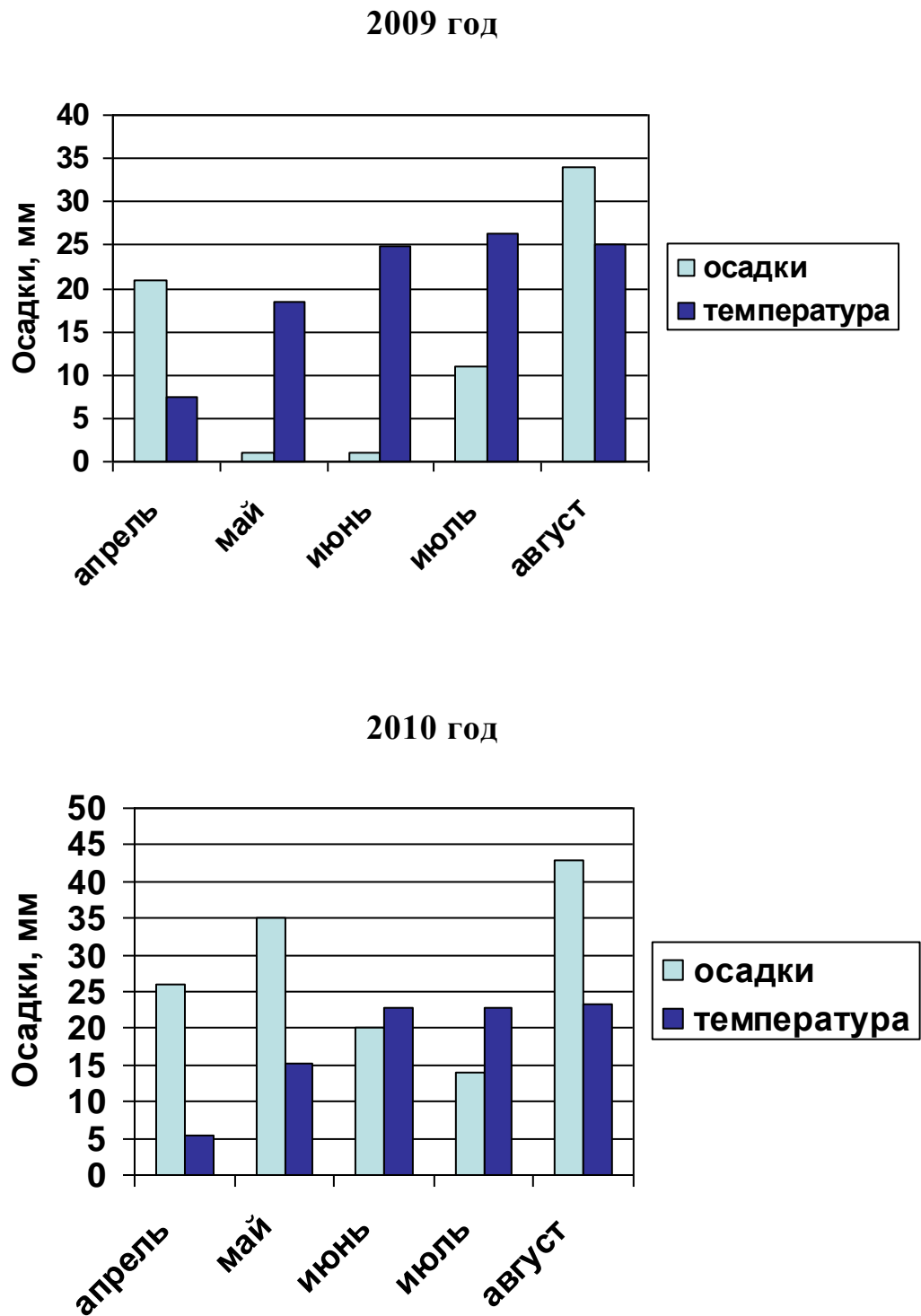
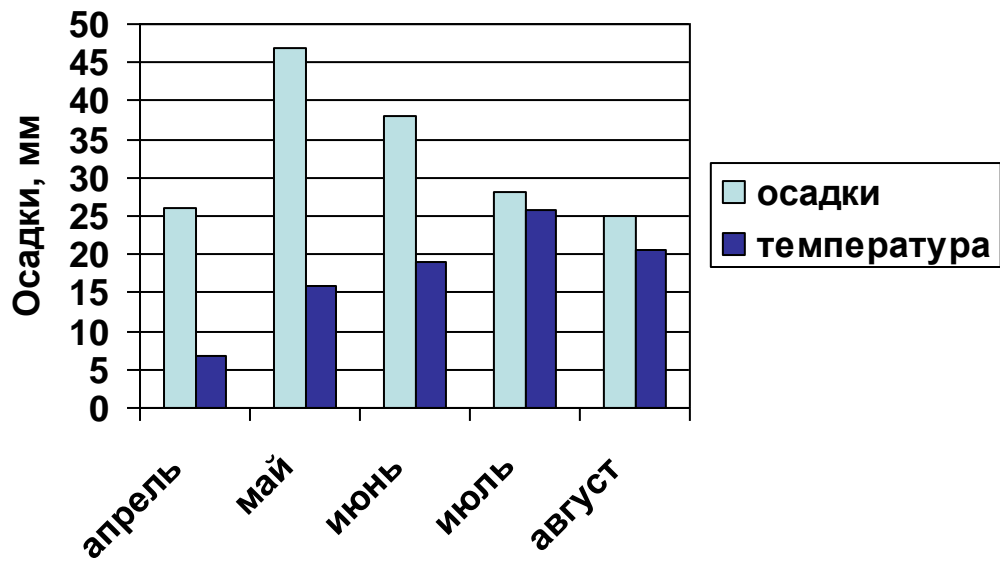


Рис. 1 Погодные условия за вегетационный период овса 2009-2010 гг.

2011 год



Среднемноголетнее

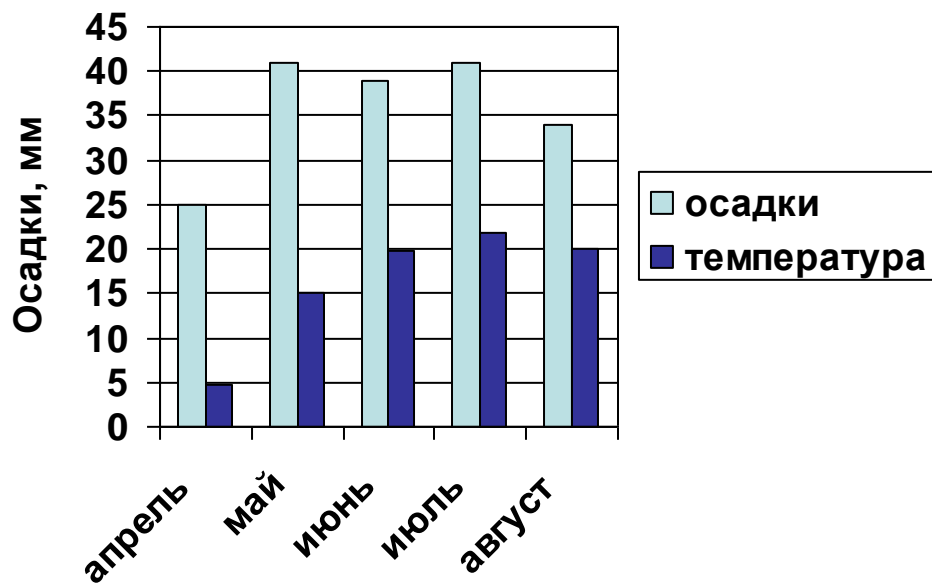


Рис. 2 Погодные условия за вегетационный период овса 2011 года и среднемноголетние.

2008 - 2009 сельскохозяйственный год оказался более засушливым, чем предыдущий. Всего за год выпало 302 мм осадков, при среднемноголетнем значении 367 мм. Особенно засушливыми были июнь (20 мм) и июль (14 мм), что в 2, и в 3 раза соответственно меньше среднемноголетней нормы осадков при среднесуточных температурах, превышающих среднемноголетние показатели. Гигроскопический коэффициент был равен 0,44, а в 2008 – 0,66, при среднемноголетнем значении 0,58 (таблица 3).

3. Сумма осадков, положительных температур и ГТК в годы исследований

Годы	Сумма осадков за период май-август, мм	Сумма положительных температур воздуха за период май-август, °С	Гидротермический коэффициент
2009	112	2545,5	0,44
2010	47	2907,8	0,16
2011	138	2495,2	0,55
Среднемного-летнее	139	2354,9	0,59

2009 - 2010 сельскохозяйственный год был чрезвычайно засушливым, сумма осадков за сельскохозяйственный год составила всего 286 мм или 77% от нормы. Осенний период 2009 года был засушливее обычных лет: за сентябрь-ноябрь выпало 81 мм при 100 мм по среднемноголетней норме. За зимние месяцы: декабрь-март сумма осадков составила 137 мм против 87 мм по норме, в апреле - близко к норме - 21 против 25 мм, и это предопределило довольно высокие запасы влаги перед посевом – 137 мм против 87 мм. Однако за май – июль сумма осадков составила всего 13 мм или 10,7% от нормы. К недостатку влаги добавилась

аномально жаркая погода, гидротермический коэффициент за этот период оказался крайне низкий – 0,05, что характерно для пустыни.

Засуху 2010-2011 сельскохозяйственного года можно отнести к типу комбинированной или прерывчатой, когда в разное время вегетации с.-х. культур она чередуется с влажными периодами.

В сентябре 2010 года засуха продолжалась, число суховейных дней составило 22 при дефиците осадков, которых выпало 14 мм по норме 32 мм. Максимальная температура в отдельные дни достигала 34 °С, хотя в целом сентябрь был прохладней обычного на 2,4 °С. В ноябре в виде мокрого снега и снега выпало 72 мм осадков (норма 29 мм), В декабре и феврале осадков выпало несколько больше нормы, 29 и 21 мм соответственно, в январе отмечался их недобор, при норме 19 мм он составил 8 мм. Температура воздуха в декабре составила - 4,8 °С по норме - 11,2 °С, январь по этому показателю приближался к среднемуголетней, а февраль был холоднее обычного на 2,2 °С, в отдельные дни минусовая температура достигала 35 °С.

За вегетационный период (апрель-август) выпало 164 мм осадков, по норме 180 мм, он был теплее обычного на 1,4 °С. Недобор осадков за 2010-2011 с.-х. год составил 19 мм (среднеуголетняя норма 367 мм), по температуре он превышал норму на 0,4 °С. ГТК за истекший год максимально приблизился к среднемуголетнему показателю – 0 58 и составил 0, 55.

В целом сельскохозяйственный 2010-2011 год можно считать, судя по урожайности, благоприятным для многих культур, несмотря на жесточайшую июльскую засуху.

2.2. Схема и методика проведения опытов

Экспериментальные исследования проводились в опытном стационаре кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии. Место проведения – опытное поле Оренбургского ГАУ.

Приемы обработки почвы в системе трех предшествующих и четвертой (исследуемой) ротаций севооборотов представлены в таблицах 4,5,6.

На фоне предшествующих систем обработки почвы под горох (фактор В): вспашки на 25-27 см, глубокого плоскорезного рыхления на 25-27 см, мелкого рыхления на 12-14 см и дискования на 10-12 см бороной БДТ-720, непосредственно под овес (фактор А) проводили вспашку на 23-25 см, плоскорезное рыхление на 23-25 см, мелкое рыхление комбинированным культиватором Смарагд на 12-14 см и нулевую обработку, при которой солома гороха при уборке измельчалась и заделывалась в почву или оставлялась на поверхности в виде мульчи.

Повторность опыта – четырехкратная в пространстве и трехкратная во времени. Площадь делянок при обработке составляла $30 \times 30 \text{ м}^2 = 900 \text{ м}^2$, затем, при посеве, она делилась на две, и на каждой половине проводился посев одной из сеялок (фактор С): АУП-18,05 со стрельчатыми лапками или СС – 6.0 А (Бастер) по технологии No-till.

В исследованиях использовали семена сорта Астор. Норма высева составила 4 млн. всхожих семян на 1 га. Норма высева рассчитывалась таким образом, чтобы обеспечить густоту стояния растений, при которой будут созданы оптимальные условия их развития. Глубина заделки семян - 5-6 см.

Для основной обработки почвы использовались следующие агрегаты: для вспашки – трактор Т-4А с плугом ПН-6-35, для плоскорезного рыхления – трактор ДТ-175 с культиватором КПГ-250, для мелкого рыхления – трактором CASE-N с комбинированным орудием Смарагд. Посев осуществлялся по физической спелости почвы сеялками АУП-18,05 и СС-6.0 А, агрегатируемыми с трактором Т-150.

Уборку проводили прямым комбайнированием. Учет осуществлялся комбайном Сампо -500.

Используемая в опыте агротехника соответствовала рекомендуемой в данной зоне.

В течение вегетации фиксировались и обрабатывались следующие данные:
- метеорологические условия по данным Оренбургской метеостанции;

- плотность почвы методом цилиндров по С.И. Долгову в слоях 0-10, 10-20, 20-30 см в начале и в конце вегетации;
- влажность почвы термостатно - весовым методом;
- засоренность посевов определялась количественно-весовым методом по методике ТСХА. На изучаемых вариантах учет проводился в фазу всходов и перед уборкой овса путем подсчета сорняков на пробных накладках размером 0,5 x 0,5 (0,25 м²) в четырех случайно выбранных местах каждой делянки;
- густота стояния растений (в фазу полных всходов и перед уборкой) на закрепленных площадках накладками площадью 0,25 м²;
- учет урожая (прямым комбайнированием Сампо-500), учетная площадь делянки – 54 м². Убранное зерно взвешивалось на весах. Одновременно проводился отбор проб для определения влажности и засоренности зерна. Данные по урожайности приводили к 100%-ой чистоте и стандартной влажности (14%) и математически обрабатывали методом дисперсионного анализа полевого опыта (Б.А. Доспехов, 1985).
- количество корневых и пожнивных остатков определялось по уравнениям регрессии, рассчитанным на основании многолетних исследований кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии ОГАУ.
- экономическая эффективность (с помощью ПЭВМ), на основе технологических карт по нормативам и расценкам в сопоставимых ценах.

Таким образом, схема опыта включала 16 различных по интенсивности систем обработки почвы в зернобобовом звене севооборота озимая пшеница – горох – овес (А.С. Васильева, 2010).

4. Система обработки почвы в первой ротации севооборота

Зернопаропропашной						
№ варианта	Пар чистый – озимая рожь 1988-1992	Яровая пшеница твердая 1991-1993	Яровая пшеница мягкая 1992-1994	Кукуруза 1993-1995	Яровая пшеница мягкая 1994-1996	Ячмень 1995-1997
1	В 28-30	В 20-22	В 20-22	В 28-30	В 20-22	В 20-22
2	В 28-30	П 20-22	В 20-22	Б 28-30	В 20-22	П 20-22
3	В 28-30	М 10-12	В 20-22	П 28-30	В 20-22	М 10-12
4	В 28-30	Н	В 20-22	Ч 38-40	В 20-22	Н
5	Б 28-30	В 20-22	П 20-22	В 28-30	П 20-22	В 20-22
6	Б 28-30	П 20-22	П 20-22	Б 28-30	П 20-22	П 20-22
7	Б 28-30	М 10-12	П 20-22	П 28-30	П 20-22	М 10-12
8	Б 28-30	Н	П 20-22	Ч 38-40	П 20-22	Н
9	П28-30	В 20-22	М 10-12	В 28-30	М 10-12	В 20-22
10	П28-30	П 20-22	М 10-12	Б 28-30	М 10-12	П 20-22
11	П 28-30	М 10-12	М 10-12	П 28-30	М 10-12	М 10-12
12	П 28-30	Н	М 10-12	Ч 38-40	М 10-12	Н
13	М 10-12	В 20-22	Н	В 28-30	Н	В 20-22
14	М 10-12	П 20-22	Н	Б 28-30	Н	П 20-22
15	М 10-12	М 10-12	Н	П 28-30	Н	М 10-12
16	М 10-12	Н	Н	Ч 38-40	Н	Н

Примечание: В - вспашка, Б - безотвальное рыхление, М – мелкое рыхление, Д – дискование, П – плоскорезное рыхление, Ч - чизельное рыхление, Н- нулевая (без основной обработки).

5. Система обработки почвы во второй и третьей ротациях севооборота

Зернопаровой севооборот					Зернопаропропашной севооборот			
№ варианта	Пар чистый – озимая пшеница 1996-1999	Просо 1998-2000	Яровая пшеница мягкая 1999-2001	Ячмень 2000-2002	Пар чистый - озимая и яровая пшеница 2001-2004	Нут 2003-2005	Яровая пшеница твердая 2003-2006	Подсолнечник 2005-2007 2005-2007
	1	В 28-30	В 25-27	В 20-22	В 20-22	В 28-30	В 25-27	В 23-25
2	В 28-30	Б 25-27	В 20-22	Б 20-22	В 28-30	Б 25-27	В 23-25	Б 25-27
3	В 28-30	П 25-27	В 20-22	М 12-14	В 28-30	П 25-27	В 23-25	М 12-14
4	В 28-30	М-12-14	В 20-22	Н	В 28-30	М-12-14	В 23-25	Н
5	Б 28-30	В 25-27	П 20-22	В 20-22	Б 28-30	В 25-27	Б 23-25	В 25-27
6	Б 28-30	Б 25-27	П 20-22	Б 20-22	Б 28-30	Б 25-27	Б 23-25	Б 25-27
7	Б 28-30	П 25-27	П 20-22	М 12-14	Б 28-30	П 25-27	Б 23-25	М 12-14
8	Б 28-30	М 12-14	П 20-22	Н	Б 28-30	М 12-14	Б 23-25	Н
9	П28-30	В 25-27	М 10-12	В 20-22	М 12-14	В 25-27	М 12-14	В 25-27
10	П28-30	Б 25-27	М 10-12	Б 20-22	М 12-14	Б 25-27	М 12-14	Б 25-27
11	П 28-30	П 25-27	М 10-12	М 12-14	М 12-14	П 25-27	М 12-14	М 12-14
12	П 28-30	М 12-14	М 10-12	Н	М 12-14	М 12-14	М 12-14	Н
13	М 10-12	В 25-27	Н	В 20-22	Н	В 25-27	Н	В 25-27
14	М 10-12	Б 25-27	Н	Б 20-22	Н	Б 25-27	Н	Б 25-27
15	М 10-12	П 25-27	Н	М 12-14	Н	П 25-27	Н	М 12-14
16	М 10-12	М 12-14	Н	Н	Н	М 12-14	Н	Н

6. Схема обработки и глубина под культуры в 4 ротации севооборота.

№ п/п	В пару под озимую пшеницу 2006-2009	Горох АУП-18.05 2008-2010	Овес АУП-18.05 + СС-6.0А 2009-2011	Гречиха АУП-18.05 + СС-6.0 А 2010-2012
1	БДН-3-8-10 В-28-30	БДН-3-8-10 В-23-25	В-23-25	В-25-27
2	БДН-8-10 В-28-30	БДН-3 Б-23-25	В-23-25	П-25-27
3	БДН-8-10 В-28-30	БДН-3 Смарагд-12-14	В-23-25	М-12-14
4	БДН-8-10 В-28-30	БДН-3	В-23-25	Д-8-10
5	БДН-8-10 Б-28-30	БДН-3 В-23-25	Б-23-25	В-25-27
6	БДН-8-10 Б-28-30	БДН-3 Б-23-25	Б-23-25	П-23-25
7	БДН-8-10 Б-28-30	БДН-3 М-12-14	Б-23-25	М-12-14
8	БДН-8-10 Б-28-30	БДН-3	Б-23-25	Д-8-10
9	БДН-8-10 М-12-14	БДН-3 В-23-25	М-12-14	В-25-27
10	БДН-8-10 М-12-14	БДН-3 Б-23-25	М-12-14	П-25-27
11	БДН-8-10 М-12-14	БДН-3 М-12-14	М-12-14	М-12-14
12	БДН-8-10 М-12-14	БДН-3	М-12-14	Д-8-10
13	Нулевая весной БДН-3	БДН-3 В-23-25	нулевая	В-25-27
14	Нулевая весной БДН-3	БДН-3 Б-23-25	нулевая	П-25-27
15	Нулевая весной БДН-3	БДН-3 М-12-14	нулевая	М-12-14
16	Нулевая весной БДН-3	БДН-3	нулевая	БДН-8-10

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Влияние приемов основной и предпосевной обработки почвы на ее агрофизические свойства в посевах овса

3.1.1. Плотность сложения и строение пахотного слоя почвы

Основными агрофизическими показателями почвы являются плотность сложения и пористость, которые характеризуют строение пахотного слоя.

Плотность почвы зависит от структурности почвы, гранулометрического состава, содержания гумуса, органического вещества и определяет сопротивление прониканию в почву как сельскохозяйственных орудий, так и корней растений. Плотность определяет водный и воздушный режимы, биологическую активность, развитие корневой системы.

После обработки почва поначалу бывает рыхлой, а затем постепенно уплотняется, и через некоторое время ее плотность мало изменяется до следующей обработки. Самую низкую плотность имеют верхние гумусированные и оструктуренные горизонты.

В слишком рыхлой почве содержится мало воды и питательных веществ. Рост корневых ответвлений, попадающих в многочисленные пустоты, задерживается. Испарение почвенной влаги из такой почвы в засушливые периоды с сильными ветрами происходит очень интенсивно. В процессе неизбежного уплотнения почвы корни растений деформируются.

Слишком высокая плотность почвы также вредна для растений. В этом случае увеличивается доля влаги, недоступной для растений. Затрудняется мобилизация питательных веществ, ухудшается воздушный режим. Высокое механическое сопротивление плотной почвы ослабляет рост корней. Что касается различных растений, то одна и та же почва может быть слишком рыхлой для одних и слишком плотной для других.

От плотности почвы зависят поглощение влаги, воздухообмен в почве, жизнедеятельность микроорганизмов и развитие корневых систем растений. Ниже (таблица 7) приведена оценка плотности пахотного слоя почвы.

7. Плотность пахотного слоя почвы (по Н.А. Качинскому)

Плотность почвы, г/см ³	Оценка
< 1,0	Почва вспушена или богата органическим веществом
1,0..1,1	Свежевспаханная почва
1,2..1,3	Пашня уплотнена
1,3..1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4..1,6	Типичное значение для подпахотных горизонтов
1,6...1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты

Для нормального роста и развития сельскохозяйственным культурам, в связи с их индивидуальными особенностями, необходима определенная плотность, называемая оптимальной. Оптимизация плотности сложения пахотного слоя почвы является главной задачей обработки почвы и, разумеется, весьма безответственно заниматься ее регулированием, если равновесная плотность соответствует оптимальной для культуры. Так, на дерново-подзолистых почвах эти значения составляют для зерновых 1,0-1,3 г/см³, для пропашных – 1,0-1,2 г/см³ (А.И. Пупонин, 1984; С.Н.Немцев, 2005); на обыкновенных черноземах для яровой пшеницы и ячменя – 0,9-1,2, для озимой пшеницы – 1,2 г/см³ (Г.И. Казаков, 1997). Для черноземов южных Оренбургской области оптимальная плотность пахотного слоя для зерновых культур составляет 1,10-1,25 г/см³, а для пропашных 1,00-1,20 г/см³ (А.В. Кислов, 1996).

По данным В.Ф. Валькова при отклонении от оптимального значения плотности на 0,1 г/см³ урожайность зерновых снижалась на 10-15 %.

На южных черноземах оптимальная плотность сложения для основных полевых культур в сравнении с равновесной представлена в таблице 8 по данным А.В.Кислова и др. (2001).

8. Оптимальная плотность сложения чернозема южного для основных полевых культур

Глубина почвы, см	Плотность сложения, г/см ³				
	равновесная	Оптимальная для культур			
		Озимая рожь	Яровая пшеница	Просо	Кукуруза
0-10	1,12-1,14	1,11-1,17	1,05-1,08	1,06-1,08	1,00-1,05
10-20	1,21-1,22	1,13-1,24	1,15-1,22	1,16-1,19	1,12-1,19
20-30	1,23-1,25	1,24-1,25	1,22-1,25	1,19-1,22	1,18-1,23
0-30	1,19-1,20	1,16-1,22	1,17-1,18	1,14-1,16	1,10-1,16

Пористость (скважность) почвы — это суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы почвы. Пористость зависит от гранулометрического состава, структурности, содержания органического вещества. Суммарный объем почвенных пор составляет от 25 до 60% объема почвы. В пахотных почвах пористость обусловлена обработкой и приемами окультуривания. При любом рыхлении почвы пористость увеличивается, а при уплотнении уменьшается. Пористость заметно меняется в зависимости от глубины почвенного слоя: в верхних слоях она больше, в нижних — меньше. Объясняется это большим содержанием гумуса и лучшей структурой верхних горизонтов, большим воздействием на верхние слои почвы корней растений и роющих животных, а также меньшим давлением вышележащих слоев.

Размеры пор, в совокупности, образуют общую пористость почвы. Наряду с общей пористостью различают еще капиллярную и некапиллярную пористость. Капиллярные поры обеспечивают водоудерживающую способность почвы, от них зависит запас доступной для растений влаги. Некапиллярные поры увеличивают водопроницаемость и воздухообмен. Устойчивый запас влаги в почве при одновременном хорошем воздухообмене создается в том случае, когда некапиллярная пористость составляет 55...65 % общей пористости.

Пористость почвы обеспечивает передвижение воды в почве, водопроницаемость и водоподъемную способность, влагоемкость и воздухоемкость. По общей пористости можно судить о степени уплотнения пахотного слоя почвы. От пористости в значительной степени зависит плодородие почв.

Изменение агрофизических свойств почвы служит теоретическим обоснованием правомерности применяемых способов и приемов обработки, но объективные выводы могут быть сделаны лишь в длительных опытах в системе севооборотов, как в наших исследованиях.

Переход на энергосберегающие технологии обработки, особенно на минимальные и нулевые (прямой посев) возможен лишь при хороших агрофизических свойствах почвы, когда равновесная плотность, которую почва приобретает за счет своей способности к разуплотнению без обработки в течение длительного периода, близка к оптимальной. Причем оптимальная плотность различается по культурам в зависимости от их биологических особенностей.

При этом плотность (объемная масса) зависит от степени крошения почвы при обработке. В наибольшей степени крошение происходит при глубокой отвальной вспашке плугом с предплужниками, однако при вспашке сухой почвы образуется много сухих плотных глыб. В меньшей степени крошение происходит при обработке почвы стойками СибИМЭ из-за отсутствия отвала и тем более плоскорезом глубокорыхлителем, который подрезает глыбы шириной 1,1 м и толщиной в зависимости от глубины обработки. В этом отношении мелкое рыхление, как культиваторами, так и дисковыми орудиями образуют ровный рыхлый поверхностный слой на глубину обработки и оставляет не тронутыми нижние горизонты. При этом почва за счет набухания коллоидов весной после снеготаяния разуплотняется, и это позволяет ей при определенном содержании гумуса приобретать оптимальное сложение.

Наибольшая плотность весной 2009 года после посева отмечалась в нижнем 20-30 см слое на нулевой и мелкой обработках -1,24-1,25 г/см³, при глубокой вспашке и безотвальном рыхлении она была равна в этом слое 1,22 и 1,21 г/см³. В

верхних 0-10 и 10-20 см почвы оставалась рыхлой на всех вариантах обработки и не превышала 1,15 г/см³.

Ко времени уборки верхний 0-10 см слой оставался по-прежнему рыхлым, 10-20 см слой подвергался наибольшему уплотнению, а нижний оставался на том же уровне плотности при глубоких обработках и даже несколько разуплотнялся при мелких рыхлениях (приложение 1).

Общая пористость отвечала оптимальным значениям при всех приемах и системах обработки и колебалась в пределах 55,8-56,5% весной и 55,2-56,0% перед уборкой. Более объективным показателем воздушного режима в почве является пористость аэрации, которая весной была в пределах 17,9-23,8%, т.е. соответствовала оптимальным показателям весной и даже была слишком высокой – 41,3-44,4% к уборке в связи с низким содержанием влаги в это время в капиллярных порах (приложение 2).

В 2010 году отсутствие глубокого рыхления нижних горизонтов при мелких обработках приводило к их значительному уплотнению уже весной после посева, причем показатели плотности – 1,29-1,32 г/см³ значительно превышали равновесную - 1,25 г/см³. Этого не наблюдалось при вспашке и безотвальном рыхлении на 23-25 см.

Следует отметить, что ко времени уборки, от посева проходов техники не было, дальнейшего уплотнения почвы не произошло, и на мелких обработках она оставалась в пределах 1,31-1,32 г/см³ в слое 20-30 см и 1,28-1,30 г/см³ в слое 10-20 см (приложение 3).

Однако, несмотря на такие повышенные показатели плотности, пористость аэрации, как главный показатель воздушного режима, была достаточной для зерновых культур (по С.С. Долгову и С.А. Модиной, 12-15%, 1969), что дает основания полагать, что не плотность почвы была ограничивающим фактором формирования урожая у овса.

Ко времени уборки пористость аэрации в связи с уменьшением влажности почвы увеличивалась до 35,1-39,3 % и вопрос о недостаточности воздуха в почве в это время естественно не возникает (приложение 4).

В 2011 году верхний 0-10 см слой на всех видах обработки оставался рыхлым. На мелких обработках вновь сказались отсутствие глубокого рыхления, значения плотности в слоях 10-20 и 20-30 см составили $1,30 \text{ г/см}^3$. Значения плотности на вспашке и нулевой обработке находились в оптимальных пределах $1,1 - 1,22 \text{ г/см}^3$ (приложение 5).

Общая пористость в 2011 году также находилась в пределах оптимальных значений весной – $53,3 - 59,1\%$, а пористость аэрации к уборке колебалась от $27,5$ до $47,9\%$ (приложение 6).

Так, в среднем за 3 года опытов самым рыхлым пахотный 0-30 см слой был после вспашки: $1,12 \text{ г/см}^3$ весной и $1,17 \text{ г/см}^3$ в августе перед уборкой овса, при глубоком безотвальном рыхлении, соответственно – $1,16$ и $1,19$ и при минимальных – $1,16-1,18$ и $1,19-1,20 \text{ г/см}^3$ и при нулевой (без осенней обработки) – $1,18-1,20$ и $1,20-1,22 \text{ г/см}^3$ (А.В. Кислов и др., 2012).

Причем в самом нижнем 20-30 см горизонте показатели плотности достигала величины равновесных на минимальных фонах – $1,23-1,25 \text{ г/см}^2$ весной и $1,25-1,27 \text{ г/см}^3$ перед уборкой (таблица 9).

Плотность почвы определяет объем твердой фазы почвы и общую пористость, которые более удобны для представления сложившихся условий при оптимизации водного и воздушного режимов.

9. Плотность сложения 0-30 см слоя почвы в посевах овса, среднее за 3 года (2009-2011)

№ варианта	Способы основной обработки и ее глубина, см		Плотность почвы по слоям, г/см ²							
	под горох	под овес	после посева				перед уборкой			
			0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
1	В 23-25	В 23-25	1,06	1,10	1,19	1,12	1,09	1,19	1,22	1,17
5	В 23-25	Б 23-25	1,12	1,16	1,22	1,16	1,13	1,21	1,24	1,19
9	В 23-25	М 12-14	1,10	1,18	1,24	1,18	1,12	1,23	1,25	1,20
11	М 12-14	М 12-14	1,05	1,18	1,25	1,16	1,10	1,22	1,26	1,19
13	В 23-25	Нулевая	1,11	1,20	1,20	1,18	1,12	1,23	1,25	1,20
15	Д 8-10	Нулевая	1,11	1,20	1,23	1,18	1,12	1,23	1,25	1,21
16	Д 8-10	Нулевая	1,14	1,21	1,24	1,20	1,14	1,25	1,27	1,22

Примечание: В – вспашка (ПН-6-35), Б - безотвальное рыхление стойками СибИМЭ, М – мелкое рыхление (Смарагд), Д – дискование БДН-720.

Так, по нашим расчетам, крайний верхний предел плотности равен $1,25 \text{ г/см}^3$, так как при этом общая пористость равна $52,1\%$, что при влажности, равной НВ, когда вода занимает объем $37,5\%$ обеспечивает объем всех занятых воздухом пор (пористость аэрации) $14,6\%$, а для зерновых культур достаточно $12-15\%$ (по данным С.И. Долгова и С.А. Модиной (1969)).

Проанализировав полученные значения 2011 года и приведенные в таблице 10 данные, приходим к выводу, что за годы исследований при всех приемах обработки общая пористость и пористость аэрации не выходили за пределы оптимальных значений весной, когда показатели варьировали соответственно в пределах $54,0-57,1$ и $18,7-22,2\%$. Перед уборкой общая пористость колебалась от $53,3\%$ на нулевой (16 вариант), где глубокое рыхление не проводилось с 1988 года, до $55,2\%$ на ежегодной разноглубинной вспашке. В связи с низкой влажностью почвы перед уборкой и соответственно небольшим объемом воды в порах пористость аэрации к осени повышалась до $36,1-43,0\%$.

Таким образом, минимальные обработки южных черноземов благодаря ежегодному пополнению запасов органического вещества в почве в виде соломы и некоторому возрастанию содержания гумуса не является, вероятно, ограничивающим фактором урожайности овса по воздушному режиму даже при многолетнем применении, хотя показатели общей пористости и пористости аэрации при этом снижаются.

10. Строение пахотного слоя почвы 0-30 см под посевами овса, среднее за 3 года (2009-2011)

№ варианта	Способы основной обработки и ее глубина, см		После посева			Перед уборкой		
	под горох	под овес	объем твердой фазы почвы, %	общая пористость, %	пористость аэрации, %	объем твердой фазы почвы, %	общая пористость, %	пористость аэрации, %
1	В 23-25	В 23-25	42,9	57,1	20,7	44,8	55,2	36,7
5	В 23-25	Б 23-25	44,4	55,6	22,2	45,6	54,4	41,4
9	В 23-25	М 12-14	45,2	54,8	21,3	46,0	54,0	39,9
11	М 12-14	М 12-14	44,4	55,6	18,7	45,6	54,4	43,0
13	В 23-25	Нулевая	45,2	54,8	21,7	46,0	54,9	38,7
15	Д 8-10	Нулевая	45,2	54,8	20,4	45,4	53,6	38,6
16	Д 8-10	Нулевая	46,0	54,0	20,8	46,7	53,3	36,1

3.2. Водопотребление и расход влаги в посевах овса в зависимости от условий выращивания

Вода — основная составная часть растительного организма. Она составляет до 90% массы растения. Благодаря воде осуществляются процессы обмена веществ, взаимодействие органов растения, его связь с внешней средой.

Сельскохозяйственные культуры, как и все растения суши, непрерывно теряют большое количество воды при транспирации — испарении воды растением. Благодаря транспирации с водой передвигаются по растению к листьям поглощенные из почвы минеральные вещества. Кроме того, испаряющаяся вода охлаждает надземные органы растения, что очень важно в жаркое время дня. Чтобы пополнить запасы воды, растение поглощает ее из почвы корневой системой. Сокращать испарение помогает покровная ткань и система автоматически закрывающихся устьиц. Однако регулировать водный баланс растение может только в ограниченных размерах. Недостаток влаги в почве приводит к завяданию растений, что вызывает серьезные нарушения в обмене веществ и отрицательно сказывается на урожае.

Чтобы растения нормально росли и развивались, чтобы были обеспечены благоприятные условия для почвообразовательных процессов, вода и воздух в почве должны находиться в определенном соотношении. Это зависит от поступления в почву воды и воздуха, их передвижения и расходования, т. е. от водно-воздушного режима.

Показатель продуктивности расходования воды — коэффициент водопотребления. Это отношение общего расходования воды гектаром посева (транспирация растений и испарение с поверхности почвы) к урожайности, полученной с этой площади. Для зерновых культур коэффициенты водопотребления составляют 100—150 м³/ц, для плодовых — 40—60 м³/ц. (С.А. Вериге, 1972; Г.Д. Аверьянов, 1984; В.Г. Витязев, 1991).

Урожайность же, в свою очередь, главным образом зависит от режима влагообеспеченности растений в течение вегетации. Для реализации потенциальной продуктивности растений влажность почвы в течение вегетации должна быть в диапазоне от 100 до 60% предельной полевой влагоемкости (М.М. Абрамова, 1968; Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др., 2006).

Именно влаге и эффективности использования атмосферных ресурсов увлажнения среди главных факторов жизни растений В.В. Докучаев (1948) и А.Г. Дояренко (1966) отдавали первое место по размерам потребления и проблемам обеспечения. Исследованиями А.А. Роде (1965) выявлена роль воды в почвообразовании и передвижении различных веществ по профилю в виде растворов, а В.А. Ковда (1971) называет воду связующим звеном в системе организмы – почва – порода – атмосфера.

Большое влияние на водный режим оказывают агрофизические свойства почвы, т.к. водопроницаемость и влагоемкость изменяются под действием обработки, за счет оставления стерни и других факторов.

Оренбуржье находится в зоне недостаточного увлажнения, характеризующейся превышением испаряемости над осадками. Здесь влага является решающим фактором, определяющим урожайность сельскохозяйственных культур. Из среднемноголетнего количества осадков по области ~ 386 мм около 60% теряется на сток и испарение, а растениями продуктивно используется лишь 140-150 мм влаги – в средние по погодным условиям годы это количество может обеспечить получение 10-12 ц зерновых с 1 га (Н.А. Максютов и др., 1999).

Влагообеспеченность посевов не превышает 60% от оптимальной. Вместе с тем половина зимних осадков не усваивается почвой (Н.К. Бискаев, В.Д. Хопренинов, 1999).

Обеспеченность растений водой определяется не только осадками и ее запасами в почве, но подвижностью и доступностью для растений, а эти свойства почвенной влаги зависят от удельной поверхности почвы, ее механического состава, плотности, температуры, структуры и других физических свойств.

Вода находится в подвижном состоянии, после выпадения осадков и таяния снега происходит в начале процесс впитывания, когда идет заполнение водой свободных пор. При этом обработанная почва может вместить в пахотном слое до 150 мм влаги на короткое время, но затем она будет двигаться вниз путем фильтрации за счет гравитационных сил под собственным напором, заполняя капиллярные поры. Переувлажнение верхнего слоя почвы, медленная фильтрация вглубь на уплотненных с тонкими капиллярами тяжелых почвах могут приводить к потерям за счет поверхностного стока и повышенного испарения.

Под водным режимом почвы понимается совокупность всех явлений поступления влаги в почву, ее передвижения и удержания в почве, а также расходования. Количественно, он характеризуется водным балансом, который представляет собой совокупность величины начального и конечного запаса влаги в почве, и прихода, и расхода ее из почвы за тот или иной промежуток времени. Разница между приходом и расходом влаги характеризует влагооборот почвы (А.М. Алпатьев, 1959).

Улучшение водного режима засушливых районов достигается путем использования комплекса мер, оказывающих целенаправленное влияние как на приходную, так и расходную его часть.

Способы обработки почвы оказывают многостороннее влияние на водный режим почвы, способствуя накоплению влаги, размеру ее испарения, скорости инфильтрации.

Большинство исследователей считает, что в накоплении влаги холодного периода безотвальной обработки почвы имеют преимущество над вспашкой (А.И. Бараев, 1988; Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко, 1990; И.И. Долотин, 1995; Н.С. Немцев, 1996; А.Х.Куликова, 1997; И.А. Чуданов, Л.Ф. Лигостаева, 2003 и др.).

Ряд других ученых высказывается в пользу глубокой отвальной обработки в накоплении влаги (Я.Н.Мухортов, 1968; П.К. Иванов, 1973; И.П Котоврасов, 1984; А.В. Пичугов, 1990; А.М. Холопянников, 1995).

В исследованиях Г.И. Казакова (1997) и других исследователей почвозащитные приемы обработки почвы имели одинаковую увлажненность со

вспашкой. Вместе с тем преимущество в накоплении влаги может быть утеряно в результате непроизводительного расхода ее в вегетационный период.

По данным НИИСХ Юго-Востока потери воды на испарение с поверхности почвы за теплое время года составляют в Заволжье около 170 мм или 44% от годовой суммы осадков.

В периоды интенсивного испарения влаги из почвы предпочтительно уплотненное сложение пахотного слоя. Наилучшее сохранение и рациональное использование влаги достигается созданием мелкокомковатого поверхностного слоя, мульчированием его, сокращением количества и глубины рыхления, совмещением технологических операций при работе одним агрегатом.

В опытах Ульяновского НИИСХ (С.Н. Немцев, 2005) установлено, что на удобренном фоне применение агрегата (КПШ-5 + БИГ-3А) + СибИМЭ на 25-27 см и плуга со стернеукладчиком позволяет экономно расходовать влагу на создание 1 ц зерна – 7,8 и 8,2 мм/ц зерн. ед. На фоне без удобрений на всех вариантах расход влаги возрастает.

Определяющим фактором, влияющим на расходную часть водного баланса, является плотность почвы. Излишняя рыхлость почвы после вспашки усиливает потери влаги за счет конвекционно-диффузного испарения, в то же время чем плотнее почва, тем меньше воздухообмен и меньше расход влаги на непроизводительное испарение. Поэтому в сухое жаркое время лета, когда влажность ниже ВРК, мелкие и нулевые обработки, где плотность почвы выше, должны способствовать сохранению влаги и экономному ее использованию.

В земледелии степных районов России большую роль играют зимние осадки, в накоплении которых почвой важное значение имеет осенняя обработка почвы. Чем больше выпадает осенне-зимних осадков, тем большую роль имеет глубина обработки. В степной зоне Южного Урала за октябрь – апрель выпадает 150-200 мм, на необработанных южных черноземах (стерневой фон) при равновесной плотности 1,23-1,25 г/см³. Объем пор в слое 0-30 см составляет 52%, остаточные запасы влаги обычно равны «мертвому запасу» или полуторной максимальной

гигроскопичности, что составляет для пахотного слоя 48,0-50,0 мм или около 16%. Таким образом объем свободных пор равен 36% или 1080 м³/га.

На обработанной на всю глубину пахотного горизонта почве объемная масса уменьшается до 0,9-1,0 г/см³, а общая пористость увеличивается до 60-64% и водовместимость пахотного 0-30 см слоя увеличится до 1500 м³ или в 1,5 раза и пахотный слой почвы способен вместить 150 мм осадков, т.е. почти полностью при заполнении всех пор или полной влагоемкости. Это имеет важное значение при постепенном оттаивании почвы, когда влага медленно поступает в более глубокие слои и промачивает почву при хорошем осенне-зимнем увлажнении до 70-80 см, а на парах до 1 м и более.

Обработка почвы играет важнейшую роль в регулировании водного режима в почве, оказывая рациональное воздействие на водопроницаемость, влагоемкость, испаряемость, поверхностный сток и определяя тем самым как накопление, так и расходование влаги. При этом многое зависит от самой почвы, ее агрогидрологических констант, которые для опытного участка характеризовались следующими показателями: максимальная гигроскопичность для 0-30 см и метрового слоя почвы, соответственно 8,76 и 8,71%, влажность устойчивого завядания растений 11,74 и 11,67% или 43,0 и 151,7 мм, наименьшая влагоемкость 30,50 и 25,28% или 111,3 и 356,3 мм соответственно.

Как известно растения начинают испытывать недостаток влаги при наступлении влажности разрыва капилляров, который равен 65-70% НВ, оптимальная влажность равна 85% НВ.

В степной зоне недостаток влаги является первой причиной низких урожаев и определяющим фактором величины урожая. Самая высокая влажность почвы поступает весной после таяния снега, при этом на вспашке происходит лучшее ее усвоение за счет большей рыхлости и водопроницаемости по сравнению с мелкими обработками. При этом безотвальные обработки могут иметь преимущество над вспашкой благодаря оставлению стерни и накоплению снега. Однако в дальнейшем за счет более высокой рыхлости на вспашке могут быть потери влаги за счет большего конвекционно-диффузного испарения по

сравнению с мелкими обработками, но на вспашке капиллярный подток влаги из нижних горизонтов происходит лишь до обработанного слоя, а на нулевой к самой поверхности. Поэтому в зависимости от складывающихся условий преимущество имеют как вспашка, так и безотвальные обработки на различную глубину.

В биологическом земледелии, когда солома оставляется на поверхности в виде мульчи, она снижает испарение влаги с поверхности почвы, уменьшая альбедо и температуру нагрева.

Агрофизические свойства оказывают большое влияние на водный режим почвы, изменяя водопроницаемость и влагоемкость под действием обработки, за счет оставления стерни и других факторов.

Запасы влаги в метровом слое почвы весной перед посевом 2009 года можно охарактеризовать как высокие, исключение составляет 16 вариант с многолетними нулевыми и минимальными обработками, где количество продуктивной влаги в метровом слое был самым низким – 117,4 мм, а по содержанию влаги в 0-50 см слое он по существу не уступал другим. Самые высокие запасы влаги были на разноглубинной вспашке (1 вариант) – 204,5, благодаря хорошей водопроницаемости и более увлажненному нижнему горизонту 50-100 см, в котором запасы влаги составили 88,8 мм.

Мелкие обработки и даже глубокое плоскорезное рыхление значительно уступали по содержанию влаги в нижнем полуметровом слое вспашке. Так, на 16 варианте содержалось всего 24,5 мм, на других нулевых и мелких обработках – 41,6-66,3 мм, а при глубоком рыхлении на 23-25 см – 38,2 мм.

Остаточные запасы влаги перед уборкой были очень низкими, лишь на вспашке они составляли 40,7 мм в метровом слое (приложение 7).

Общий расход влаги за вегетацию был самым высоким на вспашке – 227,8 мм, а самым низким на 16 варианте с длительной минимализацией и нулевой обработкой под овес – 170,2 мм (приложение 10).

Уплотнение почвы при минимальных обработках снижало водопроницаемость в период снеготаяния, и было одной из причин уменьшения

продуктивных запасов влаги перед посевом в сравнении со вспашкой и безотвальным рыхлением.

На эффективность использования влаги в какой-то мере сказывалась оставляемая на поверхности солома на безотвальных обработках, однако, высокие запасы влаги на вспашке перед посевом позволили овсу сформировать высокий урожай – 29,6-29,8 ц/га, причем он не зависел от типа сеялки. Коэффициент водопотребления был невысоким – 7,6 мм на 1 ц зерна.

Самый низкий урожай получен на нулевой обработке под овес на фоне мелкого дискового рыхления – (15 и 16 вариант) – 24,2-24,7 и 23,2-23,3 ц/га, а также при повторном мелком рыхлении культиватором на 12-14 см (11 вариант), коэффициенты водопотребления были самыми высокими – 9,1-9,8 мм/ц – 22,3-22,8 ц/га. В то же время однократная нулевая и мелкая обработка под овес на фоне предшествующей вспашки обеспечили более высокую урожайность 28,8-29,9 ц/га при самых низких коэффициентах водопотребления – 6,1- 6,7 мм/ц зерна.

В 2010 году варьирование запасов продуктивной влаги при мелком рыхлении в метровом слое составило 178,7 и 185,0 мм, а на нулевой – 173,3-185,0 мм, против 221,4 мм на вспашке, и 192,8 мм при безотвальном рыхлении на 23-25 см (приложение 8). Послеуборочные запасы влаги в метровом слое были несколько больше на минимальных фонах – 21,2-42,0 мм, а на вспашке и безотвальном рыхлении на 23-25 см всего 16,0 и 8,2 мм, что вызвано большей рыхлостью и проветриванием пахотного слоя почвы.

Сумма осадков за период вегетации овса составила всего 13 мм: в мае – 1 мм, в июне – 1мм и в июле – 11 мм в виде трех дождей по 1, 2 и 8 мм, т.е. эффективным был лишь один дождь.

Поэтому величина урожая целиком зависела от эффективности использования почвенных запасов. При этом на вспашке и безотвальном рыхлении более эффективной была сеялка СС-6.0 А (Бастер) с междурядьем 18 см, где всходы выглядели более предпочтительно по сравнению с разбросным посевом сеялкой АУП-18.05.

Отсюда самые низкие коэффициенты водопотребления были при посеве СС-6.0 А (Бастер) по обеим глубоким обработкам – 66,2 и 68,1 мм/ц, а на минимальных фонах более эффективно расходовалась влага при разбросном посеве – 62,7 – 109,2 мм/ц (приложение 11).

Определенное влияние на увлажнение нижних горизонтов при минимальных обработках оказала глубокая стержневая корневая система гороха. Так в метровом слое было на минимальных фонах 172,9-193,7 мм, а у гороха после озимых – 138,2-166,8 мм продуктивной влаги.

Максимальное количество продуктивной влаги в метровом слое почвы весной 2011 года отмечалось на нулевом фоне после мелкого дискового рыхления (16 вариант) – 205,8 мм, что можно объяснить отсутствием длительной основной обработки и способность необработанной почвы сохранять накопленные осенне-зимние осадки, и нулевом фоне после вспашки (13 вариант) – 200,6 мм. Разноглубинная вспашка уступает нулевой обработке – 195,4 мм. Наибольший запас продуктивной влаги после уборки также отмечается на нулевом варианте – 71,9 мм, тогда как на вспашке он равен 12,1 мм, а на безотвальном рыхлении -

- 0,9 мм, при самом низком запасе продуктивной влаги весной – 120,1мм (приложение 9).

Максимальное количество израсходованной влаги было на нулевом варианте после вспашки – 295,8 мм, а нулевые фоны после мелкого дискового рыхления влаги расходовали меньше – 224,3 мм (15 вариант) и 239,9 мм – (16 вариант). Запасы продуктивной влаги на мелкой обработке колебались в пределах – 142,1 – 175,9 мм. После уборки продуктивные запасы на этих вариантах были низкими – 0,4 - 12,1 мм.

Максимальная урожайность при посеве АУП-18.05 была на вспашке (1 вариант) – 17,5 и нулевом фоне (16 вариант) - 17,4 ц/га при этом коэффициент водопотребления составил 16,5 мм/ц, и 13,8 мм/ц соответственно. Безотвальная обработка уступала всем вариантам по урожайности – 14,7 ц/га, при коэффициенте водопотребления – 15,4 мм/ц. Посев СС-6.0 А (Бастер)

максимальную урожайность показал на вспашке - 22,1 ц/га, при этом коэффициент водопотребления составил 13,0 мм/ц, а минимальный коэффициент водопотребления – 11,8 мм/ц был на нулевом фоне (15 вариант) при достаточно высокой урожайности – 19,0 ц/га. Максимальный коэффициент водопотребления – 22,8 мм/ц отмечен на нулевом фоне после вспашки при минимальной урожайности по изучаемым вариантам – 13,2 ц/га (приложение 12).

Таким образом, наибольшие запасы продуктивной влаги в среднем за 3 года перед посевом овса в метровом слое почвы были на вспашке – 207,1 мм (таблица 11). Так как предшественником был горох, измельченная солома которого оставлялась в поле, она не была серьезным фактором для накопления влаги и даже как мульчи для снижения испарения влаги и это было одной из причин снижения эффективности безотвальных обработок для накопления

11. Водопотребление в посевах овса, среднее за 3 года (2009-2011)

№	Система обработки		Запасы влаги в слое 0-100 см, мм				Сумма осадков за вегетацию, мм	Кол-во израс-ой влаги, мм	Урожайность, ц/га		Кэф-фициент водопотребления, мм/ц	
	под горох	под овес	весной		после уборки				АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер
			общей	продуктивной	общей	продуктивной						
1	В 23-25	В 23-25	358,8	207,1	174,6	22,9	60,3	220,4	16,6	16,9	13,4	13,0
5	В 23-25	Б 23-25	299,5	147,8	157,7	6,0	60,3	178,0	15,6	15,3	11,4	11,6
9	В 23-25	М 12-14	396,8	155,1	165,1	10,0	60,3	181,3	15,0	15,2	12,1	11,9
11	М 12-14	М 12-14	326,6	175,1	171	19,3	60,3	192,0	13,4	12,9	14,3	14,9
13	В 23-25	Нулевая	326,0	174,3	160,3	10,1	60,3	200,4	15,0	15,4	13,4	13,0
15	БДТ-8-10	Нулевая	315,5	163,8	172,5	20,8	60,3	176,2	14,5	15,0	12,1	11,7
16	БДТ-8-10	Нулевая	317,2	165,5	196,7	45,0	60,3	156,7	13,7	12,7	11,4	12,3

влаги. Преимущество вспашки составляло 30-50 мм. Однако непроизводительный расход влаги в течение вегетации был на вспашке более высоким, чем на минимальных и коэффициент водопотребления был одним из самых высоких – 13,4 мм/ц зерна, в то время как на минимальных фонах он уменьшался до 11,4-12,1 мм/ц.

Таким образом, безотвальные способы обработки почвы после гороха, в том числе минимальные, теряют свое преимущество в накоплении влаги в связи с низкой влагонакопительной ролью стерни гороха, но снижают непроизводительное испарение влаги из почвы по сравнению со вспашкой, когда солома заделывалась в почву, с 13,2 до 12,5 мм/ц в среднем по изучаемым способам обработки и посева.

3.3. Действие и последствие различных систем обработки почвы на засоренность посевов овса

К сорным растениям относится всякое постороннее растение, выросшее вместе с возделываемым культурным растением. Сорняки заносятся на поля в посевах из окружающей природы. Они приспособляются к полевым условиям и становятся трудно искоренимыми. В результате естественного отбора, в течение тысячелетий, некоторые сорные растения настолько приспособились к условиям развития культурных растений, что в настоящее время совершенно не встречаются без них в природе.

Сорная растительность засоряет полевые угодья, а также естественные сенокосы и пастбища (А. В. Фисюнов, 1984; А.П. Царев, и др., 1996).

Для выяснения характера и степени засоренности сельскохозяйственных культур, разработки соответствующих мероприятий, а также для оценки эффективности различных агроприемов (обработка почвы, применение удобрений и гербицидов и др.) необходим учет сорной растительности, который дает полевой опыт в производственных условиях.

Высокая засоренность полей является одним из серьезных препятствий роста урожайности зерновых, кормовых и овощных культур. Потери урожайности зерновых при засорении достигают 2-5 ц/га, а у овощных часто сводятся к нулю (М.Г. Чижевский, 1953; П.П. Колмаков, А.Г. Таскаева, 1985).

Совместное произрастание культурных и сорных растений вызывает определенные экологические взаимоотношения, которые выражаются в конкуренции за условия жизни (свет, влагу, элементы минерального питания и т.д.).

Установлено, что на формирование 1 кг сухого вещества большинство сорняков расходуют влаги в среднем в 1,5-2,5 раза больше, чем культурные растения. На формирование 1 т сухого вещества сорняки поглощают 250-1000 т воды (Г.С. Груздев, 1988).

На засоренных посевах влажность почвы в корнеобитаемом слое снижается на 2-5%, что приводит к задержке роста и развития растений в начале вегетации (А.В. Захаренко, 2000).

Сорняки могут потреблять огромное количество элементов пищи растений и истощать почву. При внесении удобрений на засоренные поля большая их часть используется сорняками. Так, по данным В.А. Захаренко, бодяг полевой выносит из почвы азота 137 кг/га, фосфора 31, калия 117 кг/га, щирца запрокинутая соответственно 190, 14 и 286 кг/га.

Сорняки, развивая большую вегетативную массу, сильно затеняют культурные растения и вредят им механически. При затенении сорняками культурных растений у овса увеличивается пленчатость на 25-30 %, у озимой ржи – с 24 до 28%. Такие сорняки как вьюнок полевой и гречишка вьюнковая вызывают полегание стеблей культурных растений.

На сильно засоренных посевах озимой пшеницы содержание белка в зерне уменьшалось на 0,9-2,3%, стекловидность зерна – на 0,5%, количество клейковины на 1%, жира в семенах подсолнечника – на 1,2-1,5%. На засоренных посевах кормовых и фуражных культур содержание белка было на 1,0-1,5% ниже, чем на чистых от сорняков участках (А.В. Захаренко, 2000).

Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений относится к числу важнейших проблем земледелия. В условиях приоритетного развития агроландшафтного земледелия особое значение в борьбе с сорняками придается механической обработке почвы.

Большинство исследователей (С.А. Котт, 1961; Маркелов, В.Д. Тараков, Г.И., 1975; Баздырев, 1990; С.Н. Немцев, 1996; Г.И. Казаков, 1997; А.В. Кислов, 2002 и др.) отмечают усиление засоренности посевов при безотвальной обработке почвы.

Одной из основных причин роста засоренности является поверхностное размещение основной массы сорняков. В опытах В.А. Потушанского (1976) при вспашке на 30 см больше половины семян сорняков перемещается на глубину 20-30 см, на поверхность (0-10 см) выносятся 14% сорняков, 30% остается в слое 10-

20 см; при безотвальной обработке 50% семян сорняков остается в верхнем слое почвы, 35% - в слое 10-20 см и 15% - в слое 20-30см. В результате численность проросших сорняков по безотвальной обработке в верхнем слое возрастает в 4 и более раза. В то же время количество жизнеспособных семян сорняков при постоянной безотвальной обработке в нижних слоях снижается.

Многие авторы считают, что борьба с сорняками может более успешно осуществляться при правильном сочетании в севообороте глубоких отвальных обработок с поверхностными и мелкими (В.Ф. Кирдин, Ф.К. Халилов, 1984; В.П. Волынский и соавт., 1988; Г.И. Казаков, 1990). При этом глубокая вспашка подавляет вегетативное размножение, а поверхностные и мелкие обработки обеспечивают гибель значительной части погребенных вниз семян и облегчают очищение от них верхнего слоя.

В наших исследованиях учет сорняков проводился в начале вегетации и перед уборкой урожая, что позволило более объективно оценить влияние способов обработки почвы на засоренность посевов овса.

В посевах ранних яровых зерновых культур на опытном поле из малолетних сорняков наибольшее распространение в последние годы имеют злаковые – щетинник сизый и зеленый, просо куриное, из двудольных – щирица запрокинутая и жминдовидная, из многолетних – вьюнок полевой, молокан татарский.

Засоренность малолетними сорняками особенно сильно проявляется во влажные годы, а многолетние сорняки способны конкурировать с культурными растениями и в засушливые годы.

В среднем по 4 фонам предшествующих обработок наибольшая численность сорных растений была на нулевой под овес, а в последствии опять проявилось дискование под горох, где она была максимальной среди всех 16 вариантов.

Таким образом, в зернопаровых севооборотах короткой ротации засоренность многолетними сорняками находится в прямой зависимости от интенсивности основной обработки, а многолетними больше зависит не от

непосредственного приема обработки, а больше от количества обработок в пару и последствия предшествующих обработок в севообороте.

Овес высевался третьей культурой после чистого пара и последствие его в борьбе с сорняками в 2009 году проявлялось на всех вариантах обработки. Причем численность малолетних сорняков была близка по своим показателям при всех способах обработки непосредственно под овес: колебания в среднем по четырем предшествующим обработкам составили от 31,8-33,4 при глубоких до 34,3-37,1 шт/м² при мелких обработках.

Засоренность многолетними сорняками увеличивается по мере снижения интенсивности обработки: на вспашке она равна 2,0 шт/м² в среднем по четырем фонам, а на разноглубинной ежегодной вспашке – всего 0,6 шт/м² и увеличивается до 4,1 шт/м² на нулевой (или прямом посева по стерне). Промежуточное положение занимают безотвальные рыхления, причем на мелком рыхлении культиватором Смарагд она была меньше - 2,5 шт/м², чем при глубокой плоскорезном рыхлении – 2,9 шт/м², что объясняется тем, что лапки этого культиватора выдергивают корни молокана и других корнеотпрысковых сорняков из почвы и наносят тем самым больше повреждения, чем при подрезании. Эффект этот проявляется и в последствии, где мелкая обработка Смарагд приравнивается к вспашке (Фактор А), а хуже всего в последствии проявляется обработка дисковой бороной.

На численность малолетних сорняков значительное влияние может оказывать внесение измельченной соломы предшественника при высокой его засоренности. В данном случае горох, хотя и возделывался после озимых, не отличался, как известно, подавлением сорняков в своих посевах и мог стать усугубляющим фактором роста численности сорняков (таблица 12, приложение 13).

Среди способов обработки в 2010 году непосредственно под овес выгодно отличались по снижению засоренности многолетними сорняками обе глубокие обработки, а однолетними – безотвальная.

12. Действие и последствие различных способов обработки почвы на засоренность посевов овса
в период полных всходов, 2009 г.

Способ глубина обработки под горох, см (фактор В)	Способ и глубина обработки почвы под овес, см (фактор А)								Среднее по фактору В	
	Вспашка 23-25		Безотвальная обработка 23-25		Смарагд 12-14		Нулевая			
	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет
Вспашка 23-25	20,2	0,6	18,1	1,7	40,0	2,7	27,4	3,0	26,4	2,0
Плоскорез 23-25	40,0	0,9	26,9	3,0	34,2	2,5	44,9	3,6	36,6	2,5
Смарагд 12-14	32,6	2,5	46,9	1,2	29,6	1,9	27,6	1,9	34,2	1,9
БДТ - 8-10	40,6	3,9	35,2	5,5	33,4	2,0	48,6	7,9	39,5	4,8
Среднее по фактору А	33,4	2,0	31,8	2,9	34,3	2,5	37,1	4,1		

Обработка почвы на 12-14 см культиватором Смарагд значительно лучше подрезала многолетники по сравнению с дискованием, но почти не отличалась, по численности малолетних сорных растений. Средняя по четырем фонам предшествующей обработки после комбинированного культиватора Смарагд число многолетних сорных растений составило 1,6 шт/м², после вспашки – 1,9, безотвального рыхления на 23-25 см – 2,7 и по нулевой – 4,1 шт/м², а малолетних соответственно – 34,6, 32,9, 31,2 и 37,6 шт/м².

Культивация Смарагд под горох оказалась лучшей и в последствии, затем вспашка, безотвальное рыхление и дискование (таблица 13, приложение 14).

В 2011 году непосредственно под овес по борьбе с малолетними сорняками лучше проявила себя безотвальная обработка – 26,5 шт/м², при наибольшем количестве многолетних сорняков – 4,2 шт/м², затем Смарагд – 27,3 и 3,3 шт/м², и вспашка – 28,8 шт/м² и 3,3 шт/м². В последствии вновь преимущество у культиватора Смарагд, затем вспашка, дискование и безотвальное рыхление (таблица 14, приложение 15).

Так, в зернопаровом звене севооборота, благодаря очищению поля от сорняков в пару, безотвальные обработки имеют преимущество над вспашкой благодаря оставлению верхнего очищенного от сорняков слоя на поверхности. Но это справедливо лишь в отношении малолетних сорняков, размножение которых происходит семенами. Численность многолетних сорных растений по мере снижения интенсивности обработки от вспашки, глубоких безотвальных рыхлений к мелким и тем более нулевым увеличивается.

В целом за годы исследований засоренность овса, благодаря размещению его в третьем поле после пара, была не высокой. Вспашка была эффективной как против малолетних, так и особенно против многолетних сорняков, причем заметное увеличение численности наблюдалось на фоне предшествующих дискования почвы под горох, где количество, как малолетних, так и многолетних сорняков было максимальным – соответственно 38,0 и 3,4 шт/м² (таблица 15).

13. Действие и последствие различных способов обработки почвы на засоренность посевов овса, 2010 г.

Способ и глубина обработки под горох (фактор А), см	Способ и глубина обработки почвы под овес (фактор А)								Среднее по фактору В	
	Вспашка 23-25 см		Безотвальная обработка 23-25 см		Смарагд 12-14 см		Нулевая		однолет	многолет
	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет		
Вспашка 23-25	20,0	0,6	19,2	1,6	41,0	2,5	28,8	3,2	27,3	2,0
Плоскорез 23-25	40,0	0,7	24,8	3,0	34,3	2,1	43,4	3,4	35,6	2,3
Смарагд 12-14	33,1	2,2	45,7	0,9	29,9	1,0	29,6	2,0	34,6	1,5
БДТ 8-10	38,3	3,9	35,2	5,4	33,3	1,0	48,6	7,9	38,9	3,8
Среднее по фактору А	32,9	1,9	31,2	2,7	34,6	1,6	37,6	4,1		

14. Действие и последствие различных способов обработки почвы на засоренность посевов овса
в период полных всходов, 2011

Способ и глубина обработки под горох (фактор В)	Способ и глубина обработки почвы под овес (фактор А)								Среднее по фактору В	
	Вспашка 23-25 см		Безотвальная обработка 23-25 см		Смарагд 12-14 см		Нулевая			
	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет
Вспашка 23-25 см	32,0	5,0	28,0	3,2	20,0	1,5	36,0	3,0	29,0	3,2
Плоскорез 23-25 см	27,0	3,0	28,0	8,0	25,0	3,1	38,0	2,5	29,5	4,2
Смарагд 12-14 см	24,0	1,0	26,0	3,5	24,0	2,0	42,0	2,0	29,0	2,1
БДТ 8-10 см	32,0	4,0	24,0	2,2	20,0	2,5	45,0	5,0	30,3	3,4
Среднее по фактору А	28,8	3,3	26,5	4,2	27,3	2,3	40,3	3,1		

15. Засоренность посевов овса в период кушения, среднее за 3 года (2009-2011).

Способ и глубина обработки под горох (фактор В)	Способ и глубина обработки почвы под овес (Фактор А)								Среднее по фактору В	
	Вспашка 23-25 см		Безотвальная обработка 23-25 см		Смарагд 12-14 см		Нулевая		однолет	многолет
	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет		
Вспашка 23-25 см	23,4	1,4	21,4	2,0	34,0	2,0	31,6	2,9	27,6	2,0
Плоскорез 23-25 см	34,7	1,5	26,6	4,1	30,5	2,5	42,1	3,0	33,5	2,8
Смарагд 12-14 см	29,9	1,7	38,5	1,9	28,5	1,46	31,4	1,96	32,0	1,8
БДТ 8-10 см	38,0	3,4	30,1	4,3	28,9	1,63	48,4	6,4	36,4	3,9
Среднее по фактору А	31,5	2,0	29,2	3,0	30,5	1,9	38,4	3,6		

В среднем по 4 фонам предшествующих обработок наибольшая численность сорных растений была на нулевой под овес, а в последствии опять проявилось дискование под горох, где она была максимальной среди всех 16 вариантов.

Таким образом, в зернопаровых севооборотах короткой ротации засоренность многолетними сорняками находится в прямой зависимости от интенсивности основной обработки, а малолетними больше зависит не от непосредственного приема обработки, а больше от количества обработок в пару и последствии предшествующих обработок в севообороте.

3.3. Урожайность овса и поступление питательных веществ в зависимости от приемов обработки почвы и посева

Формирование оптимальной густоты продуктивных колосьев и метелок в степной зоне Южного Урала принято за счет высокой нормы высева и главных побегов. Принятая норма высева в 4 млн. всхожих семян на 1 га вполне обеспечивает формирование урожая из более продуктивных главных побегов растения.

Уточненное количество высеваемых семян устанавливается опытным путем и зависит как от особенностей культуры, так и от почвенно-климатических условий (И.П. Ксенович, 1985; К.А. Касаева, 1986; Д.Н. Белевцев, 1990).

Самая высокая густота посева при полных всходах и перед уборкой в 2009 году наблюдалась на вспашке при посеве сеялкой АУП-18.05. Данная сеялка лучше себя проявила по сравнению с СС-6.0 А (Бастер) и при безотвальной обработке на 23-25 и даже на 12-14 см, а на нулевых фонах более высокие показатели были при посеве сеялкой СС-6.0 А (Бастер) (приложение 16).

В среднем по всем приемам обработки небольшое преимущество в полевой всхожести и густоте стояния растений в период всходов и перед уборкой показала сеялка СС-6.0 А (Бастер) и технология No-Till по сравнению со стерневой сеялкой АУП-18,05, хотя оно составляет всего 2%, т.е. в пределах ошибки опыта.

Урожайность сельскохозяйственных культур - показатель, характеризующий средний сбор сельскохозяйственной продукции с единицы площади. Урожайность отражает уровень интенсификации сельскохозяйственного производства. От правильного планирования и прогнозирования уровня урожайности во многом зависит качество планового уровня многих экономических показателей (В.Г. Васин, 2003; В.Х. Яковлев, 2004).

Заметное снижение урожайности, в 2009 году наблюдается при двукратном повторении мелкой, на 12-14 см, обработки (10,11 варианты), соответственно - 22,3 и 23,0 ц/га и на нулевой по фону мелкого рыхления культиватором и

дисковой бороной под горох -24,2 и 23,3 ц/га. На остальных вариантах обработки колебания урожайности составили от 27,0 до 31,4 ц/га (таблица 16).

В среднем по 4 фонам предшествующий обработки под горох наибольший урожай овса получен при безотвальном рыхлении на 23-25 см и посеве сеялкой АУП-18,05 - 31,1 ц/га, затем на вспашке – 29,0 ц/га, а самый низкий урожай оказался при мелком рыхлении под овес на 10-12 см и опять же при посеве сеялкой АУП-18. Следует отметить, что АУП-18,05 имела преимущества на вспашке и безотвальном рыхлении на 23-25 см, а СС-6.0 А (Бастер) при обеих минимальных обработках, а в среднем по 4 приемам были равны. В последствии также лучшие проявили себя глубокие обработки, чем мелкие (приложение 19).

Математическая обработка урожайных данных 2009 гола по повторениям приведена в приложении 22.

Полевая всхожесть в 2010 году была очень низкой – 35-45% при посеве сеялкой АУП-18,05 и 47,0-63,5% при посеве сеялкой СС – 6.0 А (Бастер) (приложение 17). Таким образом, только около половины семян дали к уборке продуктивные стебли. Отсутствие осадков в мае после посева привело не только к отсутствию кущения, но и к тому, что большая часть семян не взошла или погибла. Все это уже не создавало предпосылок для высокой урожайности даже при более благоприятных погодных условиях.

Полное отсутствие осадков в течение всей дальнейшей вегетации овса стало причиной формирования крайне низкой урожайности овса.

Более высокая урожайность оказалась на обеих глубоких обработках, где было больше влаги – 3,1-3,2 ц/га в среднем по четырем фонам предшествующей обработки. Затем при безотвальном рыхлении - 2,4 и

16. Урожайность овса в зависимости от способа обработки почвы и способа посева, 2009 г.

№ варианта	Способ и глубина обработки почвы, см		Урожайность по повторениям, т/га								Средняя, т/га	
	под горох	под овес	1		2		3		4		АУП-18.05	Бастер
			АУП-18	Бастер	АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер		
1	В-25-27	В-23-25	3,05	3,24	3,11	3,09	2,44	2,63	3,30	2,86	2,98	2,96
2	П 25-27	В-23-25	3,08	3,06	2,11	2,62	2,94	2,97	2,64	2,47	2,69	2,86
3	М 12-14	В-23-25	3,09	2,65	3,27	2,90	2,90	2,50	2,93	2,78	3,04	2,70
4	Д 10-12	В-23-25	2,98	2,74	3,13	2,97	2,47	2,43	2,98	2,99	2,89	2,78
5	В 25-27	Б-23-25	2,46	2,53	3,25	2,13	3,10	3,04	3,15	3,17	2,99	2,70
6	П 25-27	Б-23-25	3,33	3,04	3,06	2,93	3,61	3,14	2,85	3,06	3,20	3,14
7	М 12-14	Б-23-25	3,24	2,78	3,06	3,00	3,28	2,88	3,04	3,07	3,16	2,93
8	Д 10-12	Б-23-25	2,96	2,56	3,08	2,78	2,96	2,52	3,26	3,06	3,07	2,73
9	В 25-27	М-12-14	2,46	2,53	2,67	2,74	2,80	3,17	3,02	3,19	2,74	2,90
10	П 25-27	М-12-14	2,52	2,56	2,11	2,94	2,69	3,24	2,65	2,69	2,50	2,86
11	М 12-14	М-12-14	2,02	2,10	2,17	2,17	2,28	2,29	2,65	2,36	2,28	2,23
12	Д 10-12	М-12-14	2,00	1,93	2,02	2,33	1,93	2,12	2,42	2,84	2,10	2,30
13	В 25-27	Нулевая	2,76	2,87	2,98	3,02	2,74	3,25	3,02	2,81	2,88	2,99
14	П 25-27	Нулевая	3,08	2,67	2,92	3,08	3,22	3,05	2,74	2,90	2,99	2,98
15	М 12-14	Нулевая	2,39	2,24	3,08	2,69	1,98	2,19	2,44	2,56	2,47	2,42
16	Д 10-12	Нулевая	2,31	2,30	2,46	2,50	2,15	2,06	2,34	2,50	2,32	2,33

меньше всего при обеих мелких обработках 1,9 и 2,1 при посеве АУП-18,05 и 1,6 и 1,7 при посеве СС-6.0 А (Бастер) (таблица 17, приложение 20).

Большая густота при посеве сеялкой СС-6.0 А (Бастер) и влажность на вспашке обеспечили ее превосходство над сеялкой АУП-18,05 при минимальных обработках они были, примерно, равными между сеялками, но значительно меньше, чем при глубоких обработках, особенно при вспашке.

Таким образом, при анализе урожайности овса 2010 года, отчетливо видно преимущество вспашки и снижение урожайности на минимальных фонах, причем прямой посев по стерне по существу не уступал мелкой осенней обработке, в чем вероятно проявлялось мульчирующее воздействие стерни.

Математическая обработка приведена в приложении 23.

Общеизвестно, что формирование урожая овса начинается после посева с обеспечения высокой полевой всхожести семян, сохранности и выживаемости растений и оптимальной густоты насаждения растений к уборке соответственно складывающимся условиям для роста и развития в зависимости от применяемых технологических приемов (П.А. Забазный, 1983; Е.М Зенкова, 1988).

В 2011 году вспашка обеспечивала самую высокую полевую всхожесть и густоту всходов при посеве сеялкой АУП- 18.05, соответственно 80,0% и 320 всходов на 1 м². В тоже время при посеве сеялкой СС -6.0 А (Бастер) по технологии «No-till» более высокая густота всходов и полевая всхожесть были получены при минимальных и нулевых обработках, что подтверждает рекламируемое достоинство данного способа посева (приложение 18).

Урожайность на вспашке превышала все виды обработок и в среднем составила 18,7 ц/га при посеве АУП-18.05 и 17,6 ц/га при посеве СС-6.0 А. Самая низкая урожайность наблюдалась на мелкой обработке – 15,4 и 14,5 ц/га соответственно, затем, по возрастанию, идет нулевая и безотвальная обработки. В последствии урожайность на всех фонах выше при посеве АУП-18.05 –

17. Урожайность овса в зависимости от способа обработки почвы и способа посева, 2010 г.

№ варианта	Способ и глубина обработки почвы, см		Урожайность по повторениям, т/га								Средняя, т/га	
	под горох	под овес	1		2		3		4		АУП-18.05	Бастер
			АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер		
1	В-25-27	В-23-25	0,22	0,23	0,26	0,30	0,22	0,39	0,14	0,40	0,21	0,33
2	П 25-27	В-23-25	0,23	0,22	0,22	0,33	0,30	0,33	0,46	0,57	0,30	0,36
3	М 12-14	В-23-25	0,27	0,25	0,30	0,26	0,25	0,29	0,42	0,43	0,31	0,30
4	Д 10-12	В-23-25	0,46	0,20	0,47	0,34	0,45	0,20	0,49	0,26	0,47	0,25
5	В 25-27	Б-23-25	0,16	0,22	0,10	0,22	0,14	0,52	0,13	0,20	0,13	0,29
6	П 25-27	Б-23-25	0,27	0,36	0,20	0,20	0,19	0,25	0,48	0,33	0,29	0,29
7	М 12-14	Б-23-25	0,29	0,17	0,24	0,17	0,24	0,20	0,32	0,21	0,27	0,19
8	Д 10-12	Б-23-25	0,21	0,15	0,24	0,11	0,34	0,31	0,29	0,19	0,27	0,19
9	В 25-27	М-12-14	0,13	0,17	0,27	0,11	0,24	0,13	0,35	0,19	0,25	0,15
10	П 25-27	М-12-14	0,19	0,14	0,21	0,16	0,19	0,19	0,11	0,13	0,18	0,16
11	М 12-14	М-12-14	0,15	0,14	0,14	0,13	0,16	0,30	0,16	0,16	0,15	0,18
12	Д 10-12	М-12-14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,23	0,17	0,17	0,16	0,18	0,15
13	В 25-27	Нулевая	0,20	0,16	0,26	0,20	0,29	0,19	0,16	0,15	0,23	0,18
14	П 25-27	Нулевая	0,16	0,16	0,23	0,15	0,19	0,18	0,32	0,16	0,23	0,16
15	М 12-14	Нулевая	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15
16	Д 10-12	Нулевая	0,14	0,16	0,32	0,16	0,19	0,21	0,26	0,14	0,23	0,17

15,4 – 18,6 ц/га, тогда как колебания урожайности при посеве СС-6.0 А составляют от 14,5 до 17,0 ц/га (таблица 18, приложение 21).

Действие и последствие приемов обработки более отчетливо видны по представленным в приложении 19 данным в среднем по четырем фонам, математическая обработка в приложении 24.

Технология No-till позволяет уменьшить до минимума ингибирующее влияние соломы в первую очередь на проростки семян культурных растений вследствие образующихся фенольных и других токсических веществ при разложении соломы. Конструкция сошника позволяет раздвинуть органические остатки из рядка с семенами.

Однако органические остатки гороха, в том числе и измельченная солома, которая представляла собой мелкодисперсные частицы, с богатым содержанием азота, поэтому быстро минерализовались и не оказывали вредного воздействия на последующие культуры. Это стало, по-видимому, одной из причин того, что сеялка СС-6.0 А (Бастер) не имела преимуществ над сеялкой АУП-18.5 при всех способах обработки, хотя после вспашки солома заделывалась в почву, а после безотвальных рыхлений и при прямом посеве оставалась в качестве мульчи.

Так, в среднем на вспашке по четырем фонам предшествующих обработок при посеве сеялкой АУП-18.05 урожайность составила 17,0 ц/га, а Бастер 16,3 ц/га, при безотвальном глубоком рыхлении соответственно 16,8 и 15,9, мелком рыхлении – 13,8 и 13,9 и при прямом посеве - 14,9 и 14,8 (таблица 19).

Преимущество вспашки могло произойти потому, что заделанные в почву органические остатки, благодаря быстрой минерализации, служили источником питательных веществ для растений овса. Так в среднем по различным способам обработки почвы горох оставлял после себя на каждом гектаре 2,25 т соломы, 0,5 т пожнивных остатков и 1,66 т корней в пахотном слое 0-30 см слое или всего 4,45 т/га (Е.М. Агеев, 2011). Поступление питательных веществ в почву с растительными остатками гороха показано в таблице 20.

18. Урожайность овса в зависимости от способа обработки почвы и способа посева, 2011 г.

№ варианта	Способ и глубина обработки почвы, см		Урожайность по повторениям, т/га								Средняя, т/га	
	под горох	под овес	1		2		3		4		АУП-18.05	Бастер
			АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер		
1	В-25-27	В-23-25	1,66	1,68	2,03	1,97	1,98	1,73	1,44	1,78	1,80	1,79
2	П 25-27	В-23-25	1,80	1,82	2,24	1,81	2,13	1,64	2,07	1,85	2,06	1,78
3	М 12-14	В-23-25	1,66	1,96	1,67	1,64	2,14	1,82	2,09	1,74	1,89	1,79
4	Д 10-12	В-23-25	1,33	1,41	1,95	1,75	2,05	1,66	1,59	1,86	1,73	1,67
5	В 25-27	Б-23-25	1,36	1,48	1,36	1,84	1,86	1,53	1,62	1,55	1,55	1,60
6	П 25-27	Б-23-25	2,04	1,93	1,56	1,82	1,90	1,78	2,10	1,67	1,90	1,80
7	М 12-14	Б-23-25	1,64	1,52	1,87	1,97	2,11	1,80	1,58	1,41	1,80	1,67
8	Д 10-12	Б-23-25	1,49	1,43	1,73	1,65	1,61	1,74	1,41	1,34	1,56	1,54
9	В 25-27	М-12-14	1,65	1,55	1,46	1,62	1,53	1,47	1,36	1,36	1,50	1,50
10	П 25-27	М-12-14	1,96	1,47	1,61	1,58	1,58	1,70	1,81	1,41	1,74	1,54
11	М 12-14	М-12-14	1,52	1,55	1,31	1,20	1,56	1,39	1,97	1,74	1,59	1,47
12	Д 10-12	М-12-14	1,48	1,42	1,38	1,00	1,27	1,25	1,19	1,41	1,33	1,27
13	В 25-27	Нулевая	1,56	1,50	1,44	1,37	1,38	1,44	1,14	1,53	1,38	1,46
14	П 25-27	Нулевая	1,70	1,76	1,96	1,83	1,70	1,52	1,60	1,49	1,74	1,65
15	М 12-14	Нулевая	1,74	1,94	1,64	2,11	1,92	1,88	1,86	1,75	1,79	1,92
16	Д 10-12	Нулевая	1,65	1,53	1,54	1,12	1,53	1,47	1,48	1,12	1,55	1,31

19. Действие и последствие приемов обработки почвы и способов посева на урожайность овса в среднем за 3 года, т/га (2009-2011)

Приемы обработки почвы под горох, (фактор В)	Приемы обработки почвы под овес (фактор А)								В среднем по фактору В	
	В 23-25		Б 23-25		М 12-14		Нулевая		АУП-18.05	СС-6.0 А (Бастер)
	АУП-18.05	СС-6.0 А (Бастер)	АУП-18.05	СС-6.0 А (Бастер)	АУП-18.05	СС-6.0 А (Бастер)	АУП-18.05	СС-6.0 А (Бастер)		
В 25-27	1,66	1,69	1,56	1,53	1,50	1,52	1,50	1,54	1,56	1,57
П 25-27	1,68	1,67	1,80	1,74	1,47	1,52	1,65	1,60	1,65	1,63
М 12-14	1,75	1,60	1,74	1,60	1,34	1,29	1,45	1,50	1,57	1,50
Д 10-12	1,70	1,57	1,63	1,49	1,20	1,24	1,37	1,27	1,48	1,39
Среднее по фактору А	1,70	1,63	1,68	15,9	1,38	1,39	1,49	1,48		

20. Поступление питательных веществ в почву с растительными остатками гороха в зависимости от приемов обработки почвы кг/га, 2008-2010 гг.

№ варианта	Способ и глубина обработки		Солома			Пожнивные остатки			Корневые остатки			Общее поступление макроэлементов		
	в пару под озимую пшеницу	под горох	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	В 28-30	В 25-27	38	5	48	9	1	6	29	5	13	76	11	67
2	В 28-30	П 25-27	41	5	52	9	1	6	30	5	14	80	11	72
3	В 28-30	М 12-14	38	5	49	9	1	6	29	5	13	76	11	68
4	В 28-30	Д 10-12	40	5	51	9	1	6	30	5	14	79	11	71
6	Б 28-30	П 25-27	39	5	50	9	1	6	30	5	13	78	11	69
11	М 12-14	М 12-14	35	4	45	8	1	5	27	4	12	70	9	62
15	Н	М 12-14	37	5	48	9	1	5	29	5	13	75	11	66
16	Н	Д 10-12	36	4	46	9	1	5	27	4	12	69	9	63
в среднем:			38,1	4,7	48,6			4,6	28,9	4,7	13	75,9	10,4	66,2

Вынос питательных веществ зерном и соломой овса составил, в среднем, по азоту – 64,9 кг/га, фосфору – 29,3 и калию – 66,0 кг/га. Непосредственно с зерном было вынесено 43,4 кг/га азота, 12,6 - фосфора и 8,9 кг/га калия. Компенсация макроэлементов происходила за счет оставленной на поле соломы и пожнивно - корневых остатков. Так, количество органических остатков соломы овса, в среднем по изучаемым обработкам, составило 2,37 т/га, пожнивных остатков – 0,74 т/га и корней – 1,63 т/га. Общее количество органики составило 4,74 т/га (таблица 21).

21. Поступление органических веществ в почву с урожаем овса в зависимости от обработки почвы 2009-2011 гг., т/га

№ варианта	Способ и глубина обработки почвы, см	Солома	Пожнивные остатки	Корни	Всего
1	В-23-25	2,65	0,83	1,82	5,30
5	Б-23-25	2,49	0,78	1,71	4,98
9	М-12-14	2,40	0,75	1,65	4,80
11	М-12-14	2,14	0,67	1,47	4,28
13	Нулевая	2,40	0,75	1,65	4,80
15	Нулевая	2,32	0,72	1,60	4,64
16	Нулевая	2,19	0,68	1,50	4,37

При этом поступление питательных веществ в почву с соломой и пожнивно – корневыми остатками было на уровне 46,6 кг/га по азоту, 13,1 по фосфору и 61,3 кг/га по калию, что составило 71, 45 и 93% от выноса этих элементов соответственно (таблица 22).

22. Поступление питательных веществ в почву с растительными остатками овса в зависимости от приемов обработки почвы кг/га, 2009-2011 гг.

№ варианта	Способ и глубина обработки		Солома			Пожнивные остатки			Корневые остатки			Общее поступление макроэлементов		
	под горох	под овес	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	В 23-25	В 23-25	27,7	7,4	31	6,3	1,5	18,0	18,7	5,7	18,9	52,0	14,6	68,2
5	В 23-25	Б 23-25	26,0	7,0	29	5,9	1,4	20,0	17,3	5,5	17,8	49,2	13,9	66,8
9	В 23-25	М 12-14	25,0	6,7	28	5,7	1,3	18,6	16,6	5,3	17,0	47,3	13,3	63,6
11	М 12-14	М 12-14	22,3	6,3	25	5,0	1,2	16,6	14,8	4,7	15,2	42,1	11,9	56,8
13	В 23-25	Нулевая	25,0	6,7	28	5,7	1,3	18,6	16,6	5,3	17,0	47,3	13,3	63,6
15	БДТ 8-10	Нулевая	24,2	6,5	27	5,5	1,3	18,1	16,0	5,1	16,4	45,7	12,9	61,5
16	БДТ 8-10	Нулевая	22,8	6,1	26	5,2	1,2	7,1	15,2	4,8	15,6	43,2	12,1	48,7
в среднем:			44,7	6,7	47,5			18,1	16,4	5,2	16,8	46,6	13,1	61,3

При всех безотвальных способах обработки минерализация соломы гороха происходила более замедленно.

Полевая всхожесть в среднем представлена в таблице 23. Урожайность овса по всем 16 изучаемым системам обработки: от разноглубинной вспашки (1 система) до самой минимальной (16 вариант) по годам представлена в таблице 24 и на рис 3, из которых можно сделать вывод о том, что закономерности в изменении величины урожая те же. Урожайность уменьшается от вспашки, безотвальных рыхлений до нулевой, т.е. прямого посева.

Таким образом, наибольшую урожайность овса обеспечивает вспашка, благодаря заделке соломы гороха в почву и ее быстрой минерализации; по существу не уступает по урожайности и безотвальное рыхление стойками СибИМЭ. Прямой посев уступал по урожайности вспашке на 12,2%, но значительно снижал затраты и нужна оценка экономической эффективности, которая проведена нами по технологическим картам с учетом сложившихся нормативных затрат.

23. Таблица полноты всходов, сохранности и выживаемости растений овса, % среднее за 3 года.

№ варианта	Способ обработки и глубина, см		Густота стояния растений, шт/м ²				Полевая всхожесть, %		Сохранность, %		Выживаемость, %	
	под горох	под овес	при полных всходах		перед уборкой		АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер
			АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер						
1	В 23- 25	В 23-25	320	290	267	281	80,0	65,8	98,2	96,7	78,5	70,0
5	В 23- 25	Б 23-25	271	328	283	321	67,8	82,0	96,4	97,9	65,9	80,4
9	В 23- 25	М 12-14	277	289	251	283	69,2	72,2	97,7	97,8	67,7	70,7
11	М 12- 14	М 12-14	270	303	264	297	67,5	75,8	94,4	97,8	65,5	74,3
13	В 23- 25	Нулевая	270	243	290	337	70,1	79,2	97,2	97,4	65,8	77,7
15	БДТ 8- 10	Нулевая	291	334	299	327	70,0	83,4	98,2	98,0	68,5	81,8
16	БДТ 8- 10	Нулевая	296	329	316	326	74,8	82,3	97,8	98,0	72,6	81,4
Средняя			285,0	302,3	281,4	310,3	71,3	77,2	97,1	97,7	69,2	76,6

24. Урожайность овса в зависимости от способа обработки почвы и способа посева по годам опытов (2009-2011), ц/га

№ системы	Способ обработки почвы и глубина, см		2009		2010		2011		В среднем	
	Под горох	Под овес	АУП-18	Бастер	АУП-18	Бастер	АУП-18	Бастер	АУП-18	Бастер
1	В-25-27	В 23-25	29,8	29,6	2,1	3,3	18,0	17,9	16,6	16,9
2	П 25-27	В 23-25	26,9	28,6	3,0	3,6	20,6	17,8	16,8	16,7
3	М 12-14	В 23-25	30,4	27,0	3,1	3,0	18,9	17,9	17,5	16,0
4	Д 10-12	В 23-25	28,9	27,8	4,7	2,5	17,3	16,7	17,0	15,7
5	В 25-27	Б 23-25	29,9	27,0	1,3	2,9	15,5	16,0	15,6	15,3
6	П 25-27	Б 23-25	32,0	31,4	2,9	2,9	19,0	18,0	18,0	17,4
7	М 12-14	Б 23-25	31,6	29,3	2,7	1,9	18,0	16,7	17,4	16,0
8	Д 10-12	Б 23-25	30,7	27,3	2,2	1,9	15,6	15,4	16,3	14,9
9	В 25-27	М 12-14	27,4	29,0	2,5	1,5	15,0	15,0	15,0	15,2
10	П 25-27	М 12-14	25,0	28,6	1,8	1,6	17,4	15,4	14,7	15,2
11	М 12-14	М 12-14	22,8	22,3	1,5	1,8	15,9	14,7	13,4	12,9
12	Д 10-12	М 12-14	21,0	23,0	1,8	1,5	13,3	12,7	12,0	12,4
13	В 25-27	Нулевая	28,8	29,9	2,3	1,8	13,8	14,6	15,0	15,4
14	П 25-27	Нулевая	29,9	29,8	2,3	1,6	17,4	16,5	16,5	16,0
15	М 12-14	Нулевая	24,7	24,2	1,5	1,5	17,9	19,2	14,5	15,0
16	Д 10-12	Нулевая	23,2	23,3	2,3	1,7	15,5	13,1	13,7	12,7

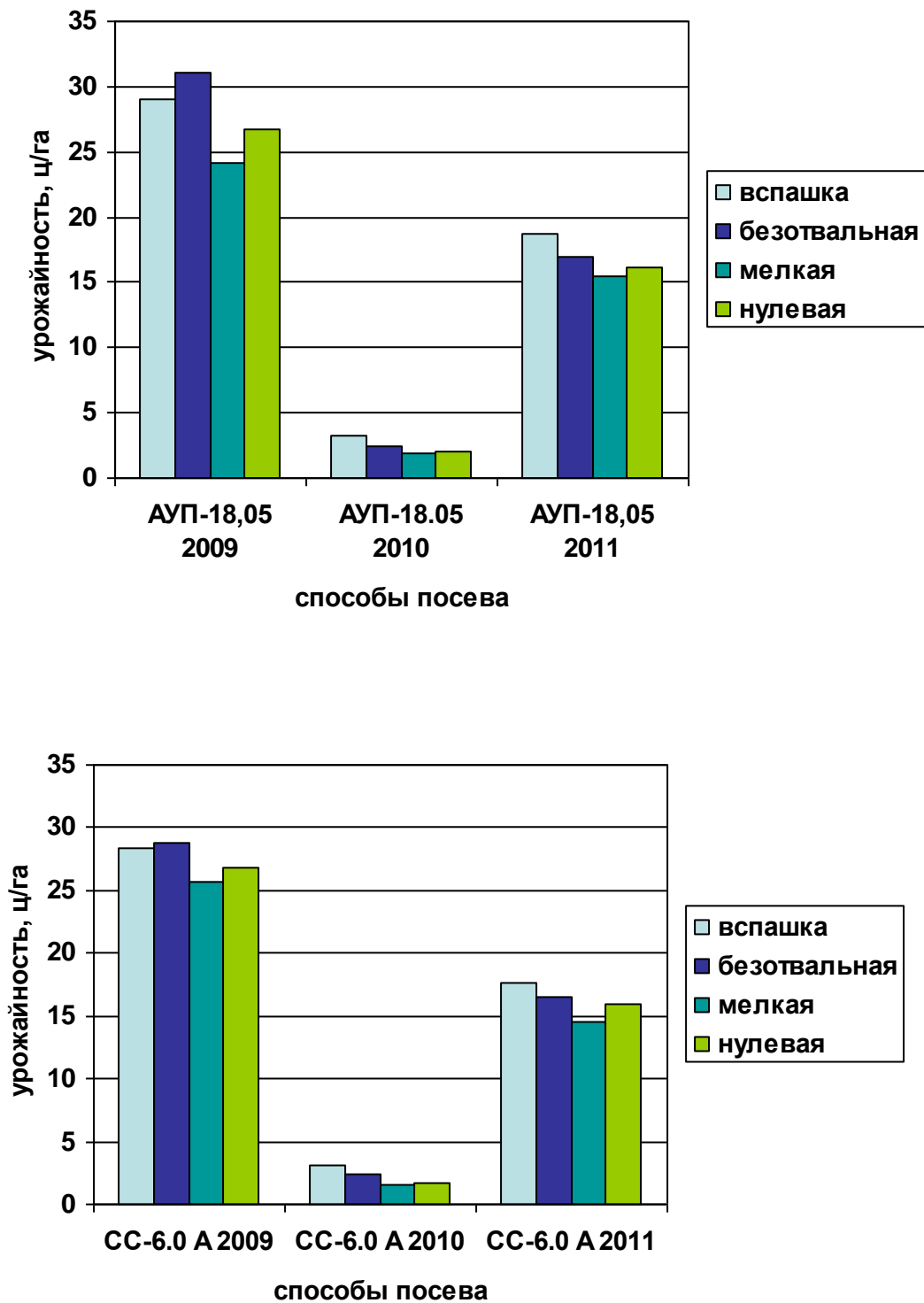


Рис. 3 Урожайность зерна овса при различных способах обработки почвы и посева

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Зернопродуктовый подкомплекс занимает ведущую роль в агропромышленном комплексе Российской Федерации. Высокая питательность зерна, хорошая транспортабельность, и возможность длительного хранения обуславливают преимущества этого продукта по сравнению с другой сельскохозяйственной продукцией. Не случайно зерно играет определяющую роль в обеспечении стабильности в стране, а хлебопродукты исторически составляют значительную долю в структуре питания населения России (В. А. Добрынин, 1990).

Экономическая эффективность показывает отдачу совокупных вложений. В сельском хозяйстве это получение максимального количества продукции с единицы площади при наименьших затратах живого и овеществленного труда.

Получение чистой прибыли является главной целью возделывания любой сельскохозяйственной культуры. А с учетом того, что вспашка – самый дорогостоящий прием в земледелии, повышение урожайности зерна основных полевых культур, при одновременном снижении затрат на их производство за счет применения ресурсосберегающих технологий возделывания, является в настоящее время актуальнейшей проблемой.

Для экономической оценки изучаемых приемов основной обработки почвы и способов посева, в изучаемом севообороте, нами проводился анализ трудовых и материальных затрат, определялась окупаемость вложенных средств в производство. При этом учитывались все виды сельскохозяйственных работ по возделыванию овса. Затраты на проведение отдельных видов работ подсчитывались по технологическим картам на основе типовых норм выработки и расценок, действующих в Оренбургской области.

Проведенные исследования показали, что прямой посев овса после гороха по технологии No-till вполне применим, как обеспечивающий получение наибольшей прибыли, при наименьшей себестоимости и высокой рентабельности.

Так, при самой высокой урожайности – 17 ц/га производственные затраты на вспашке были наибольшими и составили 2992,44 руб. при посеве сеялкой АУП-18.05.

Прямой посев, хоть и снижал урожайность овса на 0,8-3,2 ц/га, но при этом снижал затраты ГСМ на 18,6 л/га, труда – на 55%, и общих производственных затрат на 848 – 1062 руб/га, чем обеспечивал более высокие показатели экономической эффективности по сравнению со вспашкой (таблица 25).

По потреблению трудовых ресурсов вспашка и безотвальная обработка были на одинаковом уровне при посеве обеими сеялками. При посеве АУП-18.05 затраты труда составили 2,40 чел.-час/га, а СС-6,0 А – 2,04 чел.-час/га. На мелкой и нулевой обработках эти показатели были ниже: на АУП-18.05 - 1,92 мелкая и 1,66 чел.- час/га – нулевая; на СС-6.0 А - 1,57 и 1,31 чел.- час/га, соответственно.

Кроме того, на мелких и нулевых обработках происходит значительное снижение расхода топлива.

Цена овса взята рыночная – четыре тысячи рублей.

Самая низкая себестоимость зерна 1303,8 руб/т была получена при прямом посеве по стерне сеялкой СС-6.0 А по технологии No-till, чуть выше она была при посеве АУП-18.05 – 1439,1 руб/т, что обеспечило получение самой высокой рентабельности - 206,8 и 177,8% и прибыли 2696,24 и 2560,86 руб/т на этих вариантах соответственно (А.В. Кислов, С.А Федюнин, А.С. Васильева, 2012).

Вышеперечисленные показатели экономической эффективности, такие как себестоимость, условно чистый доход и рентабельность находятся в тесной зависимости от производственных затрат и урожайности.

25. Экономическая эффективность производства овса в зависимости от обработки почвы и посева
(2009-2011 гг.)

Показатели	В -25-27		Б-25-27		М-12-14		Нулевая	
	АУП-18.05	СС-6.0 А	АУП-18.05	СС-6.0 А	АУП-18.05	СС-6.0 А	АУП-18.05	СС-6.0 А
Урожайность зерна, ц с 1 га	17,0	16,3	16,8	15,9	13,8	13,9	14,9	14,8
Производственные затраты, руб./га	2992,44	2770,77	2840,88	2618,75	2441,78	2229,17	2144,32	1929,57
Себестоимость 1 т зерна, руб.	1760,26	1699,86	1691,00	1647,01	1769,41	1603,72	1439,14	1303,76
Стоимость продукции, руб./га	6800	6520	6720	6360	5520	5560	5960	5920
Условно чистый доход, руб.:								
с 1 га	3807,6	3749,23	3879,12	3741,25	3078,22	3330,83	3815,68	3990,43
с 1 т продукции	2239,4	2300,14	2309,00	2352,99	2230,59	2396,28	2560,86	2696,24
Рентабельность, %	127,2	135,3	136,5	142,7	126,1	149,4	177,8	206,8
Затраты труда, чел./час:								
на 1 га	2,40	2,04	2,40	2,03	1,92	1,57	1,66	1,31
на 1 т продукции	1,41	1,25	1,43	1,28	1,39	1,13	1,11	0,89
Затраты топлива, кг								
на 1 га	35,5	32,5	31,6	28,6	25,6	22,6	19,9	16,9
на 1 ц	20,9	19,9	18,8	18,0	18,6	16,3	13,4	11,4

При выращивании овса, в среднем по всем изучаемым вариантам, наибольшую долю в структуре затрат составляют затраты на ГСМ – 29,4-34,3% и семена – 20–32,8%. Заработная плата колеблется в пределах 13,8-14,9%, а амортизация и ремонт – 9,9-13,7% (таблица 25, рисунок 4).

Следует отметить, что технология No-till была более эффективной по сравнению с посевом сеялкой АУП-18.05, которая обеспечивала одновременно предпосевную культивацию благодаря тому, что овес размещался в паровом звене пар черный – озимая пшеница – горох – овес. А размещение в четвертой ротации обеспечило относительно низкую засоренность посевов и не требовало применения гербицидов против многолетних корнеотпрысковых сорняков, в связи с чем сумма затрат выравнивается с посевом сеялкой АУП-18.05.

Таким образом, в проведенных исследованиях, прямой посев овса обеспечивал экономию затрат ГСМ, труда и общих производственных затрат, чем и обоснованы более высокие показатели экономической эффективности по сравнению со вспашкой, при снижении урожайности на 12,2%,

Все это позволяет сделать вывод о том, что в основных зернопаровых севооборотах короткой ротации вполне применим прямой посев овса после гороха по технологии No-till, обеспечивающий получение наибольшей прибыли, при наименьшей себестоимости и высокой рентабельности.

При выращивании овса, в среднем по всем изучаемым вариантам, наибольшую долю в структуре затрат составляют затраты на ГСМ – 29,4-34,3% и семена – 20–32,8%. Заработная плата колеблется в пределах 13,8-14,9%, а амортизация и ремонт – 9,9-13,7% (таблица 25, рисунок 4).

Следует отметить, что технология No-till была более эффективной по сравнению с посевом сеялкой АУП-18.05, которая обеспечивала одновременно предпосевную культивацию благодаря тому, что овес размещался в паровом звене пар черный – озимая пшеница – горох – овес. А размещение в четвертой ротации обеспечило относительно низкую засоренность посевов и не требовало применения гербицидов против многолетних корнеотпрысковых сорняков, в связи с чем сумма затрат выравнивается с посевом сеялкой АУП-18.05.

Таким образом, в проведенных исследованиях, прямой посев овса обеспечивал экономию затрат ГСМ, труда и общих производственных затрат, чем и обоснованы более высокие показатели экономической эффективности по сравнению со вспашкой, при снижении урожайности на 12,2%,

Все это позволяет сделать вывод о том, что в основных зернопаровых севооборотах короткой ротации вполне применим прямой посев овса после гороха по технологии No-till, обеспечивающий получение наибольшей прибыли, при наименьшей себестоимости и высокой рентабельности.

26. Структура прямых затрат на возделывание овса

в зависимости от способа основной обработки почвы и посева, руб. на 1 га (2009-2011 гг.)

Способ основной обработки и глубина, см	Способ посева	Всего прямых затрат	В том числе						
			семена, пестициды	заработная плата	амортизация	текущий ремонт	ГСМ	автотранспорт	прочие
В 23-25	АУП-18.05	2584,4	544,5	380,9	294,2	353,0	887,5	121,2	2,1
	СС-6.0 А	2391,3	544,5	332,1	265,3	318,3	812,5	116,6	2,0
Б 23-25	АУП-18.05	2451,5	544,5	383,4	278,1	333,7	790,0	119,8	2,0
	СС-6.0 А	2259,4	544,5	335,8	249,2	299,1	715,0	113,9	1,9
М 12-14	АУП-18.05	2107,8	544,5	308,5	233,2	279,9	640,0	100,0	1,7
	СС-6.0 А	1922,2	544,5	261,4	204,4	245,2	265,0	100,0	1,7
Нулевая	АУП-18.05	1847,9	544,5	273,1	192,6	231,1	497,5	107,3	1,8
	СС-6.0 А	1661,3	544,5	225,7	163,7	196,5	422,5	106,7	1,6

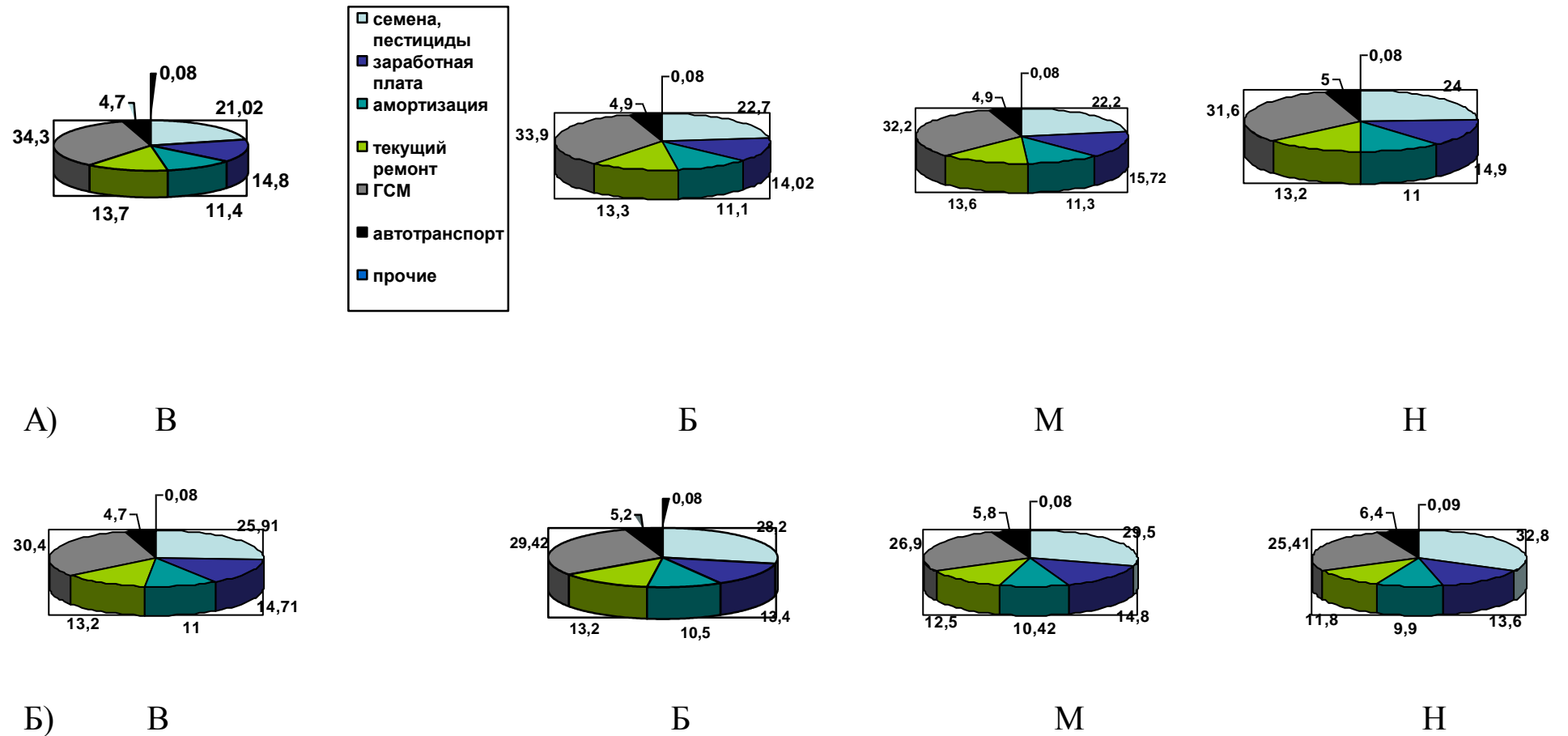


Рис.4 Структура прямых затрат на возделывание овса в зависимости от способа основной обработки почвы и посев

Примечание: А – посев сеялкой АУП-18.05, Б – посев сеялкой СС-6.0 А (Бастер)

Выводы

1. Плотность почвы после гороха, благодаря его стержневой корневой системе, даже при многократных минимальных обработках не выходила за пределы оптимальных значений для овса – 1,21-1,25 г/см³ и была на уровне 1,16 - 1,18 весной и 1,19 -1,20 г/см³ перед уборкой.

2. Общая пористость и пористость аэрации также были оптимальными в течении всей вегетации и варьировали, в среднем за 3 года, весной в пределах 54,0-57,1 и 18,7-22,0%, а к уборке даже увеличивались из-за уменьшения объема воды и таким образом обеспечивали достаточный воздушный режим для дыхания корней и окислительно-восстановительные процессы в почве.

3. При размещении овса после гороха, измельченная солома которого оставлялась на поверхности почвы при безотвальных способах обработки, они теряли свое преимущество перед вспашкой, в связи с низкой снегозадерживающей способностью стерни, в накоплении продуктивной влаги: запасы составляли на вспашке 207,1 мм, на нулевых фонах – 113,8 – 174,3 мм, а при глубоком безотвальном рыхлении - 147,8 мм. Однако, оставляемая на поверхности солома, снижала непроизводительный расход влаги на испарение и коэффициенты водопотребления на безотвальных фонах ниже по сравнению со вспашкой.

4. Засоренность овса, благодаря размещению его в третьем поле после пара, была невысокой. Вспашка была более эффективной как против малолетних (27,6 шт/м²), так и особенно против многолетних сорняков (2,0 шт/м²), причем заметное увеличение численности наблюдалось на фоне предшествующего дискования почвы под горох, где количество, как малолетних (36,4 шт/м²), так и многолетних (3,9 шт/м²) сорняков было максимальным.

5. Приемы обработки и способы посева оказывают большое влияние на формирование высокопродуктивного агроценоза овса: вспашка обеспечивала

самую высокую полевую всхожесть и густоту всходов при посеве сеялкой АУП - 18.05, соответственно 80,0% и 320 всходов на 1 м². В то же время, при посеве сеялкой СС-6.0 А (Бастер) по технологии No-till, более высокая густота всходов и полевая всхожесть были получены при минимальных - 75,8%, 270 всходов на 1м² и нулевых - 83,4%, 291,3 всходов на 1м² обработках, что подтверждает рекламируемое достоинство данного способа посева.

6. Наибольшую урожайность овса обеспечила вспашка – 17,0 ц/га (АУП-18.05) и 16,3 ц/га (СС-6.0 А), благодаря заделке соломы гороха в почву и ее быстрой минерализации. По существу не уступает по урожайности и безотвальное рыхление стойками СибИМЭ – 16,8 и 15,9 ц/га соответственно. Прямой посев уступал по урожайности вспашке на 12,2% (14,9 и 14,8 ц/га), но значительно снижал затраты.

7. Оставление соломы овса при уборке обогащает почву органическими веществами - Общее поступление макроэлементов в почву, в среднем, за годы исследования при возделывании овса составило: азота – 46,6 кг/га, фосфора –13,1 и калия – 61,3 кг/га, что компенсирует общий вынос с урожаем на 71, 45 и 93 % соответственно.

8. Прямой посев овса после гороха, при проведении в оптимальные сроки, не смотря на снижение урожайности по сравнению со вспашкой, благодаря уменьшению затрат ГСМ на 18,6 л/га, труда – на 55%, и общих производственных затрат на 848 – 1062 руб/га обеспечивал более высокие показатели экономической эффективности.

9. Самая низкая себестоимость зерна была при прямом посеве по стерне сеялкой СС-6.0 А по технологии No-till и составила -1303,8 руб/т, чуть выше она была при прямом посеве сеялкой АУП-18.05 – 1439,1 руб за 1 т, что обеспечило получение самой высокой рентабельности – 206 и 177,8% и прибыли 2696,24 и 2560,86 руб/т соответственно, на этих вариантах.

10. В освоенных зернопаровых севооборотах короткой ротации вполне применим прямой посев овса после гороха по технологии No-till, обеспечивающий получение наибольшей прибыли, при наименьшей себестоимости и высокой рентабельности, даже при снижении урожайности на 12,2%.

Рекомендации производству

В освоенных зернопаровых севооборотах при оставлении соломы в поле в качестве удобрения ресурсосберегающие технологии возделывания овса, основанные на минимализации обработки почвы и прямом посеве по стерне экономически более выгодны по сравнению со вспашкой, хотя и уступает несколько ей по урожайности. Самые высокие экономические показатели прибыли и уровня рентабельности обеспечивает прямой посев овса по стерне по технологии No-till, благодаря снижению непроизводительного испарения влаги за счет мульчи из соломы предшественника.

Список используемой литературы

1. Абрамова, М. М. Испарение почвенной влаги в засушливых условиях /М. Абрамова // Почвоведение. - 1968. - № 8. - С. 10 - 11.
2. Авдеенко, М. Д. Сочетать различные приемы /М.Д. Авдеенко, М.Г. Евтушков // Земледелие. – 1987. - № 12. – с. 42.
3. Аверьянов, Г.Д. Влияние обработки на свойства почвы и урожайность зерновых культур в Верхнем Поволжье / Г.Д. Аверьянов, М.С. Матюшин, А.И. Шарякова // Минимализация обработки почвы.- М.: Колос, 1984.- С. 204-212.
4. Авров, О. Е. Использование соломы в сельском хозяйстве / О. Е. Авров, З. М. Мороз.- Ленинград: Колос, 1979.- 200 с.
5. Агеев, Е.М. Ресурсосберегающие технологии возделывания гороха на черноземах южных Оренбургского Предуралья: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.01- общее земледелие, Оренбург, 2011.- С.85-90.
6. Ален, Х.П. Прямой посев и минимальная обработка почвы / пер. с англ. М.Ф. Пушкарева.- М.: Агропромиздат, 1985.- 208 с.
7. Алпатьев, А.М. Влагодоборот культурных растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 248 с.
8. Алпатьев, А.М. Почвоувлажнительный и биологический эффект атмосферных осадков / А.М. Алпатьев // Почвоведение. – 1959. - №2. Изд. СССР с 37-41.
9. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова – Л.: Наука: -1980. - 286с.
10. Андреева, В.М., Елисеев, В.И. Обеспечение растений питательными веществами по этапам роста и развития / Интенсивные технологии возделывания зерновых культур в Оренбургской области.- Челябинск.: Юж.-Урал. кн. изд.- 1987.- С. 19-40.

11. Аникович, В.Ф. Агротехнические приемы обеспечения оптимального пищевого и водного режимов роста и развития растений / Интенсивные технологии возделывания зерновых культур в Оренбургской области.- Челябинск.: Юж.-Урал. кн. изд.- 1987.- С. 51-72.
12. Антанов, И.С. Почвозащитные технологии / И.С. Антанов [и др.] // Земледелие. – 2002. - № 1. – С.20.
13. Бабченко, В.Д. Послеуборочная обработка семян зерновых культур (рекомендации) / В.Д. Бабченко [и др.] - М.: Агропромиздат, 1986. – С.45.
14. Базалинская, М. В. Управление биологической активностью / М. В. Базалинская // Земледелие.- 1989.- № 5.- С. 36 - 37.
15. Баздырев, Г.И., Лошаков В.Г., Пупонин А.И. и др. Земледелие. - М.: Колос, 2000.- 612 с.: ил.
16. Баздырев, Г.И. Почвозащитные системы обработки почвы плюс гербициды // Земледелие. – 1990. -№2. – С. 45-48.
17. Бакиров, Ф.Г. Влияние обработки почвы на плодородие чернозема южного // Земледелие.- 2007.- №5.
18. Бараев, А.И. Основные положения почвозащитной системы и ее влияние на формирование урожая яровой пшеницы // Почвозащитное земледелие. Избранные труды. – М., 1988. – С. 223-252.
19. Бараев, А.И. Почвозащитное земледелие / А.И. Бараев. Изб. труды – М.: Агропромиздат. – 1988 - 383с.
20. Бараков, П. Курс общего земледелия. - М.-Л.: Гос. изд-во с.-х. и колхозно-кооперативной литературы, 1931.- 276 с.
21. Баталова, Г.А. Овес. Технология возделывания и селекции.- Киров, 2000. – 206 с.
22. Баталова, Г.А. и др. Перспективная ресурсосберегающая технология производства овса.- М.- 2009.- 60 с.: ил.

23. Батталова, Н.Р. Сорты полевых культур Оренбургской области: краткие описания: Учебно-справочное пособие / Н.Р. Батталова [и др.]. – Оренбург: Изд. центр ОГАУ, 2003.- 64 с.
24. Белевцев, Д.Н. Сроки сева и глубина заделки семян / Д.Н. Белевцев, В.Д. Горбаченко // Технические культуры. – 1990. - №6. – с. 6-8.
25. Белтов, Д. Прямой посев - прямая выгода / Д. Белтов // Агро - Информ.- 2003.- № 7.- С. 25.
26. Бахтин, П.У. Проблемы обработки почвы. – М.: Знание. – 1969. - 62с.
27. Бискаев, Н.К., Хопренинов, В.Д. // Система устойчивого ведения сельского хозяйства Оренбургской области. – Оренбург: Оренбург. кн. изд., 1999.- С.60.
28. Богачков, В.И. Овес в Сибири и на Дальнем Востоке.- М., 1986.
29. Боголепов, С. В. Плоскорезная основная обработка почвы / С. В. Боголепов, Р. С. Мушинская // Уральские Нивы.- 1983.- № 3.- С. 23 - 26.
30. Булатова, Т. Космические технологии // Агрострахование и кредитование.- 2008.- № 12(43).- С. 50.
31. Буров, Д.Н. Минимальная обработка черноземных почв Заволжья / Д.Н. Буров // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1975. - № 3. – с. 61 - 69.
32. Вавилов Н. И. Ботанико-географические основы селекции./ Происхождение и география культурных растений. – Л. 1987.
33. Васильева, А.С. Ресурсосберегающие технологии возделывания овса на черноземах южных Оренбургского Предуралья // Вестник ОГУ.- 2010.- №4.- С. 29-30.
34. Васин, В.Г. Растениеводство (биология и приемы возделывания на Юго-Востоке). / В.Г. Васин, Н.Н. Ельчанинова, А.В. Васин, А.В. Зорин, С.Н. Зудилин. – Самара. – 2003 - 447с.
35. Вериго, С.А. Почвенная влага / С.А. Вериго, Л.А. Разумова.- Л.: Гидрометеиздат, 1972.- 328 с.
36. Волынский, В.П. Способы основной обработки почвы в зернопропашном севообороте на каштановых почвах Волгоградской области / В.П. Волынский,

И.И. Лисниченко, Ю.И. Ковалев // Севообороты и приемы обработки почвы в системе сухого земледелия. – Волгоград, 1988. – С. 17-26.

37. Вильямс, В.Р. Основы земледелия. – Собрание соч.; т.1. – М., 1951. – С. 271 - 418.

38. Витязев, В.Г. Общее земледелие: учебник / В.Г. Витязев, И.Б. Макаров.- М.: Изд. МГУ, 1991.- 288 с.

39. Воеводин, А. В. Вредоносность сорных растений в агрофитоценозах / А. В. Воеводин // Защита растений.- 1978.- № 3.- С. 21-23.

40. Воронин, А.Д. Физика почв: успехи и проблемы // Почвоведение. – 1987. - №10. – С. 34-43.

41. Воробьев, С.А. Земледелие / С.А. Воробьев, Д.И. Буров, А.М. Гуликов, А.Ф Витер.- М.: Колос, 1977.- 480 с.

42. Воробьев, С. А. Земледелие: учебник / С. А. Воробьев, А. Н. Каштанов, И. П. Макаров; под ред. С. А. Воробьева.- М.: Агропромиздат, 1991.- 527 с.

43. Воробьев, С.А. Общее земледелие.- М.: Колос, 1977.- 482 с.

44. Вражнов, А.В. Плоскорезная обработка почвы в борьбе с эрозией / А.В. Вражнов [и др.]. – Челябинск: Юж.-Ур. кн. изд., 1978. – С. 40-47.

45. Гринько, Н.И. Влияние уплотнения почвы на некоторые физические свойства и ее биологическую активность / Н.И. Гринько // Теоретические вопросы обработки почвы. – Л.: 1968. – с. 127-130.

46. Груздев, Г. С. Проблемы борьбы с сорняками на современном этапе / Г.С. Груздев // Актуальные вопросы борьбы с сорными растениями. – М.: Колос, 1988.- С. 3-5.

47. Гулидова, В.А. Минимальная обработка почвы под озимую пшеницу // Земледелие.- 1998 .- №5.- С. 21.

48. Громов, А.А. Экологический аспект минимальной обработки почвы / А.А. Громов, Л.Д. Заводчикова, К.Х. Бикмурзин // Земледелие.- 1991. - №7.- С. 36.

49. Даль, В.И. Большой иллюстрированный словарь русского языка: современное написание.- М.: Астрель: АСТ: Транзиткнига, 2005.- 348 с.

50. Данилов, Г.Г. Система обработки почвы / Г.Г. Данилов, И.Ф. Каргин, Н.С. Немцев. – М.: Россельхозиздат. – 1982 - 270с.
51. Данкверт, С. А. Внедрение сберегающих технологий – стратегия развития зерновой отрасли РФ / С. А. Данкверт, Л. В. Орлова, А. В. Хохлов // Аграрная Россия.- 2002.- № 6.- С. 9-13.
52. Двуреченский, В. Основные агротехнические правила возделывания зерновых культур по нулевой технологии.- ТОО «Издательский Дом».- г. Костанай.-2008.- 56 с.: ил.
53. Добрынин, В. А. Экономика сельского хозяйства / В. А. Добрынин, А. В. Беляев, П. П. Дунаев.- М.: Агропромиздат, 1990.- 476 с.
54. Долабаридзе, С. Почему же мы пашем? Ресурсосбережение как философия // Новое сельское хозяйство.- 2008. - №4. - С.64-42.
55. Долгов, С. И. О некоторых закономерностях зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от плотности почвы / С.И. Долгов, С.А. Модина // Теоретические вопросы обработки почвы. Вып. 2.-Л., 1969. - С.54- 64.
56. Докучаев, В.В. Избранные труды / В.В. Докучаев – Т.1 – М.: ОГИЗ – 1948 – 480 с.
57. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
58. Доспехов, Б.А. Минимализация обработки почвы: направления исследований и перспективы внедрения в производство // Земледелие. – 1978. - №9. – С.26-31.
59. Доспехов, Б. А. и др. Практикум по земледелию.- М.: Колос, 1977.- 368 с.
60. Дояренко, А.Г. Факторы жизни растений / А.Г. Дояренко.- М.: Колос, 1966.- 277с.
61. Дусаев, Х.Б. Безотвальная обработка почвы в Предуралье // Земледелие.- 1990.- №11.- С.56-57.
62. Егоров, В.В. Некоторые вопросы повышения плодородия почв / В.В. Егоров // Почвоведение. – 1981. – № 10. – С. 71-76.

63. Забазный, П.А. Краткий справочник агронома / П.А. Забазный, Ю.П. Буряков, Ю.Г. Карцев и др.; сост. П.А. Забазный.- 2-е изд., перераб и доп.- М.: Колос, 1983.- 320 с.
64. Заикин, В.П. Механическая обработка почвы / В.П. Заикин, В.А. Ивенин, В.Ф. Ваньков. – Н. Новгород.: Нижегородская ГСХА, 1996. - 218с.
65. Захаренко, А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия. – М.: МСХА, 2000. – 468с.
66. Зезюков, Н.И. Сохранить плодородие черноземов / Н.И. Зезюков и др. // Земледелие. – 1996. - № 5. – с. 6-7.
67. Зенкова, Е.М. Богара, пары, урожай / Зенкова Е.М. – Алма-Ата: Кайнар, 1988. – 144 с.
68. Иванов, П.К. О системе обработки почв в Поволжье // Ветровая эрозия и плодородие почв. – М., 1976. – С. 156-168.
69. Иванов, П.К. Эффективность глубокой вспашки на черноземах в севообороте с многолетними травами // Приемы повышения культуры земледелия в степном Заволжье. – Куйбышев, 1973. – с. 57-71.
70. Иванов, П.К. Использование соломы в качестве органического удобрения / П. К. Иванов, Е. Н. Аношин // Агрoхимия.- 1977.- № 7.- С. 91-96.
71. Извеков, А.С. Предотвратить экологическую катастрофу / Извеков А. С. // Земледелие. – 1992. – Т. 4. – С. 42-46.
72. Ионин, П. Ф. Химические методы борьбы с сорной растительностью в севооборотах / П. Ф. Ионин // ВСХ наука.- 1983.- № 4.- С. 75-77.
73. Казаков, Г.И. Влияние основной обработки почвы на трансформацию органических остатков и содержание гумуса / Г.И. Казаков, М.Ф. Мухутдинов // Интенсификация использования удобрений и химических средств защиты растений в земледелии. – Ульяновск, 1989. – С. 48-51.
74. Казаков, Г.И. Дифференциация обработки черноземных почв в Среднем Поволжье. – Куйбышев, 1990. – 170с.
75. Казаков, Г.И. Обработка почвы в среднем Поволжье. – Самара: СамВен, 1997. – 196с.

76. Казаков, Г.И. Зональные системы обработки почвы. – М.: Колос, 1984. – С. 188-193.
77. Канивец, И. И. Использование соломы в земледелии сухостепной зоны Северного Казахстана / И. И. Канивец, В. А. Фомин // Изв. АН СССР.- Сер. Биология.- 1977.- № 4.- С. 534-540.
78. Кант, Г. Земледелие без плуга: предпосылки, способы и границы прямого посева при возделывании зерновых культур / Г. Кант.- М.: Колос, 1980.- 158 с.
79. Каракулев, В.В. Эффективность ресурсосберегающих систем основной обработки почвы при возделывании яровой пшеницы / В.В, Каракулев, Ф.Г. Бакиров, В.Д. Вибе // Известия ОГАУ. – 2004. -№4. – С. 14-17.
80. Карпова, О. Разнообразие форм высококачественного овса //Хлебопродукты.- 2007.- №2.
81. Картамышев, Н.И. Снижать засоренность полей в почвозащитном земледелии / Н.И. Картамышев, З.М. Шмат, Н.Ф. Гончаров // Земледелие. – 1992. - №2. – С. 56-58.
82. Касаева, К. А. Формирование высокопродуктивных посевов зерновых культур / К. А. Касаева.- М.: Агропромиздат, 1986.- 150 с.
83. Качинский, Н. А. Структура почвы: итоги перспективы изучаемого вопроса / Н. А. Качинский.- М.: Изд-во МГУ, 1963.- 100 с.
84. Кашеев, А.В. Влияние различных предшественников черного пара на экологическую эффективность возделывания озимой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Материалы регион. науч.- практ. конф. молодых ученых и специалистов Оренбургской обл. Ч.1. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. – 2005. – С. 194-195.
85. Киекбаев, Т.И. Минимализация обработки почвы в засушливой зоне Башкортостана / Т.И. Киекбаев // Земледелие. – 1996. – №3. – С. 11-12.
86. Кираев, Р.С., Сафин, Х.М. Ресурсосберегающие технологии – основа повышения эффективности сельхозпроизводства / Система обработки почвы в

севооборотах степных и лесостепных агроландшафтов Башкортостана. Результаты опытов и предложения производству.- Уфа, 2009.- С. 16-20.

87. Кирдин, В.Ф. Плоскорезная обработка или отвальная вспашка / В.Ф. Кирдин, Ф.К. Халилов //Степные просторы.- 1984.-№7.- с. 17-18.

88. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия.- М.: Колос, 1996.- 367 с.

89. Кислов, А.В. Экологизация обработки почвы на черноземах Оренбургской области / А.В. Кислов [и др.] // Материалы междунар. конф. «Биоразнообразии и биоресурсы Урала». – Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ», 2001. – С. 350-352.

90. Кислов, А.В. Экономическое обоснование ресурсосберегающих технологий возделывания ячменя в степной зоне Южного Урала / А.В. Кислов [и др.] // Известия ОГАУ. – 2004. - №2. – С. 68-70.

91. Кислов, А.В. Агроэкологические принципы построения севооборотов / Сохранение и повышение плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Оренбургской области.- Оренбург.- 2002.- С. 39-45.

92. Кислов, А.В. Ресурсосберегающие почвозащитные системы обработки почвы под яровые культуры // Сохранение и повышение плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Оренбургской области. – Оренбург: ИПК «Южный Урал», 2002. – С. 160-191.

93. Кислов, А.В. Экологические проблемы агропромышленного комплекса на Южном Урале / А.В. Кислов. Проблемы степного природопользования.- Оренбург.- 1996.- С. 145-148.

94. Кислов, А.В. Приемы минимализации обработки почвы под овес на черноземах южных Оренбургского Предуралья / А.В. Кислов, С.А Федюнин, И.В. Васильев, А.С. Васильева // Известия ОГАУ.- 2011.- №3(31). – С. 41-43.

95. Кислов, А.В. Влияние минимализации обработки на плодородие почвы и урожайность овса в степной зоне Южного Урала / А.В. Кислов, И.В. Васильев, А.С. Васильева // Известия ОГАУ.- 2012.- №3. – С. 59-62.

96. Кислов, А.В. Продуктивность и экономическая эффективность возделывания овса в зависимости от минимализации обработки почвы/ А.В. Кислов, С.А Федюнин, А.С. Васильева// Известия ОГАУ.- 2012.- №2. – С. 21-25.
97. Ковалев, В. М. Теоретические основы оптимизации формирования урожая / В. М. Ковалев.- М.: Изд. МСХА, 1997.- 284 с.
98. Ковда, В.А. Биосфера и ее ресурсы / В.А. Ковда. – М.: Наука. – 1971. – 312с.
99. Козлов, Н.В. Тайны почвенного плодородия / Н.В. Козлов, А.И. Серый.- Киев: Урожай, 1986.- С. 3-4.
100. Козловцев, Ф.Л. Севообороты и приемы обработки почвы в системе сухого земледелия / Ф.Л. Козловцев [и др.]. – Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1988.- 176 с.
101. Колесников, Л.Д. Весенний сев в ранние сроки.- Ор. кн. изд., 1962.- 22 с.
102. Колмаков, П.П. Минимальная обработка почвы / П.П. Колмаков, А.М. Нестеренко. – М.: Колос, 1981. – 240с.
103. Колмаков, П.П., Таскаева А.Г. Сорные растения Урала и меры борьбы с ними.- Челябинск.: Южно – Уральское книжное издательство, 1985.- 88 с.
104. Комаров М.И. Возможность минимализации основной обработки каштановых почв в зернопаропропашном севообороте Заволжья / М.И. Камаров, В.Н. Тумасов// Ресурсосберегающие системы обработки почвы: сб. науч. тр; под ред. академика ВАСХНИЛ И. П. Макарова.- М.: Агропромиздат, 1990.- С. 78-84.
105. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. – М.: Наука – 1963-313с.
106. Кононова, М.М. Органические вещества почвы / М.М. Кононова // Земледелие. – 1969. – №3. – С. 45-50.
107. Кононов, В.М. Состояние земельных ресурсов области / В.М. Кононов, И.А. Новоженин, Н.В. Клевцов // Сохранение и повышение плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Оренбургской области. – Оренбург, 2002. – С.8-24.

108. Корепанова, С. Через стерни. Ресурсосберегающие технологии: отложенный эффект // Главный агроном.- 2008.- № 8.- С.3-5.
109. Костычев, П.А. Обработка земли для посева хлебов.- М., 1912.- 198 с.
110. Костычев, П.А. Почвоведение / П.А. Костычев. – М.: Сельхозгиз, 1940. – 224 с.
111. Котоврасов, И.П. Влияние механической обработки на плодородие мощного малогумусного чернозема в лесостепи Украины // Минимализация обработки почвы. – М.: Колос, 1984. – С. 106-114.
112. Котт, С.А. Сорные растения и борьба с ними / С.А. Котт. – М.: Сельхозгиз, 1961. – С. 189-230.
113. Краснова, Л.И. Семенной контроль и его роль в семеноводстве.- Оренбург: Изд. центр ОГАУ, 2000 – 28 с.
114. Ксеневиц, И.П. Ходовая система — почва — урожай / И.П. Ксеневиц, В.А. Скотников, М.И. Ляско. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
115. Кузнецова, И.А. Физические свойства почв, определяющие эффективность минимальных обработок / И.А. Кузнецова, С.И. Долгов // Земледелие. – 1975. - №6. – С.26-27.
116. Куликова, А.Х. Воспроизводство биогенных ресурсов в агроэкосистемах и регулирование плодородия чернозема лесостепи Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Кинель, 1997. – 40с.
117. Ламорка, К.К. Нулевая обработка почвы. Что нужно знать для эффективной работы на земле // Ресурсосберегающее земледелие.- 2009.-№1.- С. 7-11.
118. Ломакин, М.М. Мульчирующая обработка почвы на склонах.- М.: Агропромиздат, 1988.
119. Лухменев, В.П. Защита зерновых культур от вредителей болезней и сорняков на Южном Урале. – Оренбург: Изд. центр ОГАУ, 2000. – 340с.
120. Лысак, Г.Н. Растения защищают почву / Лысак Г.Н. – Челябинск: Южно-Урал. кн. изд-во, 1981. – 80 с.

121. Ма, С.А. Стратегия развития технологии посева сельскохозяйственных культур / С. А. Ма // Земледелие.- 2000.- № 3.- С. 7-8.
122. Макаров, И.П., Наумов, С.А., Пупонин, А.И. Минимализация обработки почвы (рекомендации) ВО «Агропромиздат», 1985.
123. Макаров, И.П. Научные основы обработки почвы // Научные основы современных систем земледелия. – М., 1988. – С. 155-198.
124. Макаров, И.П. Задачи по разработке и внедрению ресурсосберегающей обработки почвы в зональных системах земледелия // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М., 1990. – С. 3-11.
125. Макаров, И.П. Пути совершенствования обработки почвы / И.П. Макаров, Н.И. Картамышев // Земледелие.- 1998.- №5.- С.17-18.
126. Милюткин, В.А. Мировое развитие сберегающих технологий и перспективы в РФ // Аграрная Россия.- 2002.- №6.- С.20-23.
127. Маркелов, Г.В. Сравнительная оценка отвальной и безотвальной обработки почвы / Г.В. Маркелов, В.Д. Тараков // Науч. тр. НИИСХ Юго-Востока.- 1975.-Вып. 34. - С. 3-12.
128. Максютлов, А.А. Плодородие почвы и урожай / Н.А. Максютлов – Оренбург. – 1996. - 83с.
129. Максютлов, Н.А. Ресурсосбережение в земледелии // Земледелие. – 1995. - №3. – с.18-19.
130. Максютлов, Н.А. Система почвозащитной ресурсосберегающей обработки почвы / Н.А. Максютлов [и др.] // Система устойчивого ведения сельского хозяйства Оренбургской области. – Оренбург: Оренбург. кн. изд., 1999. – С. 99-117.
131. Максютлов, Н.А. Биологическое и ресурсосберегающее земледелие в степной зоне Южного Урала. – Оренбург: печатный дом Димур, 2004. – 203с.
132. Милюткин, В.А. Мировое развитие сберегающих технологий и перспективы в Российской Федерации // Аграрная Россия.- 2002.-№6.- С. 20-23.
133. Митрофанов, А.С. Овес.- М.: Колос, 1967.- 260 с.
134. Митрофанов, А.С. Овес.- изд. 2-е, перераб. М.: Колос, 1972.- 260 с.

135. Михайлов, С. Космос на службе земле // Агрострахование и кредитование. - 2001. - №10 (77). - С. 36-38.
136. Моргун, Ф.Т. Почвозащитное земледелие / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикун. - Киев: Урожай, 1988. - 256с.
137. Мусохранов, В.И. Вопросы рационального использования эрозионно-опасных земель в Алтайском крае / В.И. Мусохранов [и др.] // Современные аспекты изучения эрозионных процессов. – Новосибирск, 1980. – С. 57-64.
138. Мухортов, Я.Н. Регулирование строения пахотного слоя // Земледелие. – 1968. - № 1. – С. 4-8.
139. Нарциссов, В.П. Научные основы систем земледелия. – М.: Колос, 1982. – 328с.
140. Немцев, С.Н. Агроэкологические основы почвозащитных систем земледелия в лесостепи Среднего Поволжья. - Ульяновск, 2005. – 240с.
141. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975.
142. Орлова, Л. О развитии берегающего земледелия в России //Главный агроном. – 2007. - № 3. – С.25.
143. Печенкин, А.В. Обработка почвы в фермерском хозяйстве/ А.В. Печенкин, А.В. Попов // Земледелие. – 1998. - № 1, с.6-7.
144. Пичугов, А.В. Влияние различных способов основной обработки на плотность и влажность почвы // Севообороты и влажность почвы в интенсивном земледелии. - Горький, 1990. – С. 69-74.
145. Позднякова, Г. Прямой посев зерновых / Г. Позднякова // Земледелие (РЖ). - 1979.- № 7.- С. 48.
146. Пономарева, В.В. Гумус и почвообразование / В.В. Пономарева – Л.: Наука – 1980 - 220с.
147. Посыпанов, Г.С., Долгодворов В.Е., Жеруков, Б.Х. и др.; Под ред. Г.С. Посыпанова.- М.: КолосС, 2006.- 612 с.: ил.
148. Потушанский, В.А. Севообороты, обработка почвы, урожай. – Ульяновск: Приволж. кн. изд., 1976. – С. 25.

149. Прудков, Ф.М. Растениеводство с основами семеноводства.- М., 1987.- С. 22-29.
150. Пупонин, А.И. Зональные системы земледелия (на ландшафтной основе) /А.И. Пупонин [и др.]; под. ред. А.И. Пупониной. – М.: Колос, 1995. -287с.
151. Пупонин, А.И. Минимальная обработка почв. – М.: Колос, 1978. – С.22.
152. Пупонин, А.И. Минимализация обработки почвы: опыт, проблемы и перспективы / А.И. Пупонин, Б.Д. Кирюшин. – М.: ВНИИТЭИ Агропром. -1989. – 55с.
153. Пупонин, А.И. Минимализация основной обработки дерново-подзолистой почвы под зерновые культуры в центральных районах Нечерноземной зоны / А.И. Пупонин, Н.Ф. Хохлов // Минимализация обработки почвы. – М.: Колос, 1984. – С. 20-29.
154. Пупонин, А.И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. – М.: Колос, 1984.
155. Рассадин, А.Я. Энергосберегающие приемы обработки почвы в севооборотах Нечерноземной зоны.- М.: ТСХА , 1985.- 18 с.
156. Рассел, Э. Почвенные условия и рост растений / Рассел Э. – Изд-во ин. лит-ры, 1985. – 623 с.
157. Рахимов, З.С., Хабибуллин И.Ф. Почвообрабатывающие и посевные машины новых поколений /Системы обработки почвы в севооборотах степных и лесостепных агроландшафтов Башкортостана (рекомендации).- Уфа.- 2009.- С.63-76.
158. Ревут, И.Б. Как правильно обрабатывать почву / Ревут И. Б. - М.: Знамя, 1966. – 319 с.
159. Ревут, И.Б. Физика почв.- Л.: Колос, 1984.- 368 с.
160. Реймерс, Н. Ф. Экология: учебник / Н. Ф. Реймерс.- М.: Россия Молодая. 1974.- 367 с.
161. Роде, А.А. Основа учения о почвенной влаге. Т. 1.– Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 297с.

162. Родионова Н. А., Солдатов В. Н. К истории систематики рода *Avena* L. / Тр. по пр. бот., ген. и сел. – 1982, Т. 73, вып. 1.
163. Родионова Н. А., Солдатов В. Н., Мережко В. Е. и др. Культурная флора. Т. 2, ч. 3. Овес – М., 1994.
164. Рожевиц Р. Ю. Род 132. Овёс — *Avena* // Флора СССР. В 30-ти томах / Главный редактор акад. В. Л. Комаров; Редакторы тома Р. Ю. Рожевиц и Б. К. Шишкин — М.—Л.: Издательство Академии Наук СССР, 1934. — Т. II. — С. 259. — 778 + XXXIII с. — 5175 экз.
165. Рябов, Е.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур.- Ставрополь: Издательство СтГАУ «Агрус».- 2003. – 152 с.
166. Рябов, Е.И. Почвозащитная система земледелия на основе минимальной обработки почвы / Е.И. Рябов, А.М. Белозеров, С.И. Бурькин // Земледелие. -1992. -№1. – С. 31-35.
167. Ряховский, А.В. Агрономическая химия (в приложении к условиям степных районов Российской Федерации) / А.В. Ряховский, И.А. Батурин, А.П. Березнев. – Оренбург ФГУП Юж. Урал, 2004. – 282с.
168. Самишев Л.И. Перспективы минимализации обработки почвы на примере коллективного предприятия «Пугачевское» Федоровского района / Системы обработки почвы в севооборотах степных и лесостепных агроландшафтов Башкортостана (рекомендации).- Уфа.- 2009.- С.83-87.
169. Саранин, Е.К. Экологическое земледелие. – Пушкино: РАН, 1994.
170. Сираев, М.Г. Современные системы обработки почвы, их квалификация и внедрение/Системы обработки почвы в севооборотах степных и лесостепных агроландшафтов Башкортостана (рекомендации).- Уфа.- 2009.- С.16-20.
171. Слесарев, В.Н. Значение оптимальной и равновесной плотности в теории механической обработки почвы / В.Н. Слесарев, Н.В. Абрамов // Земледелие.- 1996.- №1 .- С. 10-11.
172. Смирнов, А.В. Мир растений: Рассказы о культурных растениях. - М.: Мол. Гвардия, 1988.- 303 с.

173. Сидоров, М.И. Земледелие на черноземах / М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков. – Воронеж. Изд. ВГУ. – 1992, - 184с.
174. Сидоров, М.И. Плодородие и обработка почвы / М.И. Сидоров. – Воронеж: 1981. – с. 23-28.
175. Степановских, А. С. Экология / А. С. Степановских.– Курган: ГИПП «Зауралье», 1997.- 616 с.
176. Суюндуков, Я.Т. Засоренность посевов при различных способах основной обработки почвы / Я.Т. Суюндуков [и др.] // Земледелие. -2001. -№2. – С. 26-27.
177. Тайчинов, С.И. Обработка и глубина вспашки под различные культуры.- Уфа.: Башкирское гос. изд-во, 1934.- 83с.
178. Таланов, И.П. Эффективность плоскорезной обработки // Земледелие. - 1995. - №6. - С. 13.
179. Тарасенко, Б.И. Обработка почвы / Тарасенко Б.И., - 2. изд., перераб. и доп. – Краснодар, 1987. – 175 с.
180. Тейлор, Дж. Точное земледелие: мировой опыт // Ресурсосберегающее земледелие.- 2009.-№1.- С. 36.
181. Титова, М. Чем полезен овсяный хлеб // Хлебопродукты.-2006.-№№ 2,9; 2007.- №2.
182. Тихонов, В.Е. Природно-климатические ресурсы / В.Е. Тихонов, В.М. Кононов // Система устойчивого ведения сельского хозяйства Оренбургской области; отв. ред. Г.И. Бельков. – Оренбург, 1999. – С. 19-30.
183. Таскаева, А.Г., Лапина, В.В., Еремина, Т.А. Сортовая технология возделывания овса // Зерновая хозяйство. – 2002.- №8.- С. 13-14.
184. Тулайков, Н. М. Рационально использовать землю / Н. М. Тулайков.- Куйбышев.: Куйбышевское кн. изд-во, 1963.-104 с.
185. Федоров, М. В. Почвенная микробиология: учебник / М. В. Федоров.- М.: Сов. Наука, 1954.- 246 с.

186. Федюнин, С.А. Ресурсосберегающая технология возделывания овса на черноземах южных Оренбургского Предуралья / С.А. Федюнин, А.С. Васильева // Известия ОГАУ.-2010.- №2 (26).- С. 26-27.
187. Фисюнов, А. В. Сорные растения / А. Фисюнов.- М.: Колос, 1984.- 348 с.
188. Холопянников, А.П. Какая обработка лучше? // Земледелие.- 1995.- №6.- С.19.
189. Царев, А.П. и др. Агроэкологическое обоснование мер борьбы с засоренностью // Кукуруза и сорго.- 1996.-№3.- с.6-7.
190. Черепанов, Г.Г. Уплотнение пахотных почв и его устранение / Черепанов Г.Г., Чудновский В.М. – М.: Агропромиздат, 1987. – 59 с.
191. Чернов, Н. Д. Внедрение берегающего земледелия / Н. Д. Чернов // Достижения науки и техники АПК.- 2005. № 6.- С. 8-11.
192. Черняков, Б. А. Аграрный сектор США в конце XX века / Б. А. Черняков.- М.: ЗАО «Спецтехника», 1997.- 395 с.
193. Чижевский, М.Г. Земледелие с основами почвоведения.- Госуд. изд-во сельскохозяйственной литературы.- М.: 1953.- 440 с.
194. Чибилев, А.А. Географический атлас Оренбургской области.- М.: Издательство ДИК, 1999 – 96с.
195. Чуданов, И.А. Почво-водоохранные системы обработки черноземных почв в севооборотах Среднего Поволжья / И.А. Чуданов, Л.Ф. Лигостаева // Научные основы адаптивных систем земледелия в степных районах Среднего Поволжья: Сб. науч. тр. к 100-летию Самарского НИИСХ. – Самара, 2003. – С. 148-162.
196. Шабаев, А.И. Почвозащитное земледелие. – Саратов: Приволжское кн. изд. – 1985. – 93с.
197. Шарков, И.Н. Минимализация обработки и ее влияние на плодородие почвы. – Земледелие.- 2009. - № 3.- С.24-27.
198. Шпаковский, Н.А. Эволюция технологии обработки почвы.- 2009.- <http://www.pluga.net>.

199. Штефан, В.К. Жизнь растений и удобрения.- М.: Московский рабочий, 1981.- 240 с.: ил.
200. Шевченко, С. Прямой посев и минимальные обработки / С. Шевченко, И. Чуданов, Ю. Щербаков//Агробизнес. – Россия. -2006. -№1. – С. 83-87.
201. Шикула, Н.К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия / Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко /М.: Агропроиздат, 1990.- 320 с.
202. Юферов, В.А. Безотвальная обработка почвы. – М.: Россельхозиздат, 1965. - 87с.
203. Яковлев, В. Х. Высокий урожай – без осенней обработки почвы / В. Х. Яковлев // Земледелие.- 2001.- № 4.- С. 33.
204. Якушкин, И.В. Растениеводство / И.В. Якушкин. – М.: Сельхозиздат. – 1958. – 145с.
205. Amerman C. Tillage and hydrology // U. S. Department of Agric. 1977,№ 57, S. 73- 88.
206. Cornich P., Mc Neill A. Adaptation of wheat to new tillage systems. – Nat. Workshop tillage systems Grop Product., 1981: E 2-5.
207. Kunze A., Kaiser M. Optimale Lagerungscichte des Bodens ein wichtiger Ertragsfaktor // Feld wird schaft. – 1986. -№7, S. 9-12.
208. Nishiyama J. Four types howering time in Avena. / Jap. J. Gen. 1970. Vol.15 № 5.
209. Rehm I.E. Residual effects of fur conservation tillage systems //ASAE Paper № 88. – 1038. -1987, P.9.
210. Roberison James A. The soil of the interior planis of Western Canada // Prarik forum, 1984. 9, 2, 217-230.

Плотность сложения 0-30 см почвы в посевах овса, 2009 г.

№ варианта	Способы основной обработки и глубина, см		Плотность почвы по слоям, г/см ²							
			после посева				перед уборкой			
	под горох	под овес	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
1	В-23-25	В-23-25	1,08	1,15	1,22	1,15	1,09	1,17	1,22	1,16
5	В-23-25	Б-23-25	1,09	1,13	1,21	1,14	1,10	1,18	1,21	1,16
9	В-23-25	М-12-14	1,05	1,13	1,24	1,14	1,13	1,19	1,22	1,18
11	М-12-14	М-12-14	1,04	1,12	1,25	1,14	1,07	1,14	1,24	1,15
13	В-23-25	Нулевая	1,11	1,13	1,24	1,16	1,12	1,19	1,20	1,17
15	Д-8-10	Нулевая	1,10	1,10	1,25	1,15	1,11	1,19	1,20	1,17
16	Д-8-10	Нулевая	1,10	1,12	1,24	1,15	1,13	1,20	1,21	1,18

Примечание: В-вспашка, Б-безотвальное рыхление стойками СибиМЭ, М-мелкое рыхление Смарагд.

Строение пахотного слоя почвы (0-30 см) под посевами овса, 2009 г.

№ варианта	Способы основной обработки и глубина, см		После посева			Перед уборкой		
	под горох	под овес	Объем твердой фазы почвы, %	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Объем твердой фазы почвы, %	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %
1	В-23-25	В-23-25	44,1	55,9	17,9	44,4	55,6	43,2
5	В-23-25	Б-23-25	43,8	56,2	20,8	44,6	55,4	44,4
9	В-23-25	М-12-14	43,6	56,4	23,6	45,2	54,8	42,0
11	М-12-14	М-12-14	43,5	56,5	21,8	44,0	56,0	43,2
13	В-23-25	Нулевая	43,9	56,1	23,3	44,8	55,2	44,1
15	Д-8-10	Нулевая	44,0	56,0	20,8	44,7	53,3	42,3
16	Д-8-10	Нулевая	44,2	55,8	21,4	45,2	54,	41,3

Плотность сложения 0-30 см почвы в посевах овса, 2010 г.

№ варианта	Способы основной обработки и ее глубина, см		Плотность почвы по слоям, г/см ³							
	под горох	под овес	после посева				перед уборкой			
			0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
1	В-23-25	В-23-25	1,00	1,06	1,15	1,07	1,08	1,20	1,25	1,18
5	В-23-25	Б-23-25	1,22	1,20	1,26	1,22	1,15	1,21	1,26	1,21
9	В-23-25	М-12-14	1,09	1,28	1,32	1,23	1,12	1,29	1,32	1,24
11	М-12-14	М-12-14	1,05	1,22	1,29	1,19	1,11	1,28	1,31	1,23
13	В-23-25	Нулевая	1,13	1,28	1,28	1,23	1,14	1,29	1,30	1,24
15	Д-8-10	Нулевая	1,15	1,32	1,25	1,24	1,15	1,30	1,30	1,25
16	Д-8-10	Нулевая	1,23	1,31	1,29	1,28	1,20	1,30	1,31	1,27

Строение пахотного слоя почвы (0-30 см) под посевами овса, 2010 г.

№ варианта	Способы основной обработки и ее глубина, см		После посева			Перед уборкой		
	под горох	под овес	Объем твердой фазы почвы, %	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Объем твердой фазы почвы, %	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %
1	В-23-25	В-23-25	41,0	59,0	18,5	43,2	54,8	39,3
5	В-23-25	Б-23-25	46,7	53,3	14,5	46,4	53,6	38,6
9	В-23-25	М-12-14	47,1	52,9	15,4	47,5	52,5	37,8
11	М-12-14	М-12-14	45,6	54,4	16,7	47,1	52,9	37,8
13	В-23-25	Нулевая	47,1	52,9	14,9	47,5	52,5	35,1
15	Д-8-10	Нулевая	47,5	52,5	15,0	47,9	52,1	37,1
16	Д-8-10	Нулевая	49,0	51,0	13,5	48,6	51,4	36,9

Плотность сложения 0-30 см почвы в посевах овса, 2011 г.

№ варианта	Способы основной обработки и ее глубина, см		Плотность почвы по слоям, г/см ²							
			после посева				перед уборкой			
	под горох	под овес	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
1	В-23-25	В-23-25	1,09	1,10	1,20	1,13	1,40	1,50	1,50	1,43
5	В-23-25	Б-23-25	1,05	1,08	1,16	1,06	1,03	1,24	1,24	1,19
9	В-23-25	М-12-14	1,17	1,14	1,17	1,16	1,22	1,11	1,11	1,22
11	М-12-14	М-12-14	1,06	1,30	1,30	1,22	1,03	1,17	1,17	1,0
13	В-23-25	Нулевая	1,0	1,17	1,17	1,11	1,20	1,40	1,40	1,2
15	Д-8-10	Нулевая	1,0	1,20	1,10	1,10	1,1	1,70	1,60	1,26
16	Д-8-10	Нулевая	0,8	1,20	1,20	1,06	1,40	1,30	1,30	1,26

Строение пахотного слоя почвы (0-30 см) под посевами овса, 2011 г.

№ варианта	Способы основной обработки и ее глубина, см		После посева			Перед уборкой		
	под горох	под овес	Объем твердой фазы почвы, %	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Объем твердой фазы почвы, %	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %
1	В-23-25	В-23-25	43,3	56,7	25,6	54,9	45,1	27,5
5	В-23-25	Б-23-25	42,0	58,0	31,2	45,6	54,4	41,1
9	В-23-25	М-12-14	44,4	55,6	24,9	46,8	53,2	39,8
11	М-12-14	М-12-14	46,7	53,3	18,0	38,6	61,4	47,9
13	В-23-25	Нулевая	42,2	57,8	26,9	46,0	54,0	36,8
15	Д-8-10	Нулевая	42,7	57,3	25,5	42,3	57,7	36,3
16	Д-8-10	Нулевая	40,9	59,1	27,6	48,1	51,9	30,2

Влажность почвы в посевах овса по горизонтам в метровом слое почвы, 2009 г.

№ варианта	Система обработки		Горизонты, см	Влажность почвы перед посевом, 6 мая			Влажность почвы перед уборкой, 13 августа		
	под горох	под овес		%	запас влаги, мм		%	запас влаги, мм	
					общей	продуктивной		общей	продуктивной
1	В-23-25	В-23-25	0-30	30,8	112,7	41,3	11,3	41,4	-1,6
			0-50	30,4	193,0	115,7	11,6	73,7	-3,6
			0-100	27,4	356,2	204,5	14,8	192,4	40,7
5	В-23-25	Б-23-25	0-30	29,0	106,1	63,1	10,0	36,6	-6,4
			0-50	26,7	169,5	92,2	10,6	67,3	-10,0
			0-100	21,7	282,1	130,4	12,5	162,5	10,8
9	В-23-25	М-12-14	0-30	26,9	98,5	55,5	11,7	42,8	-0,2
			0-50	25,9	164,5	87,2	11,1	70,5	-6,8
			0-100	22,3	289,9	138,2	13,1	170,3	8,6
11	М-12-14	М-12-14	0-30	28,5	104,3	61,3	11,6	42,5	-0,5
			0-50	28,4	180,3	103,0	11,8	74,9	-2,4
			0-100	24,8	322,4	170,7	12,7	165,1	13,4
13	В-23-25	Нулевая	0-30	26,9	98,5	55,5	10,1	36,9	-6,1
			0-50	26,0	165,1	87,8	10,7	67,9	-9,4
			0-100	23,8	309,4	157,7	11,0	143,0	-8,7
15	БДТ-8-10	Нулевая	0-30	28,9	105,8	62,8	10,0	36,6	-6,4
			0-50	27,8	176,5	99,2	10,1	64,1	-13,2
			0-100	22,5	292,5	140,8	10,2	132,6	-19,1
16	БДТ-8-10	Нулевая	0-30	28,2	103,2	66,2	12,3	45,0	2,0
			0-50	26,8	170,2	92,9	13,0	82,6	5,3
			0-100	20,7	269,1	117,4	13,3	172,9	21,2

Влажность почвы в посевах овса по горизонтам в метровом слое почвы, 2010 г.

№ варианта	Система обработки		Горизонты, см	Влажность почвы перед посевом, 8 мая			Влажность почвы перед уборкой, 31 июля		
	под горох	под овес		%	запас влаги, мм		%	запас влаги, мм	
					общей	продуктивной		общей	продуктивной
1	В-23-25	В-23-25	0-30	33,5	122,6	79,6	12,7	46,5	3,5
			0-50	32,8	208,3	131,0	14,1	89,5	12,2
			0-100	28,7	373,1	221,4	12,9	167,7	16,0
5	В-23-25	Б-23-25	0-30	32,4	118,6	75,6	12,3	45,0	2,0
			0-50	32,4	205,7	128,4	14,2	90,2	12,9
			0-100	26,5	344,5	192,8	12,3	159,9	8,2
9	В-23-25	М-12-14	0-30	36,5	133,6	90,6	12,5	45,8	2,8
			0-50	34,2	217,2	139,9	12,4	78,7	1,4
			0-100	25,9	336,7	185,0	13,3	172,9	21,2
11	М-12-14	М-12-14	0-30	30,9	113,0	70,0	12,4	45,4	2,4
			0-50	34,2	175,3	98,0	14,2	90,2	12,9
			0-100	25,9	329,9	178,7	15,0	195,0	43,3
13	В-23-25	Нулевая	0-30	33,8	123,7	78,9	14,4	52,7	9,7
			0-50	32,9	208,9	128,4	14,5	92,0	14,8
			0-100	25,9	336,7	185,0	13,5	175,3	23,8
15	БДТ-8-10	Нулевая	0-30	33,3	121,9	78,9	12,3	45,0	2,0
			0-50	32,4	205,7	128,4	13,0	79,3	2,0
			0-100	25,1	326,3	174,6	13,5	175,5	23,8
16	БДТ-8-10	Нулевая	0-30	31,2	114,9	71,9	15,1	55,3	12,3
			0-50	30,0	190,5	113,2	15,6	99,0	21,7
			0-100	25,0	325,0	173,3	14,9	193,7	42,0

Влажность почвы в посевах овса по горизонтам в метровом слое почвы, 2011 г.

№ варианта	Система обработки		Горизонты, см	Влажность почвы перед посевом, 14 мая			Влажность почвы перед уборкой, 16 августа		
	под горох	под овес		%	запас влаги, мм		%	запас влаги, мм	
					общей	продуктивной		общей	продуктивной
1	В-23-25	В-23-25	0-30	27,5	100,7	57,7	12,3	45,0	2,0
			0-50	27,1	172,0	94,8	13,0	82,6	5,3
			0-100	26,7	357,1	195,4	12,6	163,8	12,1
5	В-23-25	Б-23-25	0-30	25,3	92,6	49,6	11,2	41,0	-2
			0-50	25,1	159,3	81,9	11,4	72,4	-4,9
			0-100	20,9	272,0	120,1	11,6	150,8	-0,9
9	В-23-25	М-12-14	0-30	26,5	97,0	54,0	11,0	40,3	-2,7
			0-50	26,4	167,6	90,3	12,0	76,2	-1,1
			0-100	22,6	293,8	142,1	11,7	152,1	0,4
11	М-12-14	М-12-14	0-30	28,9	105,8	62,8	13,5	49,4	6,4
			0-50	28,7	182,2	104,9	13,7	87,0	9,7
			0-100	25,2	327,6	175,9	12,6	163,8	12,1
13	В-23-25	Нулевая	0-30	2,8	101,7	58,7	14,3	52,3	9,3
			0-50	27,9	177,2	99,9	14,6	92,7	15,4
			0-100	27,1	352,3	200,6	12,5	162,5	10,8
15	БДТ-8- 10	Нулевая	0-30	28,9	105,8	62,8	17,0	62,2	19,2
			0-50	28,7	182,2	104,9	17,1	108,5	31,2
			0-100	25,2	327,6	175,9	16,1	209,3	57,6
16	БДТ-8- 10	Нулевая	0-30	29,7	108,7	65,7	17,2	62,9	19,9
			0-50	29,7	188,6	111,3	17,3	109,9	32,6
			0-100	27,5	357,5	205,8	17,2	223,6	71,9

Водопотребление в посевах овса, 2009 г

№ варианта	Система обработки		Запасы влаги в слое 0-100 см, мм				Сумма осадков за вегетацию, мм	Количество израсходованной влаги, мм	Урожайность, ц/га		Коэффициент водопотребления, мм/ц	
			весной		после уборки				АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер
	под горох	под овес	общей	продукт.	общей	продукт.						
1	В-23-25	В-23-25	356,2	204,5	192,4	40,7	64	227,8	29,8	29,6	7,6	7,6
5	В-23-25	Б-23-25	282,1	130,4	162,5	10,8	64	183,6	29,9	27,0	6,1	6,7
9	В-23-25	М-12-14	289,9	138,2	170,3	8,6	64	183,6	27,4	29,0	6,6	6,3
11	М-12-14	М-12-14	322,4	170,7	165,1	13,4	64	219,3	22,8	22,3	9,6	9,8
13	В-23-25	Нулевая	309,4	157,7	143,0	-8,7	64	230,4	28,8	29,9	8,0	7,7
15	БДТ-8-10	Нулевая	292,5	140,8	132,6	-19,1	64	123,9	24,7	24,2	9,1	9,3
16	БДТ-8-10	Нулевая	269,1	117,4	172,9	21,2	64	170,2	23,2	23,3	7,0	7,0

Водопотребление в посевах овса, 2010 г.

№ варианта	Система обработки		Запасы влаги в слое 0-100 см, мм				Сумма осадков за вегетацию мм	Количество израсходованной влаги, мм	Урожайность, ц/га		Коэффициент водопотребления, мм/ц	
			весной		после уборки				АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер
	под горох	под овес	общей	продукт	общей	продукт						
1	В-23-25	В-23-25	373,1	221,4	167,7	16,0	13	218,4	2,1	3,3	104,0	66,2
5	В-23-25	Б-23-25	344,5	192,8	159,9	8,2	13	197,6	1,3	2,9	152,0	68,1
9	В-23-25	М-12-14	336,7	185,0	172,9	21,2	13	176,8	2,5	1,5	70,7	117,9
11	М-12-14	М-12-14	329,9	178,7	184,0	32,3	13	146,4	1,5	1,8	97,6	81,3
13	В-23-25	Нулевая	336,7	185,0	175,3	23,8	13	161,2	2,3	1,8	70,5	90,1
15	БДТ-8-10	Нулевая	326,3	174,6	175,5	23,8	13	163,8	1,5	1,5	109,2	109,2
16	БДТ-8-10	Нулевая	325,0	173,3	193,7	42,0	13	144,3	2,3	1,7	62,7	84,9

Водопотребление в посевах овса, 2011 г.

№ варианта	Система обработки		Запасы влаги в слое 0-100 см, мм				Сумма осадков за вегетацию, мм	Количество израсходованной влаги, мм	Урожайность, ц/га		Коэффициент водопотребления, мм/ц	
	под горох	под овес	весной		после уборки				АУП-18.05	Бастер	АУП-18.05	Бастер
			общей	продукт.	общей	продукт.						
1	В-23-25	В-23-25	347,1	195,4	163,8	12,1	106	289,3	17,5	22,1	16,5	13,0
5	В-23-25	Б-23-25	272,0	120,1	150,8	-0,9	106	227,0	14,7	18,4	15,4	12,3
9	В-23-25	М-12-14	293,8	142,1	152,1	0,4	106	247,7	15,7	16,4	15,8	15,1
11	М-12-14	М-12-14	327,6	175,9	163,8	12,1	106	269,8	16,9	16,0	16,0	16,9
13	В-23-25	Нулевая	352,3	200,6	162,5	10,8	106	295,8	15,2	13,0	19,5	22,8
15	БДТ-8-10	Нулевая	327,6	175,9	209,3	57,6	106	224,3	17,0	19,0	13,2	11,8
16	БДТ-8-10	Нулевая	357,5	205,8	223,6	71,9	106	239,9	17,4	16,3	13,8	14,7

Действие и последствие различных способов обработки почвы на засоренность посевов овса
перед уборкой, 2009 г.

Способ глубина обработки под горох, см (фактор А)	Способ и глубина обработки почвы под овес, см (фактор Б)								Среднее по фактору А	
	Вспашка 23-25		Безотвальная обработка 23-25		Смарагд 12-14		Нулевая			
	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет
Вспашка 23-25	19,8	0,6	17,8	1,8	37,8	2,5	24,8	2,9	25,0	2,0
Плоскорез 23-25	38,0	0,7	24,6	2,8	30,9	2,1	43,1	3,4	34,2	2,3
Смарагд 12-14	32,0	2,0	44,3	1,2	27,6	1,9	25,6	1,6	32,4	1,7
БДТ - 8-10	41,0	3,4	32,2	5,5	32,5	1,8	46,3	7,1	38,0	4,5
Среднее по фактору Б	32,7	1,7	29,7	2,8	32,2	2,0	35,0	3,8		

Действие и последствие различных способов обработки почвы на засоренность посевов овса
перед уборкой, 2010 г.

Способ и глубина обработки под горох (фактор А), см	Способ и глубина обработки почвы под овес (фактор В)								Среднее по фактору А	
	Вспашка 23-25 см		Безотвальная обработка 23-25 см		Смарагд 12-14 см		Нулевая		однолет	многолет
	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет	однолет	многолет		
Вспашка 23-25	18,0	0,6	18,9	1,7	40,2	2,0	27,6	3,2	26,2	1,8
Плоскорез 23-25	37,7	0,7	23,2	3,0	30,3	1,9	43,0	3,5	33,6	2,3
Смарагд 12-14	33,0	2,0	39,9	0,7	27,7	1,0	28,8	1,9	32,4	1,4
БДТ 8-10	37,4	3,4	34,4	4,4	30,3	1,0	48,1	6,8	37,6	3,9
Среднее по фактору В	31,5	1,7	29,1	2,5	32,1	1,5	36,9	3,9		

Действие и последствие различных способов обработки почвы на засоренность посевов овса
перед уборкой, 2010 г.

Способ и глубина обработки под горох (фактор А)	Способ и глубина обработки почвы под овес (фактор Б)								Среднее по фактору А	
	Вспашка 23-25 см		Безотвальная обработка 23-25 см		Смарагд 12-14 см		Нулевая			
	однолет	многолет.	однолет.	многолет.	однолет.	многолет.	однолет.	многолет.	однолет.	многолет.
Вспашка 23-25 см	32,0	5,0	28,0	3,2	20,0	1,5	36,0	3,0	29,0	3,2
Плоскорез 23-25 см	27,0	3,0	28,0	8,0	25,0	3,1	38,0	2,5	29,5	4,2
Смарагд 12-14 см	24,0	1,0	26,0	3,5	24,0	2,0	42,0	2,0	29,0	2,1
БДГ 8-10 см	32,0	4,0	24,0	2,2	20,0	2,5	45,0	5,0	30,3	3,4
Среднее по фактору Б	28,8	3,3	26,5	4,2	27,3	2,3	40,3	3,1		

Таблица полноты всходов, сохранность растений овса, % 2009 г.

№ варианта	Способ обработки и глубина, см		Густота стояния растений, шт/м ²				Полевая всхожесть, %		Сохранность, %		Выживаемость, %	
	под горох	под овес	при полных всходах		перед уборкой		АУП-18	Бастер	АУП-18	Бастер	АУП-18	Бастер
			АУП-18	Бастер	АУП-18	Бастер						
1	В-23-25	В-23-25	400	252	395	247	100,0	63,0	98,8	98,0	98,0	61,8
5	В-23-25	Б-23-25	308	360	301	351	77,0	90,0	97,7	97,5	75,3	87,8
9	В-23-25	М-12-14	308	244	300	236	77,0	61,0	97,4	96,7	75,3	59,0
11	М-12-14	М-12-14	302	296	290	290	75,5	74,0	96,0	97,9	72,5	72,5
13	В-23-25	Нулевая	332	400	320	400	83,0	100,0	96,4	97,8	80,0	100,0
15	БДТ-8-10	Нулевая	330	399	324	289	82,5	99,8	98,2	97,5	81,0	97,3
16	БДТ-8-10	Нулевая	333	400	325	398	83,3	100,0	97,6	97,5	81,3	99,5
	Средняя		330	336	322	330	82,6	83,9	97,6	97,6	80,5	82,5

Таблица полноты всходов, сохранности и выживаемости растений овса, % 2010 г.

№ варианта	Способ обработки и глубина, см		Густота стояния растений, шт/м ²				Полевая всхожесть, %		Сохранность, %		Выживаемость, %	
	под горох	под овес	при полных всходах		перед уборкой		АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер
			АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер						
1	В-23-25	В-23-25	180	228	175	215	69,0	87,7	97,0	94,3	97,2	94,3
5	В-23-25	Б-23-25	140	254	130	250	53,8	97,7	93,0	98,4	92,9	98,4
9	В-23-25	М-12-14	152	252	149	248	58,5	96,9	98,0	98,4	98,0	98,4
11	М-12-14	М-12-14	174	216	170	210	66,9	83,0	98,7	97,2	97,7	97,2
13	В-23-25	Нулевая	160	230	154	220	61,5	88,5	96,3	96,3	96,3	95,7
15	БДТ-8-10	Нулевая	160	206	158	203	61,5	79,2	98,8	98,8	98,8	98,5
16	БДТ-8-10	Нулевая	180	188	175	182	69,5	72,3	97,2	97,2	97,2	96,8
		Средняя	164	225	159	218	62,9	86,5	97,0	97,0	96,9	97,0

Таблица полноты всходов, сохранности и выживаемости растений овса, % 2011 г.

№ варианта	Способ обработки и глубина, см		Густота стояния растений, шт/м ²				Полевая всхожесть, %		Сохранность, %		Выживаемость, %	
	под горох	под овес	при полных всходах		перед уборкой		АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер
			АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер						
1	В-23-25	В-23-25	380	389	375	381	95,0	97,3	98,7	97,9	93,8	95,3
5	В-23-25	Б-23-25	365	370	360	363	91,3	92,5	98,6	98,0	90,0	90,8
9	В-23-25	М-12-14	370	370	361	364	92,5	92,5	97,6	98,4	90,3	91,0
11	М-12-14	М-12-14	334	398	326	391	83,5	99,5	97,6	98,2	81,5	97,8
13	В-23-25	Нулевая	318	400	315	392	79,5	100,0	99,0	98,0	78,8	98,0
15	БДТ-8-10	Нулевая	348	396	340	389	87,0	99,0	97,7	98,2	85,0	97,3
16	БДТ-8-10	Нулевая	376	400	371	397	94,0	100,0	98,7	99,3	92,8	99,3
		Средняя	355,9	389,0	350,0	382,4	89,0	89,0	98,3	98,3	87,5	95,6

Действие и последствие приемов обработки почвы под овес и способов посева
на урожайность зерна, 2009 г., т/га

Приемы обработки почвы под горох (Фактор Б)	Приемы обработки почвы под овес (Фактор А)								В среднем по фактору Б	
	В-23-25		Б-23-25		М-12-14		Нулевая		АУП-18	Бастер
	АУП-18	Бастер	АУП-18	Бастер	АУП-18	Бастер	АУП-18	Бастер		
В-23-25	2,98	2,96	2,99	2,70	2,74	2,90	2,88	2,99	2,80	2,89
П-23-25	2,69	2,86	3,20	3,14	2,50	2,86	2,99	2,98	2,85	2,96
М-12-14	3,04	2,70	3,16	2,93	2,28	2,23	2,47	2,42	2,74	2,57
Д-8-10	2,89	2,78	3,07	2,73	2,10	2,30	2,32	2,33	2,60	2,54
Среднее по фактору А (действия)	2,90	2,83	3,11	2,88	2,41	2,57	2,67	2,68		

НСР_{0,5} для фактора А – 0,12 т/га
фактора Б – 0,12 т/га
фактора С – 0,085 т/га

Действие и последствие приемов обработки почвы под овес и способ посева
на урожайность зерна, 2010 г., т/га

Приемы обработки почвы под горох (Фактор В)	Приемы обработки почвы под овес (Фактор А)								В среднем по фактору В	
	В-23-25		Б-23-25		М-12-14		Нулевая		АУП- 18.05	Бастер
	АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер		
В-23-25	0,21	0,33	0,13	0,29	0,25	0,15	0,23	0,18	0,21	0,24
П-23-25	0,30	0,36	0,29	0,29	0,18	0,16	0,23	0,16	0,23	0,24
М-12-14	0,31	0,30	0,27	0,19	0,15	0,18	0,15	0,15	0,22	0,21
Д-8-10	0,47	0,25	0,27	0,19	0,18	0,15	0,23	0,17	0,29	0,19
Среднее по фактору А (действия)	0,32	0,31	0,24	0,24	0,19	0,16	0,21	0,17		

Действие и последствие приемов обработки почвы под овес и способов посева
на урожайность зерна, 2011 г., т/га

Приемы обработки почвы под горох (Фактор А)	Приемы обработки почвы под овес (Фактор Б)								В среднем по фактору Б	
	В-23-25 см		Б-23-25 см		М-12-14 см		Нулевая		АУП- 18.05	Бастер
	АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер	АУП- 18.05	Бастер		
В-23-25	1,80	1,79	1,55	1,60	1,50	1,50	1,38	1,46	1,56	1,58
П-23-25	2,06	1,78	1,90	1,80	1,74	1,54	1,74	1,65	1,86	1,69
М-12-14	1,89	1,79	1,80	1,67	1,59	1,47	1,79	1,92	1,76	1,70
Д-8-10	1,73	1,67	1,56	1,54	1,33	1,27	1,55	1,31	1,54	1,45
Среднее по фактору А (действия)	1,87	1,76	1,70	1,65	1,54	1,45	1,62	1,59		

Трехфакторный дисперсионный анализ урожайных данных овса, 2009

Исходные данные.

Уровни факторов А В С			Номер повторности			
			1	2	3	4
1	1	1	30,50	31,10	24,40	33,00
1	1	2	32,40	30,90	26,30	28,60
1	2	1	30,80	24,10	26,40	26,40
1	2	2	30,60	29,20	29,70	24,70
1	3	1	30,90	32,70	29,00	29,30
1	3	2	26,50	29,00	25,00	27,80
1	4	1	29,80	31,30	24,70	29,80
1	4	2	27,40	29,70	24,30	29,90
2	1	1	24,60	32,50	31,00	31,50
2	1	2	25,30	21,30	30,40	31,70
2	2	1	33,30	30,60	36,10	28,50
2	2	2	30,40	29,30	31,40	30,60
2	3	1	32,40	30,60	32,80	30,40
2	3	2	27,80	30,00	28,80	30,70
2	4	1	29,60	30,80	29,60	32,60
2	4	2	25,60	27,80	25,20	30,60
3	1	1	24,60	26,70	28,00	30,20
3	1	2	25,30	27,40	31,70	31,90
3	2	1	25,20	21,10	26,90	26,50
3	2	2	25,60	29,40	32,40	26,90
3	3	1	24,20	24,70	24,80	26,50
3	3	2	24,00	24,70	24,90	25,60
3	4	1	24,00	24,20	29,30	26,20
3	4	2	24,30	25,30	24,20	28,40
4	1	1	27,60	29,80	27,40	30,20
4	1	2	28,70	30,20	32,50	28,10
4	2	1	30,80	29,20	32,20	27,40
4	2	2	26,70	30,80	30,50	29,00
4	3	1	23,90	30,80	23,80	24,40
4	3	2	24,40	26,90	24,90	25,60
4	4	1	23,10	24,60	24,50	23,40
4	4	2	25,00	25,00	24,60	25,00

Результаты дисперсионного анализа трехфакторного опыта 4×4×2.

1. Среднее значения, дисперсии и среднеквадратические отклонения.

Уровни факторов	Суммы V	Среднее	Дисперсия	С.к. отклон.
1 1 1	119,00	29,75	10,39	3,22
1 1 2	118,20	29,55	5,55	2,31
1 2 1	107,70	26,93	5,89	2,43
1 2 2	114,20	28,55	5,19	2,28
1 3 1	121,90	30,47	2,17	1,47
1 3 2	108,30	27,08	2,22	1,49
1 4 1	115,60	28,90	6,25	2,50
1 4 2	111,30	27,82	5,11	2,26
2 1 1	119,60	29,90	9,66	3,11
2 1 2	108,70	27,17	17,23	4,15
2 2 1	128,50	32,13	8,16	2,86
2 2 2	121,70	30,42	0,56	0,75
2 3 1	126,20	31,55	1,13	1,06
2 3 2	117,30	29,33	1,24	1,11
2 4 1	122,60	30,65	1,51	1,23
2 4 2	109,20	27,30	4,61	2,15
3 1 1	109,50	27,38	4,13	2,03
3 1 2	116,30	29,07	7,98	2,83
3 2 1	99,70	24,93	5,27	2,30
3 2 2	114,30	28,58	6,74	2,60
3 3 1	100,20	25,05	0,75	0,87
3 3 2	99,20	24,80	0,33	0,57
3 4 1	103,70	25,92	4,54	2,13
3 4 2	102,20	25,55	2,89	1,70
4 1 1	115,00	28,75	1,59	1,26
4 1 2	119,50	29,88	2,88	1,70
4 2 1	119,60	29,90	3,21	1,79
4 2 2	117,00	29,25	2,63	1,62
4 3 1	102,90	25,73	8,64	2,94
4 3 2	101,80	25,45	0,88	0,94
4 4 1	95,60	23,90	0,44	0,66
4 4 2	99,60	24,90	0,03	0,17
Суммы Р	3586,10	28,02	9,10	3,02

Концентрирующий фактор С = 100469,6250

2. Сумма квадратов отклонений:

Общая	$СУ=1165,2969$
Вариантов	$СV=606,9141$
Повторностей	$СP=21,8984$
Остатка (ошибки)	$СZ=536,4844$

3. Разложение общей суммы квадратов для вариантов $СV=606,9141$ на компоненты: суммы квадратов для главных эффектов факторов А, В, С и взаимодействия АВ, ВС, АС и АВС.

ДИСПЕРСИЯ	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F фактор	F (0,5)
Общая	1165,297	127			
Повторений	21,898	3			
Фактора А	217,617	3	72,54	12,57	2,72
Фактора В	101,305	3	33,77	5,85	2,72
Фактора С	6,344	1	6,34	1,10	3,96
Взаимодействия АВ	165,859	9	18,43	3,19	1,99
Взаимодействия АС	60,195	3	20,07	3,48	2,72
Взаимодействия ВС	24,063	3	8,02	1,39	2,72
Взаимодействия АВС	31,531	9	3,50	0,61	1,99
Остаток (ошибки)	536,48	93	5,77		

Вариация результативного признака на 108,67 процента обусловлена изменением изучаемого фактора А.

Вариация результативного признака на 8,69 процента обусловлена изменением изучаемого фактора В.

Вариация результативного признака на 0,54 процента обусловлена изменением изучаемого фактора С.

Вариация результативного признака на 14,23 процента обусловлена изменением парного воздействия изучаемых факторов А и В.

Вариация результативного признака на 5,17 процента обусловлена изменением парного взаимодействия изучаемых факторов А и С.

Вариация результативного признака на 2,06 процента обусловлена изменением парного взаимодействия изучаемых факторов В и С.

Вариация результативного признака на 2,71 процента обусловлена изменением тройного взаимодействия изучаемых факторов А, В и С неоднократностью условий опыта в повторностях, то есть с воспроизводимостью результата (ошибками измерений и др.).

Относительная ошибка опыта $P=4,29$ процента.

3. Для оценки значимости частных различий

$$S_x=1,20 \quad S_d=1,70 \quad HCP=3,40$$

5. Для оценки существенности главных эффектов и взаимодействий для фактора А

и взаимодействия АВ

$$SD_a=0,600 \quad HCP_a=1,2011$$

для фактора В

$$SD_b=0,600 \quad HCP=1,201$$

для фактора С и всех других взаимодействий

$$SD_c=0,425 \quad HCP=0,849$$

HCP используется для сравнения результатов опыта различных вариантов.

Вариация результативного признака на 52,08 процента обусловлена изменением изучаемых факторов,

в том числе за счет изменения:

фактора А	18,67 процента
фактора В	8,69 процента
фактора С	0,54 процента
Взаимодействия АВ	14,23 процента
Взаимодействия АС	5,17 процента
Взаимодействия ВС	2,06 процента
Взаимодействия АВС	2,71 процента

На 1,88 процента вариация связана с неоднократностью условий опыта в повторностях.

46,04 процента вариаций обусловлено воспроизводимостью результата (ошибками измерений и др.).

Относительная ошибка опыта $P=4,29$ процента.

Трехфакторный дисперсионный анализ урожайных данных овса, 2010

Исходные данные.

Уровни факторов			Номер повторности			
А	В	С	1	2	3	4
1	1	1	2,20	2,60	2,20	1,40
1	1	2	2,30	3,00	3,90	4,00
1	2	1	2,30	2,20	3,00	4,60
1	2	2	2,20	3,30	3,30	5,70
1	3	1	2,70	3,00	2,50	4,20
1	3	2	2,50	2,60	2,90	4,30
1	4	1	4,60	4,70	4,50	4,90
1	4	2	2,00	3,40	2,00	2,60
2	1	1	1,60	1,00	1,40	1,30
2	1	2	2,20	2,20	5,20	2,00
2	2	1	2,70	2,00	1,90	4,80
2	2	2	3,70	2,00	2,50	3,30
2	3	1	2,90	2,40	2,40	3,20
2	3	2	1,70	1,70	2,70	2,10
2	4	1	2,10	2,40	3,40	2,90
2	4	2	1,50	1,10	1,30	1,90
3	1	1	1,30	2,70	2,40	3,50
3	1	2	1,70	1,10	3,10	1,90
3	2	1	1,90	2,10	1,90	1,10
3	2	2	1,40	1,60	1,90	1,10
3	3	1	1,50	1,40	1,60	1,60
3	3	2	1,40	1,30	1,30	1,60
3	4	1	1,50	1,50	2,30	1,70
3	4	2	1,40	1,40	1,70	1,60
4	1	1	2,00	2,60	2,90	1,60
4	1	2	2,60	2,00	1,90	1,50
4	2	1	1,60	2,30	1,90	3,20
4	2	2	1,60	1,50	1,80	1,60
4	3	1	1,60	1,30	1,50	1,60
4	3	2	1,40	1,40	1,50	1,50
4	4	1	1,40	3,20	1,90	2,60
4	4	2	1,60	1,60	2,10	1,40

Результаты дисперсионного анализа трехфакторного опыта 4×4×2.

1. Среднее значения, дисперсии и среднеквадратические отклонения.

Уровни факторов	Суммы V	Среднее	Дисперсия	С.к. отклон.
1 1 1	8,40	2,10	0,19	0,44
1 1 2	13,20	3,30	0,48	0,70
1 2 1	12,10	3,03	0,92	0,96
1 2 2	14,50	3,63	1,64	1,28
1 3 1	12,40	3,10	0,44	0,66
1 3 2	12,30	3,08	0,52	0,72
1 4 1	18,70	4,67	0,02	0,15
1 4 2	10,00	2,50	0,33	0,57
2 1 1	5,30	1,33	0,05	0,22
2 1 2	11,60	1,90	1,77	1,33
2 2 1	11,40	2,85	1,36	1,17
2 2 2	11,40	2,85	0,40	0,63
2 3 1	10,9	2,73	0,12	0,34
2 3 2	7,50	1,88	0,03	0,18
2 4 1	10,80	2,70	0,25	0,49
2 4 2	7,60	1,90	0,56	0,75
3 1 1	9,90	2,47	0,62	0,79
3 1 2	6,00	1,50	0,10	0,32
3 2 1	7,00	1,75	0,15	0,38
3 2 2	6,00	1,50	0,09	0,39
3 3 1	6,10	1,52	0,01	0,08
3 3 2	7,30	1,82	0,47	0,69
3 4 1	7,00	1,75	0,11	0,33
3 4 2	6,10	1,52	0,22	0,13
4 1 1	9,10	2,28	0,26	0,51
4 1 2	7,00	1,75	0,04	0,21
4 2 1	9,00	2,25	0,36	0,60
4 2 2	6,50	1,62	0,01	0,11
4 3 1	6,00	1,50	0,02	0,12
4 3 2	5,80	1,45	0,00	0,05
4 4 1	9,10	2,28	0,47	0,68
4 4 2	6,70	1,68	0,07	0,26
Суммы P	292,70	2,29	0,95	0,98

Концентрирующий фактор C = 669, 33226

2. Сумма квадратов отклонений:

Общая	$СУ=122, 2075$
Вариантов	$СV=74, 7448$
Повторностей	$СP=5, 5552$
Остатка (ошибки)	$СZ=40, 8875$

3. Разложение общей суммы квадратов для вариантов $СV=74, 7448$ на компоненты: суммы квадратов для главных эффектов факторов А, В, С и взаимодействия АВ, ВС, АС и АВС.

ДИСПЕРСИЯ	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F фактор	F (0,5)
Общая	122,207	127			
Повторений	6,555	3			
Фактора А	41,571	3	13, 86	31,52	2,72
Фактора В	1,913	3	0,64	1,45	2,72
Фактора С	1,466	1	1,47	3,34	3,96
Взаимодействия АВ	6,166	9	0,69	1,56	1,99
Взаимодействия АС	0,898	3	0,30	0,68	2,72
Взаимодействия ВС	6,800	3	2,27	5,16	2,72
Взаимодействия АВС	15,950	9	1,77	4,03	1,99
Остаток (ошибки)	40,89	93	0,44		

Вариация результативного признака на 34,02 процента обусловлена изменением изучаемого фактора А.

Вариация результативного признака на 1,57 процента обусловлена изменением изучаемого фактора В.

Вариация результативного признака на 1,20 процента обусловлена изменением изучаемого фактора С.

Вариация результативного признака на 5,05 процента обусловлена изменением парного воздействия изучаемых факторов А и В.

Вариация результативного признака на 0,73 процента обусловлена изменением парного взаимодействия изучаемых факторов А и С.

Вариация результативного признака на 5,56 процента обусловлена изменением парного взаимодействия изучаемых факторов В и С.

Вариация результативного признака на 13,05 процента обусловлена изменением тройного взаимодействия изучаемых факторов А, В и С.

На 38,821384 процента вариация связана с неоднородностью условий опыта в повторностях, то есть с воспроизводимостью результата (ошибки измерений и пр.).

Относительная ошибка опыта $P=14,50$ процента.

3. Для оценки значимости частных различий

$$S_x=0,33 \quad S_d=0,47 \quad HCP=0,94$$

5. Для оценки существенности главных эффектов и взаимодействий для фактора А и взаимодействия АВ

$$SD_a=0,166 \quad HCP_a=0,3316$$

для фактора В

$$SD_b=0,166 \quad HCP=0,332$$

для фактора С и всех других взаимодействий

$$SD_c= 0,117 \quad HCP=0,234$$

HCP используется для сравнения результатов опыта различных вариантов.

Вариация результативного признака на 61,18 процента обусловлена изменением изучаемых факторов,

в том числе за счет изменения:

фактора А	34,02 процента
фактора В	1,57 процента
фактора С	1,20 процента
Взаимодействия АВ	5,05 процента
Взаимодействия АС	0,73 процента
Взаимодействия ВС	5,56 процента
Взаимодействия АВС	13,05 процента

На 5,36 процента вариация связана с неоднократностью условий опыта в повторностях.

33,46 процента вариаций обусловлено воспроизводимостью результата (ошибками измерений и др.).

Относительная ошибка опыта $P=14,50$ процента.

Трехфакторный дисперсионный анализ урожайных данных овса, 2011

Исходные данные.

Уровни факторов			Номер повторности			
А	В	С	1	2	3	4
1	1	1	16,60	20,30	19,80	14,40
1	1	2	16,80	19,70	17,30	17,80
1	2	1	18,00	22,40	21,30	20,70
1	2	2	18,20	18,10	16,40	18,50
1	3	1	16,60	16,70	21,40	20,90
1	3	2	19,60	16,40	18,20	17,40
1	4	1	13,30	19,50	20,50	15,90
1	4	2	14,10	17,50	16,50	18,60
2	1	1	13,60	13,60	18,60	16,20
2	1	2	14,80	18,40	15,30	15,50
2	2	1	20,40	15,60	19,00	21,00
2	2	2	19,30	18,20	17,80	16,70
2	3	1	16,40	18,70	21,10	15,80
2	3	2	15,20	19,70	18,00	14,10
2	4	1	14,90	17,30	16,10	14,10
2	4	2	14,30	16,50	17,40	13,40
3	1	1	16,50	14,60	15,30	13,60
3	1	2	15,50	16,20	14,70	13,60
3	2	1	19,60	16,10	15,80	18,10
3	2	2	14,70	15,80	17,00	14,10
3	3	1	15,20	13,10	15,60	19,70
3	3	2	15,50	12,00	13,90	17,40
3	4	1	14,80	13,80	12,70	11,90
3	4	2	14,20	10,00	12,50	14,10
4	1	1	15,60	14,40	13,80	11,40
4	1	2	15,00	15,70	14,40	15,30
4	2	1	17,00	19,60	17,00	16,00
4	2	2	17,60	18,30	15,20	14,90
4	3	1	17,40	16,40	19,20	18,60
4	3	2	19,40	21,10	18,80	17,50
4	4	1	16,50	15,40	15,30	14,80
4	4	2	15,30	11,20	14,70	11,20

Результаты дисперсионного анализа трехфакторного опыта 4×4×2.

1. Среднее значения, дисперсии и среднеквадратические отклонения.

Уровни факторов	Суммы V	Среднее	Дисперсия	С.к. отклон.
1 1 1	71,10	17,77	5,81	2,41
1 1 2	71,60	17,90	1,21	1,10
1 2 1	82,40	22,60	2,62	1,62
1 2 2	71,20	17,80	0,67	0,82
1 3 1	75,60	18,90	5,09	2,26
1 3 2	71,60	17,90	1,37	1,17
1 4 1	69,20	17,30	8,26	2,87
1 4 2	66,80	16,70	2,75	1,66
2 1 1	62,00	15,50	4,33	2,08
2 1 2	64,00	16,00	1,98	1,41
2 2 1	76,00	19,00	4,38	2,09
2 2 2	72,00	18,00	0,86	0,93
2 3 1	72,00	18,00	4,38	2,09
2 3 2	67,00	16,75	4,92	2,22
2 4 1	62,40	15,60	1,47	1,21
2 4 2	61,60	15,40	2,61	1,61
3 1 1	60,00	15,00	1,12	1,06
3 1 2	60,00	15,00	0,94	0,97
3 2 1	69,60	17,40	2,40	1,55
3 2 2	61,60	15,40	1,23	1,11
3 3 1	63,60	15,90	5,72	2,39
3 3 2	58,80	14,70	3,96	1,99
3 4 1	53,20	13,30	1,21	1,10
3 4 2	50,80	12,70	2,78	1,70
4 1 1	55,20	13,80	2,34	1,53
4 1 2	58,40	14,60	0,38	0,61
4 2 1	69,60	17,40	1,78	1,33
4 2 2	66,00	16,50	2,17	1,47
4 3 1	71,60	17,90	1,17	1,08
4 3 2	76,80	19,20	1,67	1,29
4 4 1	62,00	15,50	0,39	0,62
4 4 2	52,40	13,10	3,65	1,91
Суммы P	2106,10	16,45	6,20	2,49

Концентрирующий фактор $C = 34653,5664$

2. Сумма квадратов отклонений:

Общая	$СУ=794,1836$
Вариантов	$СV=451,2891$
Повторностей	$СP=12,9492$
Остатка (ошибки)	$СZ=329,9453$

3. Разложение общей суммы квадратов для вариантов $СV=451.2891$ на компоненты: суммы квадратов для главных эффектов факторов А, В, С и взаимодействия АВ, ВС, АС и АВС.

ДИСПЕРСИЯ	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F фактор	F (0,5)
Общая	794,184	127			
Повторений	12,949	3			
Фактора А	172,527	3	57,51	16,21	2,72
Фактора В	174,539	3	58,18	16,40	2,72
Фактора С	15,750	1	15,75	4,44	3,96
Взаимодействия АВ	50,684	9	5,63	1,59	1,99
Взаимодействия АС	3,230	3	1,08	0,30	2,72
Взаимодействия ВС	17,246	3	5,75	1,62	2,72
Взаимодействия АВС	17,313	9	1,92	0,54	1,99
Остаток (ошибки)	329,95	93	3,55		

Вариация результативного признака на 21,72 процента обусловлена изменением изучаемого фактора А.

Вариация результативного признака на 21,98 процента обусловлена изменением изучаемого фактора В.

Вариация результативного признака на 1,98 процента обусловлена изменением изучаемого фактора С.

Вариация результативного признака на 6,38 процента обусловлена изменением парного воздействия изучаемых факторов А и В.

Вариация результативного признака на 0,41 процента обусловлена изменением парного взаимодействия изучаемых факторов А и С.

Вариация результативного признака на 2,17 процента обусловлена изменением парного взаимодействия изучаемых факторов В и С.

Вариация результативного признака на 2,18 процента обусловлена изменением тройного взаимодействия изучаемых факторов А, В и С.

На 43, 175724 процента вариация связана с неоднородностью условий опыта в повторностях, то есть с воспроизводимостью результата (ошибки измерений и пр.).

Относительная ошибка опыта $P = 5,72$ процента.

4. Для оценки значимости частных различий

$$S_x = 0,94 \quad S_d = 1,33 \quad HCP = 2,66$$

5. Для оценки существенности главных эффектов и взаимодействий для фактора А

и взаимодействия АВ

$$SD_a = 0,471 \quad HCP_a = 0,9419$$

для фактора В

$$SD_b = 0,471 \quad HCP = 0,942$$

для фактора С и всех других взаимодействий

$$SD_c = 0,333 \quad HCP = 0,666$$

HCP используется для сравнения результатов опыта различных вариантов.

Вариация результативного признака на 56,82 процента обусловлена изменением изучаемых факторов,

в том числе за счет изменения:

фактора А 21,72 процента

фактора В 21,98 процента

фактора С 1,98 процента

Взаимодействия АВ 6,38 процента

Взаимодействия АС 0,41 процента

Взаимодействия ВС 2,17 процента

Взаимодействия АВС 2,18 процента

На 1,63 процента вариация связана с неоднократностью условий опыта в повторностях.

41,55 процента вариаций обусловлено воспроизводимостью результата (ошибками измерений и др.).

Относительная ошибка опыта $P=2,72$ процента.