

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*На правах рукописи*

**ВЛАСОВА Ольга Ивановна**

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИЕМОВ СОХРАНЕНИЯ  
ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ  
В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

по специальности 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

**Диссертация  
на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук**

**НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор ДОРОЖКО Г.Р.**

**Ставрополь – 2014 г**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. Управление факторами почвенного плодородия (обзор литературы) .....	11
1.1. Значение научно обоснованных севооборотов в воспроизводстве почвенного плодородия, теоретические и практические аспекты обоснования чередования культур.....	11
1.2. Управление сорным компонентом агроценозов сельскохозяйственных культур.....	45
1.3. Теоретические и практические основы адаптивно-дифференцированной системы обработки почвы.....	68
ГЛАВА 2. Программа, методики и условия проведения исследований.....	107
2.1. Почвенно-климатические условия места проведения опытов.....	107
2.2. Схемы и методики проведения опытов.....	113
ГЛАВА 3. Управление биологическими факторами почвенного плодородия.....	120
3.1. Роль севооборота в воспроизводстве органического вещества почвы. Накопление растительных остатков полевых культур в почве.....	120
3.2. Баланс гумуса в севообороте.....	127
3.3. Влияние предшественников и основной обработки почвы на биологическую активность почвы.....	129
3.4. Формирование комплекса микроорганизмов в агрофитоценозе сельскохозяйственных культур.....	134
3.5. Ферментативная активность почвы в зависимости от предшественников и основной обработки почвы.....	143
3.6. Токсичность почвы под озимой пшеницей в зависимости от предшественника при различных способах и приемах обработки почвы.....	148
ГЛАВА 4. Управление фитосанитарным состоянием в агроценозах полевых культур.....	158
4.1. Мониторинг условий произрастания и флористический состав сорных растений в годы проведения исследований.....	158
4.2. Потенциальная засоренность почвы семенами сорных растений в зависимости от предшествующей культуры и обработки почвы.....	169
4.3. Влияние предшественников и бессменных посевов на конкурентную способность озимой пшеницы в агрофитоценозе.....	178
4.4. Влияние элементов агротехнологий на засоренность посевов озимой пшеницы.....	185

4.5. Вынос основных элементов питания культурным и сорным компонентами агрофитоценоза.....	193
4.6. Аллелопатический механизм взаимовлияния культурного и сорного компонентов агрофитоценоза.....	197
4.7. Мониторинг распространения грибных болезней полевых культур.....	203
<b>ГЛАВА 5. Влияние способов и приемов основной обработки на агрофизические факторы плодородия почвы.....</b>	<b>215</b>
5.1. Динамика влажности почвы и формирование ресурсов влаги в зависимости от элементов агротехнологий.....	216
5.2. Строение пахотного слоя почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественника и основной обработки почвы.....	222
5.3. Структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от основной обработки и предшественника озимой пшеницы.....	227
5.4. Водопрочность структуры почвы в зависимости от основной обработки почвы и предшественника озимой пшеницы.....	231
5.5. Влияние предшественников и основной обработки на плотность почвы в посевах озимой пшеницы.....	234
<b>ГЛАВА 6. Влияние элементов агротехнологий на урожай и качество продукции сельскохозяйственных культур.....</b>	<b>240</b>
6.1. Оценка продуктивности зернопропашного севооборота в зависимости от применяемых технологий возделывания полевых культур.....	240
6.2. Качество сельскохозяйственной продукции.....	244
<b>ГЛАВА 7. Связь с производством. Севооборот как фактор биологизации в воспроизводстве плодородия чернозема обыкновенного и повышения урожайности сельскохозяйственных культур.....</b>	<b>247</b>
7.1. Влияние предшественников на запас продуктивной влаги.....	247
7.2. Роль сельскохозяйственных культур в оптимизации агрофизических показателей почвенного плодородия.....	250
7.3. Фитосанитарная обстановка в посевах озимой пшеницы, возделываемой по различным предшественникам.....	253
7.3.1. Засоренность почвы семенами сорняков и посевов озимой пшеницы сорными растениями.....	253
7.4. Влияние предшественников на распространение и степень развития септориоза озимой пшеницы.....	257
7.5. Поступление растительных остатков в почву после различных предшественников.....	260
7.6. Целлюлозолитическая активность почвы.....	265

7.7. Влияние культур севооборота на структуру урожая и урожайность озимой пшеницы .....	267
ГЛАВА 8. Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы .....	270
ВЫВОДЫ .....	273
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ .....	280
Список использованной литературы .....	281
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	318

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Устойчивое и рентабельное ведение сельскохозяйственного производства зависит в основном от эффективного использования всех биологических ресурсов агроценоза поля. Биологизация земледелия требует прежде всего высокоинтеллектуального, наукоемкого ведения производства. Этому направлению чуждо упрощенчество в технологиях выращивания культур. Основными факторами адаптивного земледелия является биологизация и экологизация процессов интенсификации, дифференцированное использование природных, биологических, техногенных, трудовых и других ресурсов, конструирование экологически устойчивых и высокопродуктивных агроландшафтов и агроэкосистем, повышение продукционной и средообразующей роли культивируемых видов и сортов растений.

Все элементы адаптивно-ландшафтного земледелия – севообороты, обработка почвы, удобрения и т.д. – оказывают положительное влияние на биологические, агрофизические и агрохимические свойства почвы. Поэтому управление плодородием почвы на основе широкого использования биомелиорации с применением фиторесурсов актуально с научной точки зрения и имеет большое практическое значение.

Севооборот – центральное звено современных агроландшафтных систем земледелия, с учетом севооборотов разрабатываются все остальные элементы системы земледелия: обработка почвы, удобрения, система защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, шлейф сельскохозяйственных машин и орудий, система семеноводства и другие.

Разработка перспективной структуры посевных площадей и системы севооборотов зависят от природно-географических, организационно-экономических, социально-демографических, технологических и экологических условий.

Переход к адаптивным современным системам земледелия предусматривает реализацию системы мероприятий по дифференцированному исполь-

зованию неравномерно распределенных во времени и пространстве местных природных ресурсов (плодородия почвы, запасов влаги, радиационного и температурного режимов), приспособительных и средообразующих возможностей культивируемых видов растений и техногенных факторов, а также адаптивное размещение производственной и социальной инфраструктуры с целью обеспечения устойчивого роста величины и качества урожая, ресурсо-энергосбережения и природоохраны. Одновременно адаптивное землеустройство и формирование соответствующих севооборотов выступают в качестве важнейших средств и этапов конструирования высокопродуктивных и экологически устойчивых агроландшафтов. Главное преимущество перехода к адаптивному землеустройству состоит в том, что в нем аспекты рационально-дифференцированного использования местных природных ресурсов и их охраны, энергоэкономичности и устойчивого роста продуктивности агроэкосистем оказываются организационно и экономически взаимосвязанными.

Широкое применение в агропромышленном комплексе Ставропольского края химико-техногенной системы земледелия ведет к потере плодородия почвы, снижению количества и качества производимой продукции, эрозии и дефляции почвы, получению низкорентабельной продукции.

Выходом в создавшейся ситуации является разработка и внедрение биологизированной системы земледелия в агропочвенных зонах Ставрополья.

В настоящее время одной из актуальных задач сельскохозяйственного производства является разработка и внедрение в Ставропольском крае влаго-энергосберегающих технологий возделывания основных полевых культур на основе принципов биологизации, предусматривающих прежде всего минимализацию в обработке почвы (замена вспашки поверхностными обработками, применение комбинированных почвообрабатывающих машин и орудий), в том числе прямой посев. Необходимо использование основополагающих факторов, влияющих на воспроизводство почвенного плодородия: выращи-

вание в севооборотах бобовых растений, сидеральных культур, применение измельченной соломы, рациональных энергосберегающих технологий обработки почвы.

**Целью исследований** является научное обоснование приемов сохранения почвенного плодородия и разработка элементов технологии озимой пшеницы, обеспечивающей получение стабильных, экономически целесообразных урожаев сельскохозяйственных культур, повышение экономической эффективности производства и экологической устойчивости полевых севооборотов Центрального Предкавказья.

В задачи исследований входило:

- установить влияние культур севооборота на динамику накопления, распределения растительных остатков и минерализацию органического вещества, а также поступление основных элементов питания в почву с растительными остатками с.-х. культур;
- выявить влияние элементов агротехнологий на формирование микробного ценоза почв;
- обосновать закономерности формирования видового состава сорняков в зависимости от погодных условий, системы обработки почвы и сельскохозяйственной культуры;
- изучить взаимоотношения культурных и сорных растений на уровне конкуренции и аллелопатии в агрофитоценозе;
- установить влияние агротехнологических приемов на агрофизические свойства пахотного слоя почвы под озимой пшеницей;
- определить связь между приемами повышения плодородия почвы и величиной урожая возделываемых культур, выходом зерна, кормовых единиц и переваримого протеина в севообороте;
- дать экономическую оценку изучаемым агротехнологическим приемам.

**Научная новизна работы.** Впервые в зоне умеренного увлажнения полевых культур агрофитоценозов Центрального Предкавказья дано научное обоснование элементам биологизации растениеводства; разработаны научные положения и методы совершенствования элементов системы земледелия при производстве растениеводческой продукции. В условиях длительного стационарного полевого опыта определена роль сельскохозяйственных культур в формировании биологических показателей плодородия почвы; выявлены закономерности изменчивости видового состава сорно-полевой растительности в зернопропашном севообороте в зависимости от способов, приемов обработки и погодных условий; рассчитаны уравнения регрессии зависимости урожайности озимой пшеницы от биологической активности почвы.

**На защиту выносятся основные научные положения:**

– элементы системы земледелия – севообороты, основная обработка почвы, внесение минеральных и органических удобрений – обеспечивают сохранение и расширенное воспроизводство почвенного плодородия черноземных почв Центрального Предкавказья;

– задачам подавления сорной растительности в большей степени отвечает отвальная обработка почвы, при переходе к минимализации обработки почвы в современных системах земледелия формируются устойчивые ассоциации однолетних и многолетних сорных растений, не встречающиеся при традиционной обработке почвы,;

– взаимоотношения сорного и культурного компонентов агроценоза происходят на уровне конкуренции и аллелопатии;

– обработка почвы и предшествующая культура – факторы снижения фитотоксичности почвы пшеничного агроценоза;

– параметры агрофизических показателей находятся в прямой зависимости от предшествующей культуры, способов и приемов обработки почвы.



**Практическая значимость.** В результате проведенных полевых и лабораторных исследований производству рекомендованы способы и приемы основной обработки почвы в технологии возделывания озимой пшеницы.

Рекомендовано введение в севооборот бобовых и бобово-злаковых фитоценозов, используемых в качестве предшественников озимой пшеницы, что способствует получению стабильной, экономически целесообразной урожайности озимой пшеницы и повышению плодородия почвы.

**Реализация результатов исследований.** Результаты исследований прошли производственную проверку в СХП «Ворошилова» Труновского района, ОАО «Авангард» Минераловодского района, птицефабрике «Кумская» Минераловодского района Ставропольского края на площади 100 тыс. га, что позволило повысить продуктивность полевых севооборотов по выходу зерна с 1 га пашни до 3,65 т, кормовых единиц 4,8 т/га, с уровнем рентабельности 116,4–139,1% при сохранении элементов почвенного плодородия.

**Апробация работы и публикации.** Основные положения диссертационной работы доложены и получили положительную оценку на ежегодных научных конференциях (1993–2013 гг.), международных конференциях на базе Ставропольского ГАУ (1996, 1997, 2001, 2002, 2004, 2005, 2009, 2010), в Белгороде (2006), Ульяновске (2009), Саратове (2009, 2011), Швейцарии (2008, 2011).

**Публикации.** Основные положения диссертационной работы опубликованы в 103 печатных работах, в том числе 15 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, трех учебных пособиях, трех монографиях. Доля автора в общем объеме составляет 46,3%, или 38,6 п. л.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 377 страницах машинописного текста и включает в себя введение, 8 глав – обзор литературы, программу, методики и условия проведения исследований, результаты исследований, заключение, выводы, предложения производству, список использованной литературы, насчитывающий 336 источника, в том

числе 42 – зарубежных авторов, 45 приложений. Работа иллюстрирована 36 таблицами и 52 рисунками.

Автор настоящей работы сердечно признателен за постоянную помощь в проведении исследований научному консультанту доктору сельскохозяйственных наук, профессору Дорожке Георгию Романовичу, признательность за консультативную помощь доктору сельскохозяйственных наук, профессору, академику РАСХН Пенчукову Виктору Макаровичу, декану агрономического факультета доктору сельскохозяйственных наук, профессору Есаулко А.Н. Благодарен за оказанную помощь при проведении исследований сотрудникам кафедры общего и мелиоративного земледелия Ставропольского государственного аграрного университета.

## **Глава 1. УПРАВЛЕНИЕ ФАКТОРАМИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

### **1.1. Значение научно обоснованных севооборотов в воспроизводстве почвенного плодородия, теоретические и практические аспекты обоснования чередования культур**

Центральное место в современной земледелии отводится биологизации и экологизации интенсификационных процессов, то есть более эффективно-му управлению адаптивными реакциями компонентов агробиоценозов и агроландшафтов с целью обеспечения их высокой продуктивности, экологической устойчивости, ресурсоэнергоэкономичности и рентабельности. Биологические факторы интенсификации обеспечивают наиболее полное и эффективное использование благоприятных факторов окружающей среды, что в итоге позволяет достичь высокой продуктивности, экологической устойчивости, низкзатратности и рентабельности агробиоценозов. Необходимость чередования сельскохозяйственных культур издавна установлена практикой земледелия. Еще в Древнем Риме знали о пользе чередования культур, но причины этого явления агрономической наукой длительное время не были установлены (Ресурсосберегающее земледелие Ставрополя, 2011).

Значительно раньше, чем в Европе, в 1771 году А.Т. Болотов опубликовал оригинальный труд под названием «О разделении полей», в котором были вскрыты недостатки паровой системы земледелия, и предлагал заменить ее паропереложной системой с введением семипольного севооборота.

Одной из попыток объяснить чередование культур была теория, выдвинутая в 1813 г. швейцарским ботаником Декандалем. Он считал, что растения берут из почвы и нужные, и ненужные вещества. Ненужные вещества, выделяясь обратно в почву, накапливаются в ней и задерживают развитие повторно высеваемой па одном и том же месте культуры. Эта теория экспериментально подтверждена Макером, установившим, что растения выделяют через корневую систему органические вещества, которые вредны для после-

дующих посевов тех же растений, но не для других, а напротив, служат им пищей. В начале XX в. обнаружены токсические вещества, выделяемые корнями растений. Установлено, что выделяемые пшеницей вещества вредны для этой же культуры и не вредны для других, отличающихся по биологии с пшеницей культур. В дальнейшем факты накопления токсических веществ в почве при бессменном возделывании зерновых, льна, сахарной свеклы и других сельскохозяйственных культур отмечены многими отечественными и зарубежными учеными. Это явление названо «почвоутомлением». В настоящее время общепризнано, что оно обусловлено комплексом причин, связанных с нарушением питания растений, накоплением инфекции, снижением активности ферментов. Чередование разных по биологии культур устраняет это. В дальнейшем с развитием теории плодосмена необходимость чередования культур стали обосновывать с точки зрения теории почвенного питания растений. Немецкий ученый Тэер (1752–1828) объяснял это с позиций «гумусовой» теории. Все сельскохозяйственные культуры он подразделил на две группы: обогащающие почву гумусом и истощающие ее. Такое деление культур основано на утверждении Тэера, что растения питаются гумусом. К первой группе он относил зерновые и травы, ко второй – картофель, корнеплоды, лен и другие культуры, при уборке которых из почвы извлекаются клубни или корни. Ю. Либих (1803–1873), исходя из разработанной им теории минерального питания, считал, что основной причиной снижения урожайности при повторных и бессменных посевах является одностороннее истощение почвы элементами минерального питания. По его утверждению, различные растения потребляют питательные вещества в неодинаковом соотношении, в результате в почве имеется недостаток одних и относительный неиспользуемый растением избыток других.

В 80-е годы XIX столетия немецким ученым Г. Гельригелем (1831–1895) выявлен симбиоз бобовых культур с клубеньковыми бактериями и фиксация через них атмосферного азота. Чередование культур бобовых с не-

бобовыми с этих позиций обосновывалось использованием накопленного бобовыми растениями азота. В этот же период получило развитие и другое направление в теории чередования культур – в трудах П.А. Костычева (1845–1895) и В.Р. Вильямса (1863–1939). Они объясняли падение плодородия почвы при возделывании только однолетних культур ухудшением ее физических свойств и, в частности, утратой прочной структуры. В результате ухудшаются водный и пищевой режимы, развивается эрозия почвы. Поэтому был сделан вывод о необходимости периодической смены однолетних культур посевом смеси многолетних бобово-злаковых трав. Теория легла в основу травопольных севооборотов. Большое значение фитосанитарному фактору при обосновании необходимости чередования культур придавал А.В. Советов (1826–1901). Накопление в почве возбудителей болезней, вредителей и сорняков он считал одной из важнейших причин падения урожаев при повторной и бессменной культуре. Недостаток указанных теорий заключался в их односторонности, отсутствии комплексного подхода и учета многообразия причин при обосновании необходимости чередования культур. Д.Н. Прянишников (1856–1948) на основе обобщения накопленных научных положений объединил все причины, вызывающие необходимость чередования культур, в четыре группы: причины химического, физического, биологического и экономического порядка. Значение той или иной группы причин изменяется в зависимости от природных, почвенно-климатических условий и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Ведущую роль имеют те, которые действуют на минимальный в данных условиях фактор жизни растений. С повышением интенсификации и культуры земледелия роль различных факторов изменяется. Увеличение уровня удобрений и повышение плодородия почвы ослабляет химические причины снижения урожая от неблагоприятного чередования. Но одновременно при этом усиливается роль биологических факторов. Поэтому значение севооборота с интенсификацией земледелия не ослабевает (Земледелие Ставрополя, 2011).

В настоящее время обострилась проблема сохранения и повышения плодородия почв. Выходом из создавшейся ситуации является прежде всего биологизация земледелия, то есть использование биологических факторов в системе земледелия: чередование культур на принципах плодосмена, использование нетоварной части урожая на удобрение, размещение культур по наиболее эффективным предшественникам и др. Анализ современного состояния земельного фонда показал, что существующая интенсивная многозатратная система ведения хозяйства в настоящее время ведет к дальнейшему ухудшению экологической обстановки, ускоренному развитию эрозионных и дефляционных процессов, снижению плодородия почв, а в целом, к дальнейшей деградации сельскохозяйственных угодий. Такая форма хозяйствования, без учета природных условий, отрицательно сказывается и на экономических показателях хозяйства, ведет к увеличению затрат, которые не покрываются стоимостью реализованной продукции, что в конечном итоге ведет к неконкурентной способности этой продукции (Г.Р. Дорожко, 2013).

По данным В.М. Пенчукова, В.М. Передериева и В.И. Удовыдченко (2007), из общей площади земельных ресурсов края, составляющих 6,6 млн га, основная часть занята землями сельскохозяйственного назначения – 5,8 млн га, или 87,5%. Пашня составляет 3,9 млн га, или 67%, природные кормовые угодья – 1,7 млн га, или 29% от общей площади сельхозугодий. Авторы подчеркивают, что совершенствование структуры посевных площадей и освоение интенсивных специализированных севооборотов является непременным условием успешного развития земледелия в целом, и особенно зернового хозяйства. Нередко изменяются структуры посевных площадей, что влечет за собой пересмотр севооборотов в отношении максимального насыщения их культурами, на которых специализируются хозяйства, и даже бессменного их выращивания. Однако при этом создаются известные трудности, которые заключаются в том, что большинство культур при насыщении ими севооборотов и при бессменном возделывании, вызывают почвоутомление, ухудшение

фитосанитарного состояния и резкое снижение урожайности. Рационально построенные севообороты должны быть основой ресурсосберегающих технологий, на которые накладываются остальные элементы системы земледелия. Оптимальное соотношение возделываемых групп сельскохозяйственных культур и чистых паров чрезвычайно важно для эффективного использования пашни, сохранения и повышения плодородия почвы, максимальной реализации потенциала культур по урожайности.

В последние годы на Ставрополье сокращено внесение органических удобрений и существенно уменьшено внесение минеральных удобрений (В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, А.И. Подколзин и др., 2008).

Мировой опыт свидетельствует, что при таких критических условиях, когда сельхозпроизводитель не может внести в оптимальных дозах органические и минеральные удобрения, необходимо пересматривать структуру посевных площадей, увеличивая площади под многолетними травами, зернобобовыми культурами (А.А. Жученко, 2004).

Агрономическая роль севооборота вытекает из общей задачи научного земледелия, по определению К.А. Тимирязева и Д.Н. Прянишникова, эта задача состоит в том, чтобы согласовать соответствие требований культурных растений со свойствами почвы и климатом. Правильное размещение сельскохозяйственных культур на территории хозяйства и их чередование позволяют уменьшить разрыв между потребностью растений в факторах жизни и наличием их в почве. С другой стороны, научно обоснованное планирование агротехнических мероприятий возможно лишь тогда, когда известно, в каком порядке идет смена возделываемых культур на каждом поле. Лишь при этом условии можно учесть наличие факторов жизни для определенного вида растений, которые здесь предполагается выращивать.

Севооборот реализует средоулучшающую, почвозащитную, почвоулучшающую, ресурсовосстанавливающую, фитосанитарную, фитомелиоративную функции, выступает в качестве важнейшего средства биологизации и

экологизации всего технологического цикла, порядок реализации которого зависит от конкретно складывающихся почвенно-климатических, погодных и экономических условий (Основы систем земледелия Ставрополья, 2005; А.С. Найденов, 2012).

А.А. Акулов (2005) отмечает, что в земледелии севооборот традиционно рассматривается как важнейшее средство восстановления и поддержания плодородия почвы. Известно, что до конца 18 столетия в странах Западной Европы господствовало зерновое трехполье (пар – озимые – яровые), при котором урожайность пшеницы не превышала 7–8 ц/га. С переходом к плодосмену с его типичным норфолькским четырехпольем (клевер – озимая пшеница – пропашные – яровые зерновые с подсевом клевера) урожайность достигла 16–17 ц/га. В соответствии с учением В.Р. Вильямса, в нашей стране в 1930–1950 гг. были повсеместно введены многопольные полевые и кормовые севообороты с многолетними травами 2–3-летнего пользования, травопольная система земледелия оказалась эффективной лишь в регионах с достаточным увлажнением. В настоящее время травосеяние по праву является основой биологизации в земледелии при неблагоприятных и экстремальных условиях внешней среды. Основные преимущества его широкого использования связаны с громадным видовым разнообразием, включая ксерофитные типы, бобовые травы, бобово-злаковые травосмеси, с противоэрозионными возможностями соответствующих посевов, способностью обеспечивать высокую урожайность в неблагоприятные по погодным условиям годы, с низкой ресурсо-, энерго- и трудозатратностью. Особенно велика средоулучшающая роль многолетних трав, 55–65% биомассы которых поступает в почву с растительными остатками, оставляя в ней в 2,3–3,8 раза больше углерода, азота и зольных элементов по сравнению с пропашными растениями. Показано, что количество растительных остатков после многолетних трав в 2,5–3,5 раза больше, чем после зерновых культур, у которых оно составляет 25–30% от урожая зерна. Выращиваемые полевые культуры накапливают различное количество органического вещества. Поле-



вые культуры в виде стерни и корневой массы оставляют после себя: многолетние бобовые травы (люцерна, эспарцет, донник и др.) – 10–12 т/га и более; зерновые и зернобобовые (озимая пшеница, озимый ячмень, овес, горох, чина, нут и др.) – 6–8; пропашные (подсолнечник, кукуруза, свекла, картофель и др.) – 1–3 тонны на гектар. При этом надо иметь в виду, что многолетние бобовые травы в симбиотических отношениях с бактериями из рода *Rizhobium* способны в клубеньках, формируемых на корневой системе бобовой травы, оставлять 100–150 и более килограммов на гектаре азота, фиксированного из воздуха бактериями.

Научно обоснованные севообороты в условиях сельскохозяйственного производства определяют более высокий уровень экосистем, дают возможность большей стабильности агрофитоценозов и позволяют не только поддерживать почву на соответствующем уровне плодородия, но и значительно повышать его (Г.Р. Дорожко, В.М. Передериева, О.И. Власова, 2000).

Исследованиями И.Н. Листопадова (2008) установлено, что севообороты (полевые, кормовые, специальные), являясь основой осуществления технологических схем (обработки почвы, удобрения, защиты растений и других), только за счет рационального чередования чистого пара и культур способствуют повышению продуктивности последних на 7–8 ц зерновых единиц с 1 га. Причем применение органических и минеральных удобрений и средств защиты растений в севообороте намного эффективнее и безопаснее в экологическом отношении.

Чистый пар, занятые горохоовсяной смесью и люцерной, кукурузой на силос пары снижают засоренность озимой пшеницы на 42–92%, по сравнению с бессменными посевами пшеницы. Поздние пропашные предшественники – кукуруза на зерно, сахарная свекла снижают засоренность лишь на 4–16%. Повторное выращивание пшеницы приводит к значительной засоренности, чем первое, однако при этом можно отметить положительное влияние последствия чистого пара и занятого горохоовсяной смесью. Наиболее засорен-

ными были посевы свеклы, где насчитывалось 224 сорняка на одном квадратном метре, при посеве же свеклы по пшенице – только 47 штук. Чередование культур в севооборотных звеньях значительно снижает засоренность поля (В.М. Передериева, 2011).

По данным Н.А. Пеговой и В.М. Холзакова (2008), в условиях Среднего Предуралья наибольшую суммарную продуктивность без ухудшения фитосанитарного состояния посевов и качества получаемой продукции с наименьшими затратами можно получить в звене с сидеральным паром. На почвах с высоким уровнем плодородия, чистых от сорняков, оправдывает себя и использование бобово-злаковых занятых паров.

Зернобобовые и бобовые виды растений способны улучшать физические, химические и биогенные свойства почвы, накапливая при этом на каждом гектаре соответственно 50–110 и 180–240 кг биологического азота. В стеблях и корневых остатках гороха содержится 330 кг/га азота, чины – 294, яровой вики – 275 кг/га азота, что указывает на широкие возможности использования этих культур в качестве зеленых удобрений. Особое внимание следует уделять люцерне, способной накапливать до 300 кг/га азота. Возделывание многолетних бобовых трав в качестве сидератов не только повышает плодородие почвы, но и снижает засоренность полей, распространение вредителей и болезней. Использование многолетнего люпина и донника в качестве сидератов позволяет пополнить запас органики на 3–8 т/га сухого вещества, включая 150–200 кг/га азота. За счет подбора культур существенно повышается как естественное, так и эффективное плодородие. Особую роль играют бобовые и зернобобовые культуры, способные к биологической фиксации атмосферного азота, а также культуры, лучше использующие труднодоступные элементы минерального питания и влагу, накапливая больше органической массы в почве. Для эффективного плодородия особенно важны культуры, характеризующиеся наибольшими коэффициентами ресурсной и энергетической эффективности (В.М. Передериева, 2011).

Таким образом, в сложнейших неразрывных связях растения и почвы, влияния их друг на друга, с учетом антропогенных, техногенных, биоклиматических и других факторов, севообороты играют первостепенную роль основы взаимосвязанной, цельной агроэкосистемы.

Севооборот является понятием не только агрономическим, но и историческим, и при сохранении его основной роли в системе земледелия подход к севооборотам менялся в зависимости от общественно-политической и экономической ситуации.

Если взять последние два десятилетия в нашей стране, то коренные изменения в России повлекли существенные преобразования в агропромышленном комплексе страны. Выделились фермерские хозяйства, и основная масса их возникла в границах прежнего землепользования бывших крупных хозяйств, что привело к нарушению севооборотов. Наряду с этим сельскохозяйственное производство перестало быть плановым, и в хозяйствах стали возделывать культуры, пользующиеся спросом на рынке. Началось метание от одной культуры к другой.

В то же время спад промышленного производства и резкое подорожание сельскохозяйственных машин и орудий, минеральных удобрений, средств защиты растений привели к существенному сокращению их использования, по сути дела в большинстве хозяйств был осуществлен переход от интенсификации и специализации сельскохозяйственного производства к экстенсивным методам полеводства. И это происходило, а зачастую еще и происходит на фоне ухудшающейся экологической обстановки. По данным Министерства сельского хозяйства, в России 58,6% сельскохозяйственных угодий подвержено эрозии. Площадь эродированных земель ежегодно возрастает на 400–500 тыс. га, утрачивается 1,5 млрд тонн плодородного слоя почвы в год. Это говорит о том, что существующие системы земледелия, и в частности севообороты, не обеспечивают в должной мере экологическую безопасность ведения земледелия. В связи с чем сейчас остро стоит вопрос об

адаптации севооборотов не только к местным почвенно-климатическим условиям, но и увязке их с особенностями ландшафтов, отмечает В.М. Передериева (2011).

На современном этапе земледелия оценку севооборота необходимо проводить с позиций биологизации по таким критериям, как регулирование режима органического вещества почвы и элементов питания, поддержание удовлетворительного структурного состояния почвы и водного баланса, предотвращение эрозии и дефляции, регулирование фитосанитарного состояния агрофитоценозов и почвы. Севообороты, не повышающие плодородие почв и урожайность культур, не организующие кормовую базу и не обеспечивающие подъем животноводства, должны быть обстоятельно пересмотрены в современных системах земледелия (Н.А. Зеленский и Е.П. Луганцев, 2005).

При переходе на биологизированные системы земледелия в основу севооборота должен быть положен принцип введения различных в биологическом и агротехническом отношении полевых культур. Это позволяет эффективно использовать морфологические и биологические особенности растений, почвенное плодородие, а также трудовые и энергетические ресурсы регионов (В.Н. Наумкин, А.М. Хлопяников, А.В. Наумкин, 2010).

Количество и качество растительного материала, поступающего в почву, влияют на ее агрономические свойства и фитосанитарную ситуацию. Масса растительных остатков, остающихся после уборки, определяется культурными растениями, а в пределах культуры параметры могут изменяться в зависимости от способа возделывания. В многолетнем стационарном опыте кафедры общего и мелиоративного земледелия опытной станции СтГАУ, отмечают Н.С. Голоусов, Ю.А. Юшко, Г.А. Шматко (1993), наибольшее количество ценнейшей биомассы было после люцерны двухгодичного пользования. Как показывают расчеты, в почву поступает 163,3 ц/га корней и поукосных остатков. После эспарцета одногодичного пользования их остается значительно меньше – 62,3 ц/га. Среди однолетних культур выделяется кукуруза

на силос, которая, как известно, отличается своей мощной корневой системой и продуктивностью. После нее в процесс гумификации включается 52,3 ц/га органических остатков. Примерно одинаковую массу жнивья и корней имеют озимая пшеница и овсяно-гороховая смесь. Однако меньше всего остатков поступает в почву после уборки гороха.

Исследованиями Д.А. Ткаченко, В.И. Фаизовой и В.М. Передериевой (2005) установлено, что на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом среди изученных предшественников озимой пшеницы наиболее высокая масса растительных остатков поступает в почву после кукурузы на силос. Суммарно после данного предшественника при отвальной обработке в почву возвращается 48,7 ц/га корневых и надземных остатков, что на 15,1 ц/га превышает показатель после бобово-злаковой смеси и на 18,5 ц/га после гороха. Длительное поверхностное рыхление почвы под вышеназванные культуры приводит к снижению оставляемой биомассы. После занятого пара величина данного показателя уступает отвальной обработке почвы на 8,3 ц/га, после гороха на 4,6, а после кукурузы на силос на 5,3 ц/га. Поступление органической массы в почву возрастает при оптимальных условиях увлажнения и температуры в течение вегетации сельскохозяйственных культур.

Как отмечают В.М. Пенчуков, В.М. Передериева, О.И. Власова (2011), весной, в фазу кущения озимой пшеницы, масса неразложившихся корневых и пожнивных остатков эспарцета, используемого как зеленое удобрение, составила 59,5 ц/га. При возделывании эспарцета на сено величина данного показателя снизилась на 26,4% и достигла 43,8 ц/га. Разницы по содержанию органических остатков в почве после пропашных предшественников подсолнечника и кукурузы на силос не установлено, их количество находилось на уровне соответственно 27,4 и 27,9 ц/га. После зернобобовых предшественников сои, гороха и пара занятого (горох+овес на зеленый корм) масса растительных остатков колебалась в пределах от 18,7 до 21,6 ц/га и мало различалась по культурам. После чистого пара содержание растительных остатков в

почве на 81,7% ниже, чем после эспарцета на сидерат. Результаты проведенного опыта подтверждают тот факт, что многолетние травы являются признанными лидерами по накоплению органического вещества в почве.

Если при этом учесть, как отмечают В.М. Передериева, О.И. Власова, А.П. Шутко (2012), что многолетние травы фиксируют от 100 до 300 кг/га биологического азота, то их экологическую и экономическую функции трудно переоценить. По сведениям А.А. Жученко (2009), количество ежегодно фиксируемого азота эквивалентно такому количеству безводного аммиака, на производство которого пришлось бы затратить 30 млрд долларов США.

Большой интерес представляет определение органического вещества, поступающего в почву при возделывании многолетних бобовых и злаковых трав, выращиваемых в условиях, резко отличающихся температурным режимом, осадками, почвами и так далее.

По данным Г.Р. Дорожко и Д.А. Христенко (2007), люцерна посевная, эспарцет песчаный, козлятник восточный и пырей удлинённый в течение трёх лет в умеренно влажной зоне увеличивают количество стерневых и корневых остатков. Так, при возделывании люцерны посевной стерневые остатки после первого укоса первого года жизни составляют 4,13 т/га. После первого укоса второго года жизни – в полтора, а после первого укоса третьего года жизни – в два раза выше, чем в первый год жизни, и составляют соответственно 8,34 т/га. Что касается корневых остатков люцерны посевной, то после первого укоса первого года жизни они составляют 10,34 т/га, а после первого укоса третьего года жизни – 23,81 т/га, что практически в два раза больше, чем в первый год жизни. Козлятник восточный в первый год жизни после первого укоса формирует стерневых остатков в 2,5 раза больше, чем люцерна. При этом и корневые остатки по массе существенно превосходят эти показатели у люцерны посевной. После второго укоса первого года жизни стерневые и корневые остатки значительно увеличиваются, что отмечено и на третий год жизни этой культуры. Пырей удлинённый формирует в тече-

ние трёх лет жизни значительно меньшее количество как стерневых, так и корневых остатков, по сравнению с бобовыми многолетними травами.

В условиях засушливой зоны как многолетние бобовые травы, так и злаковые растения формируют стерневые и корневые остатки значительно в меньшем количестве, чем эти же культуры в умеренно влажной зоне.

Органическим веществом почвы принято считать растительные остатки отмерших растений, отмершие микроорганизмы и растения, продукты разной степени разложения и специфически новообразованное гумусовое вещество (гумус). В жизни почвы – ее генезисе и развитии плодородия – огромная роль принадлежит не только гумусовым веществам, но и неразложившимся органическим остаткам и промежуточным низкомолекулярным соединениям. Органические остатки содержат значительное количество элементов питания (азот, фосфор, калий, сера, магний, микроэлементы), освобождающихся при минерализации и используемых растениями и микроорганизмами. Органические остатки также являются источником углекислого газа для растений. Количественный и качественный состав растительных остатков, темп их разложения оказывают влияние на формирование эффективного плодородия почвы. В отличие от естественных экосистем, в агроценозах регулирование разложения органического вещества имеет огромное значение для воспроизводства плодородия почвы. Скорость трансформации растительных остатков зависит от многих условий, но прежде всего от их химического состава. Быстрее разлагаются растительные остатки, имеющие высокое содержание легкодоступных микроорганизмам соединений белков, углеводов. Сюда относятся такие культуры, как озимый рапс, озимая вика, озимая рожь на зеленый корм, многолетние травы, бобово-злаковые смеси, кукуруза на зеленый корм. Медленнее идет разложение остатков гороха и других бобовых, убранных на семена, кукурузы на силос. Затягивается разложение послеуборочных остатков зерновых колосовых культур (Л.Н. Александрова, 1980).

Так, по сведениям А.П. Лазарева и Д.Р. Майсямова (2006), на черноземе обыкновенном в условиях Сибири за период с сентября по май пожнив-ные остатки всех полевых культур разрушались микроорганизмами интен-сивнее, чем за летний. При этом активнее шла минерализация надземной массы донника, гороха, кукурузы и слабее – яровой пшеницы, ячменя, овса, озимой ржи. Корневые остатки большинства культур разлагались медленнее пожнивных. От количества послеуборочных остатков, их химического соста-ва и скорости разложения зависел урожай озимой пшеницы. Его повышение, связанное с поступлением растительных остатков в почву, обусловили пред-шественники, расположенные в следующем порядке: донник, горох, одно-летние травы, кукуруза, рожь, пшеница.

При плодосмене происходит чередование культур с низким и высоким темпами разложения биомассы. При этом обеспечивается быстрое высвобо-ждение минеральных питательных веществ, нет их биологического поглоще-ния, нет накопления в почве негумифицированных остатков, на которых по-селяется грибная микрофлора, продуцирующая токсины.

Очень большие колебания обнаружены в содержании питательных элементов в растительных остатках полевых культур. М.Т. Купричковым и Т.Н. Антоновой (2010) установлено, что содержание кальция в растительных остатках колеблется от 3,27 в остатках озимой пшеницы до 26,90% в горохе. Несколько более ровно выглядит содержание азота, фосфора и калия. При этом содержание азота заметно преобладает в остатках кукурузы и меньше всего его в остатках озимого рапса. Высоким содержанием калия отличаются растительные остатки зернового сорго, озимого рапса и озимой пшеницы, а меньше всего данного элемента в подсолнечнике и сое.

Н.А. Зеленский и Е.П. Луганцев (2005) отмечают, что на значительной территории Ростовской области, расположенной на восточных отрогах До-нецкого кряжа, в настоящее время особая роль принадлежит многолетним



травам, и в первую очередь бобовым, как важнейшему биологическому компоненту системы земледелия на ландшафтной основе.

Многолетние исследования ученых Донского ГАУ и широкое внедрение их разработок в производство показали высокую эффективность эколого-адаптивной системы земледелия на ландшафтной основе, где многолетним травам принадлежит ведущая роль.

Насыщение полевых севооборотов бобовыми культурами, как считают Н.А. Зеленский и соавторы (2007), является одним из элементов биологизированных систем земледелия, переход к которым позволяет в определенной мере смоделировать природные фитоценозы, но с более высоким потенциалом продуктивности, и снизить деградационные процессы. Кроме того, расширенное введение в севообороты бобовых культур позволяет в значительной степени сбалансировать корма по белку, что обеспечивает успешную реализацию национального проекта «Развитие АПК».

Расчеты А.П. Авдеенко, Н.А. Зеленского, Г.М. Зеленской (2005) показали, что расширение площади посева многолетних бобовых трав до 20 тыс. га будет равноценно внесению в почву 2 тыс. тонн фосфорных и 20 тыс. тонн азотных удобрений. Как показали наблюдения, проведенные на полях Донского сортоиспытательного центра, в среднем за 15 лет исследований донник обеспечил формирование 21,0 т/га зеленой массы с первого укоса, эспарцет – 183 т/га, а в почву поступило более 12,0 т/га растительных остатков, которые можно приравнять к 40 т/га навоза. При этом необходимо отметить, что экологически чистые удобрения будут равномерно распределены по всему корнеобитаемому слою почвы без значительных затрат энергии и финансовых средств. Авторы отмечают, что качество зерна озимой пшеницы, размещенной по бобовым предшественникам, было выше по сравнению с вариантами опыта, где предшественником была вайда красильная. Особенно наглядно это видно по содержанию белка в зерне озимой пшеницы – по эспарцету и доннику в среднем содержание белка в зерне было 13,4–13,8%, а по вайде

красильной – 12,5–12,7%. Возделывание озимой пшеницы по занятым и сидеральным парам, которые обеспечивают растения с раннего периода развития основными питательными веществами, позволило получить по всем изучаемым парам зерно, соответствующее стандартам на ценную и сильную пшеницы.

Из-за неодинакового содержания азота растительные остатки имеют очень широкие колебания отношения C:N. Наиболее благоприятно для гумусообразования и минерализации оно в остатках зернобобовых культур, многолетних бобовых трав, медленнее разлагаются растительные остатки кукурузы, злаковых трав, солома зерновых культур.

Р.Т. Лолишвили (2006) сообщает, что положительное влияние растительных остатков состоит не только в том, что они способствуют образованию гумуса, но и в том, что в них содержится значительное количество азота и зольных элементов минерального питания растений. Надземная масса остатков люцерны, озимой пшеницы и кукурузы разлагается быстрее, чем подземная в связи с большим содержанием в корнях клетчатки.

Различный химический состав растительных остатков растений влияет на скорость их трансформации. Быстрым темпам минерализации растительных остатков способствуют оптимальные температуры и увлажнение почвы. В первые 3–4 месяца нахождения остатков в почве минерализуется около 60–80% их исходной массы, если они помещены в почву летом. Это касается гороха, озимой пшеницы, озимого рапса, озимого ячменя.

Растительные остатки кукурузы на зерно, зернового сорго, сои в течение двух осенних месяцев разлагаются на 27–38%. В течение годового цикла растительная масса первой группы сельскохозяйственных культур минерализуется на 85–97%, а второй группы – на 80–85% (М.Т. Куприченков, Т.Н. Антонова, 2010).

В условиях Саратовской области, по данным К.Е. Денисова, Е.П. Денисова, А.П. Солодовникова (2007), в среднем за годы исследований озимая

пшеница оставляла в почве от 3,66 до 4,43 т/га органических веществ; яровая твердая пшеница – от 1,17 до 1,68; нут – от 0,87 до 1,10; яровая мягкая пшеница – от 1,41 до 1,94; просо – от 1,04 до 1,45; ячмень – от 1,43 до 2,19 т/га. В среднесухой год количество послеуборочных остатков было меньше по сравнению с влажным годом на 35,6–43,4%. Биомелиоранты повышали количество послеуборочных остатков, особенно во влажные годы.

На дерново-подзолистых почвах Предуралья для стабилизации плодородия почвы, считают А.И. Косолапова и Н.Е. Завьялова (2006), важным источником поступления органического вещества являются корневые и пожнивные растительные остатки, актуальность использования которых возрастает в связи с ограниченными возможностями сельскохозяйственных предприятий приобретать органические, минеральные удобрения и химические средства защиты растений. Результаты исследований по определению параметров биологических источников органического вещества свидетельствуют о том, что от вида севооборота существенно зависит количество поступающих пожнивно-корневых остатков. Без применения удобрений в биологизированном севообороте за ротацию поступило 53,4 т/га растительных остатков, включая побочную продукцию, что на 17,5 т/га выше, чем в типичном. Внесение минеральных и органических удобрений в умеренных дозах обеспечивало повышение поступления органического вещества растительных остатков. Высокие дозы совместного внесения органических и минеральных удобрений способствовали снижению количества поступающих растительных остатков за счет уменьшения корневой системы клевера. Наиболее высокая масса корнестерневых остатков поступает в почву после клевера (7,0–10,1 т/га) и клеверо-тимофеечной смеси (3,7–8,3 т/га). Внесение минеральных удобрений повышает её на 10–17%. С корнестерневыми остатками в типичном севообороте в почву поступает 219,2 кг/га азота, 126,5 кг/га фосфора, 281,6 кг/га калия, в биологизированном – азота 242,7 кг/га, фосфора 137,1 кг/га, калия 321,3 кг/га.

Аналогичные данные приведены в работе Н.Е. Завьяловой, А.И. Косолаповой и И.Д. Сосниной (2004), они констатируют факт снижения содержания гумуса в почве за ротацию типичного севооборота без внесения удобрений на 0,29 т/га. Запашка вико-овсяной смеси в паровом поле способствовала снижению потерь гумуса в почве до 0,02%. Внесение навоза 60 т/га и минеральных удобрений не менее 60 кг д.в. на гектар обеспечивает преимущество процессов гумификации над минерализацией органического вещества в почве. В биологизированном севообороте внесение навоза 40 т/га стабилизирует содержание гумуса, а при увеличении дозы навоза до 60 т/га обеспечивает существенное его накопление (0,16%) к концу ротации севооборота.

Напротив, по данным исследований В.П. Сутягина, Ж.Б. Бельшева и В.Н. Петрова (2010), научно обоснованные короткоротационные севообороты с многолетними бобово-злаковыми травами гарантируют поступление в почву до 7 т/га пожнивных остатков. Это позволяет поддерживать бездефицитный баланс органического вещества в почве без удобрений или при их ограниченном применении.

По исследованиям В.М. Передериевой и Д.А.Ткаченко (2005), масса растительных остатков, поступающих в почву после кукурузы на силос, значительно превышает массу после горохоовсяной смеси и гороха. В первом случае она составляет 48,7 ц/га, а во втором находится в пределах 30 ц/га.

В то же время А.И. Тивиков и Г.Р. Дорожко (2005) отмечают, что одной из главных причин необходимости чередования культур в севообороте является то, что они существенно различаются выносом элементов питания с урожаем, накоплением в почве биологического азота и органического вещества. Звено с пропашной культурой кукурузой на силос по продуктивности почти в два раза превосходит звенья с горохом и занятым паром.

В условиях Ульяновской области возделывание люцерны и эспарцета в севооборотах на фоне органоминеральных систем удобрений на выщелоченном черноземе обеспечивает выход 5,19–6,75 т/га к.ед., 0,88–1,15 т/га перева-

римого протеина и 63,5–80,4 ГДж/га обменной энергии без затрат азотных удобрений. При этом вклад костреца составляет 4,87–5,21 т/га к.ед., 0,59–0,6 т/га переваримого протеина и 61,8–66,2 ГДж/га обменной энергии (А.Л. Тойгильдин, 2007).

Разложение растительных остатков оказывает влияние на формирование питательного режима почвы. В многолетнем стационарном опыте Ставропольской ГСХА Н.С. Голоусовым и Г.А. Шматко (1998) установлено, что пожнивно-корневые остатки позволяют существенно пополнить содержание питательных веществ в почве. В среднем по зернопропашному севообороту с пожнивно-корневыми остатками поступление в почву составляет: азота – от 29 до 33 кг/га, фосфора – 11–13, калия 35–39 кг/га.

По данным В.В. Гнеденко и С.В. Обущенко (2013), использование питательных веществ из почвы озимой пшеницей резко различается в зависимости от предшествующей культуры. После горохоовсяной смеси из почвы используется 45,1–48,0%  $P_2O_5$  и 7,1–7,8%  $K_2O$ , после гороха соответственно 39,4–40,7 и 0,6–7,0%. При размещении озимой пшеницы после пшеницы, а также после кукурузы на силос происходит значительное снижение использования питательных веществ из почвы. Коэффициент использования  $P_2O_5$  составляет 27,5–33,7;  $K_2O$  – 4,8–5,5%, при размещении после кукурузы на силос соответственно 19,4–31,8 и 5,5–6,0%

Одной из главных причин снижения урожайности бессменных посевов является наличие в почве токсических веществ, выделяемых микроорганизмами, корнями самого растения или разлагающимися растительными остатками. От темпов и уровня разложения растительного опада, его качественного состава зависит степень проявления токсичности. Ускорение разложения послеуборочных остатков уменьшает отрицательное действие токсинов на произрастающие культуры.

В опытах кафедры земледелия Ставропольской ГСХА биомасса гороха, горохоовсяной смеси, люцерны, кукурузы на силос снижала фитотоксичность почвы в сравнении с бессменными посевами озимой пшеницы. У про-

росших семян кресс-салата, взятых в качестве биотестов, длина корешков при проращивании их на водной суспензии почвы бесменных посевов, уменьшалась на 23% и увеличивалась на 54% после люцерны (О.И. Власова, В.М. Передериева, А.С. Лещенко, 2007).

Аналогичные данные приводят А.И. Иванов и А.П. Стаценко (2010). Низкой степенью почвоутомления отличается поле чистого пара, а также поля, где в качестве предшественника выращивали кукурузу и картофель. Средний уровень почвоутомления отмечен на полях, где бесменно возделывали сахарную свеклу, а предшественником являлась рожь. Высокое почвоутомление развилось после бесменного возделывания озимой пшеницы.

Ведущая роль в почвоутомлении принадлежит фитотоксинам, продуцируемым микроскопическими грибами и бактериями. Нормально функционирующие культурные растения корневыми выделениями формируют агрономически важные сообщества микроорганизмов и создают вокруг себя ризосферную микрофлору, необходимую для их существования.

Как отмечают В.И. Фаизова, В.С. Цховребов и А.М. Никифорова (2011), процесс почвообразования непрерывно связан с деятельностью почвенной микрофлоры, которая в значительной степени обуславливает питательный режим растений.

На основании проведенных Г.Р. Дорожко, О.И. Власовой, В.М. Передериевой (1996, 2000) исследований в условиях достаточного увлажнения Центрального Предкавказья на выщелоченных черноземах установлено, что в почве при бесменном посеве озимой пшеницы содержится наибольшее количество микроскопических грибов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Горох, горохоовсяная смесь, люцерна обеспечивают увеличение бактериальной микрофлоры. Подобные результаты были получены Т.В. Аристовской (1980), А.А. Головки, Н.И. Гриб, А.Я. Степаненко (1983), О.А. Берестецким (1985), В.В. Верзилиным и В.А. Труновой (1992).

При этом многие авторы констатируют, что состав органических остатков влияет на микробное население почвы.

По сведению А.Н. Марьина (2000, 2001), ведущими экологическими факторами, определяющими численность и состав физиологических групп микроорганизмов по предшественникам, являются запасы органического субстрата и его тип, а также влажность и температура почвы в определенные фазы вегетации озимой пшеницы.

Е.Н.Журавлева (2002) отмечает, что предшественники озимой пшеницы оказывают влияние на формирование почвенной биоты и ее активность. Оптимальное соотношение различных групп микроорганизмов складывается при размещении ее по занятому пару. Аналогичные данные доказаны исследованиями Д.А. Ткаченко, В.М. Передериевой и О.Б. Алтуниной (2005).

По данным Л.И. Буланкиной (2004), наибольшее количество аммонификаторов в посевах озимой пшеницы в фазу весеннего кущения наблюдается в вариантах, где предшественниками были бобовые культуры, оставляющие после себя большое количество органического вещества, содержащего белки и аминокислоты.

В материалах научных исследований, полученных Д.А. Ткаченко, В.И. Фаизовой, В.М. Передериевой (2005), отмечено, что в зависимости от предшественников озимой пшеницы изменяется количество аммонификаторов. В почве после занятого пара их было в 1,6 раза больше, чем по гороху, и в 3,4 раза – в сравнении с кукурузой на силос. Микроскопических грибов по всем вариантам опыта было меньше, чем других групп микроорганизмов. Содержание их по занятому пару и кукурузе на силос по отвальной обработке почвы в 2,8 раза выше по сравнению с горохом.

Биологическая активность почвы является совокупностью протекающих в ней биологических процессов, о ней судят по дыханию почвы, интенсивности нитрификации, ферментативной активности и другим показателям (Т.Н. Антонова, М.Т. Куприченков, С.В. Натальченко, А.В. Храпач, 2005).

Как свидетельствуют данные исследований И.А. Вольтерс и Е.Н. Журавлевой (2005), масса разложившейся целлюлозы различается в зависимости от предшественников озимой пшеницы. Наибольшая биологическая активность происходит в почве после гороха на зерно, в меньшей степени идет разложение целлюлозы после кукурузы на силос.

Н.М. Нурмухаметов, С.Н. Надежкин и И.С.Узбеков (2008) делают заключение о том, что севооборот создает более благоприятные условия для развития почвенной и прикорневой микрофлоры за счет поступления в почву свежего органического вещества. В севообороте преобладают процессы мобилизации питательных веществ, а в бессменном посеве – процессы иммобилизации.

Таким образом, сельскохозяйственные культуры оказывают различное влияние на трансформацию органического вещества и питательных веществ в почве, что необходимо учитывать при разработке севооборотов и подборе предшественников для ведущей культуры региона.

Культурные растения, возделываемые в агроландшафтах на Ставрополье, требуют для создания урожая разного количества влаги и отличаются способностью использовать ее из почвы. При подборе предшественников в севообороте важным является количество оставляемой после них влаги для последующих культур.

По данным Ставропольского НИИСХ (Н.А. Квасов, Н.А. Галушко, 2010), в зоне неустойчивого увлажнения в пахотном слое перед севом озимой пшеницы больше всего влаги содержится на чистых и занятых парах. Среди непаровых предшественников по влиянию на увлажнение почвы отличается горох, возделываемый на зерно, после которого, как правило, накапливается влаги больше, чем по кукурузе на силос и озимой пшенице.

Многолетними исследованиями отдела земледелия Прикумской опытно-селекционной станции установлено, что запасы продуктивной влаги, равные 22–25 мм, в слое почвы 0–20 см к оптимальному сроку сева озимой пше-



ницы имеют чистые пары только в 60% взятого периода в 27 лет. В остальные 40% периода запасы продуктивной влаги колеблются от 10 до 13 мм. Всходы при таких запасах влаги, без выпадения осадков после сева, появляются через 15 дней, что существенно сокращает осеннюю вегетацию.

Согласно данным, полученным А.А. Федотовым, В.Н. Крестьяниновым и Л.П. Федотовой (2005), на занятых парах необходимые запасы влаги для появления дружных всходов отмечаются только в 30% лет взятого периода, а в 50% запасы продуктивной влаги составляют 5,0–8,5 мм. В 20% лет продуктивная влага в слое почвы 0–20 см отсутствует, а всходы появляются за счет осадков, выпадающих после сева озимой пшеницы.

В условиях земледелия лесостепи Поволжья наибольшую урожайность озимая пшеница формирует в зернопаровых севооборотах за счет лучшей обеспеченности посевов влагой и элементами минерального питания. Однако очевидны экологические и энергетические издержки парования в связи с невосполнимыми потерями органического вещества почвы (А.М. Лыков, 1995; В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, Е.А. Петухов, 2005; В.И. Кирюшин, 2006).

А.А. Айтемиров, Г.Н. Гасанов, Н.Р. Магомедов (1999) отмечают, что существенного повышения влажности почвы под озимой пшеницей в условиях Западного Прикаспия после чистого пара, по сравнению с размещением ее после занятого пара, не наблюдается. В пахотном слое ее величина отклоняется, в зависимости от вида пара, по подпровинциям при отвальной обработке в среднем на 0,4% (8 м<sup>3</sup>/га), при почвозащитной – на 0,6% (10 м<sup>3</sup>/га), в слое 0,5 м – на 4,5–2,0%.

Возделываемые растения имеют различный коэффициент водопотребления. На почве, занятой растительностью, большая часть величины общего расхода воды падает на транспирацию. Величина испарения воды из почвы зависит от степени затенения ее растениями и продолжительности периода, когда вся поверхность не защищена ими. Учет всестороннего влияния различных сельскохозяйственных культур на водный режим тем важнее, чем за-

сушливее климат. Сельскохозяйственные культуры и их чередование влияют на физические свойства почвы, особенно это сказывается на структуре, строении и сложении почвы.

Среди многообразия факторов структурообразования главная роль принадлежит корням растений. Это связано с массой и развитием корней, условиями их разложения и обработкой почвы. Наибольшее влияние на структуру почвы оказывают растения с хорошо развитой корневой системой, постоянно покрывающие поверхность почвы надземными органами. Такие условия создаются под многолетней бобово-злаковой травяной смесью, у которой масса пожнивно-корневых остатков превышает урожай надземной части.

Действие однолетних трав на содержание агрономически ценных агрегатов в почве значительно ниже, чем многолетних, что обусловлено более коротким периодом вегетации.

В исследованиях Г.Р. Дорожки и Д.А. Христенко (2007) дан анализ агрегатного состава пахотного слоя почвы, который показывает, что возделывание многолетних трав в течение трёх лет положительно влияет на этот показатель плодородия. Количество агрегатов, наиболее ценных в агрономическом отношении – 1–3 мм в диаметре, в значительной степени возрастает в почве под люцерной посевной – на 12,9% и под козлятником восточным – на 9,3% по сравнению с пыреем удлинённым. В то же время количество тонкой микроструктуры размером 0,25 мм и меньше в пахотном слое снижается на 1,4% под люцерной посевной, на 1,2% – под эспарцетом песчаным, на 0,9% – под козлятником восточным и лишь на 0,4% – под пыреем удлинённым.

Среди зерновых колосовых культур большей способностью к образованию почвенной структуры обладают озимые растения, которые имеют более продолжительный период вегетации, значительно лучше развитую корневую систему и хорошо защищают почву осенью и весной от разрушающего действия атмосферных осадков и талых вод.

Пропашные культуры, кроме кукурузы, оказывают меньшее влияние на улучшение структуры почвы. Особенно слабо выражен эффект структурообразования у сахарной свеклы и картофеля, которые накапливают мало корней. В период уборки почва под ними подвергается сильному механическому воздействию, происходит распыление макроагрегатов, существенно усиливающееся при высокой или недостаточной влажности.

По сведениям В.В. Черенкова (2001), в период вегетации все культуры способствуют улучшению структуры почвы. Однако при их чередовании в севооборотах различного вида это свойство изменяется. В севооборотах с содержанием 33% зерновых колосовых наблюдается тенденция к снижению коэффициента структурности и водоустойчивости почвы под озимой пшеницей. Соответственно уменьшается количество пожнивно-корневых остатков, что связано с высоким удельным весом кукурузы в севооборотах. При насыщении севооборотов зерновыми колосовыми культурами до 65–75% коэффициент структурности почв под озимой пшеницей значительно увеличивается и улучшается водоустойчивость агрегатов.

А.И. Тивиков (2006) констатирует факт снижения глыбистой фракции в посевах озимой пшеницы, возделываемой по гороху, в сравнении с занятым паром, что и обуславливает более высокий коэффициент структурности. По предшественнику кукуруза на силос глыбистой фракции было меньше, чем по занятому пару, а микроагрегатов больше. В процессе возделывания кукурузы почва интенсивно обрабатывается: проводятся культивации, междурядные обработки и при подготовке почвы под посев озимой пшеницы целый набор мелких обработок, что и приводит к формированию в большем количестве пылевидной фракции.

Кроме того, И.А. Вольтерс (2006) установлено, что водопрочность структуры почвы изменяется по предшественникам в зависимости от фазы развития озимой пшеницы. В фазу кущения наибольшее количество водопрочных агрегатов наблюдается после кукурузы на силос – 76,3%, что соот-

ветствует отличной водопрочности структуры. По гороху и занятому пару – 36,7 и 43%, что говорит об удовлетворительной водопрочности структуры почвы. Структура почвы изменяется на фоне различной обработки почвы после предшественников.

Приведенные выше данные подтвердились результатами исследований, полученными в дальнейшем на этих опытах (И.А. Вольтерс, А.И. Тивиков, 2005; И.А. Вольтерс, Е.Н. Журавлева, 2007).

Необходимость чередования сельскохозяйственных культур давно установлена практикой земледелия. В настоящее время общеизвестно, что растения в процессе жизнедеятельности выделяют в почву от 30 до 50% ассимилированных органических веществ, которые накапливаются в почве и наряду с другими факторами являются причинами так называемого почвоутомления. Возделывание культуры на одном и том же месте ведет к ухудшению фито-санитарной обстановки в посевах, накоплению вредителей и болезней. В таких условиях задачу повышения урожайности и качества производимой продукции можно решать путем более широкого использования земледелия на биологической основе: севооборотов с включением многолетних и однолетних бобовых культур, органических удобрений (включая запарку соломы), применение зеленых удобрений, культивирование промежуточных посевов и др. (А.В. Захаренко, 2000; Г.И. Баздырев, 2002).

Доказано, что наиболее эффективно сдерживает массовое размножение отдельных видов вредных организмов разнообразие флоры и фауны, а именно – агрофитоценоз, т.е. соблюдение севооборотов и правильный выбор агротехнических приемов. Логичнее и целесообразнее создавать профилактические условия, ограничивающие развитие вредных видов и естественно регулирующие их численность или распространение. Это позволит существовать открытой системе, рассчитанной на экологичную технологию.

Г.Н. Черкасовым и И.В. Дудкиным (2010) установлено, что севооборот сужает видовой состав сорняков. Значительное влияние на засоренность по-

севопов оказываает вид севоповорота. В среднем за годы исследований (1996–2000) наибольшая численность сорняков была отмечена авторами в зерно-пропашном севоповороте, наименьшая – в зернотравяном. Зернопаропропашной севоповорот занимал промежуточное положение.

В опытах ВНИИЗиЗПЭ введение в трех полях пятипольного зернопропашного севоповорота пожнивных культур (горохоовсяная смесь) снижало как количество, так, в большинстве случаев, и массу сорняков. Такой эффект промежуточных культур сильнее проявлялся в отношении многолетних сорных растений, чем в отношении малолетних.

По данным Ставропольского НИИСХ (Л.С. Хомко, Б.П. Гончаров, 1986), культуры севоповорота засоряются определенными биологическими группами сорняков. На пропашных наблюдаются поздние яровые сорняки (217–188 шт./м<sup>2</sup>) и несколько меньше ранних (162–166 шт./м<sup>2</sup>). На озимой пшенице, наоборот, насчитывается больше ранних, чем поздних сорняков, а также в два раза увеличивается количество всходов зимующих сорняков в сравнении с пропашными культурами.

Возделываемые культуры имеют разную биологическую способность противостоять сорным растениям. Сильнее засоряются и подавляются сорняками культуры с медленным ростом в первый период после посева, а также с менее развитой надземной частью и слабыми корнями.

В опытах Ставропольского ГАУ Г.Р. Дорожко, О.И. Власовой, В.М. Передериевой (1996) установлено, что озимая пшеница в бессменных посевах менее конкурентоспособна, так как подавляет сорняки всего на 18%, по кукурузе на силос – на 22%, по занятому пару – на 28%.

На факт влияния конкурентоспособности культурных растений в подавлении сорной растительности указывают также работа Н.И. Придворева, В.В. Верзилина и Е.А. Сидякова (2008).

В большей степени задачам подавления сорных растений в исследованиях А.А. Асмус, М.И. Подсевалова, В.И. Михлеева (2007) отвечали звенья

севооборотов с чистым и сидеральным парами. Наименьшее количество сорняков было отмечено в посевах по чистому пару – 21,2...24,3 шт./м<sup>2</sup> при массе 39...40,7 г/м<sup>2</sup> соответственно первому и второму фонам удобрений. При этом авторы отмечают эффективную сороочищающую роль сидерального пара, где засоренность посевов озимой пшеницы в среднем за 2003–2006 гг. составила 36...36,6 шт./м<sup>2</sup>, при массе сорняков 52...54 г/м<sup>2</sup>. В посевах озимой пшеницы по занятым парам отмечалось увеличение численности и массы сорных растений.

Исследования М.Б. Батуевой и А.П. Батудаева (2007) в различных севооборотах позволили прийти к следующим выводам: меньше всего сорняков было в севообороте с занятым сидеральным паром и однолетними травами. Севооборот с чистым паром лучше справлялся с корнеотпрысковыми сорняками, но был очень засорен малолетними растениями. Севооборот с горохом на зерно характеризовался самым высоким засорением многолетними растениями и очень малым количеством однолетних злаковых сорняков. При чередовании же зерновых культур с кукурузой и многолетними травами посевы первой и второй зерновых культур после пропашных и многолетних трав отличались значительным количеством многолетних сорных растений, превышавших засоренность даже бессменной пшеницы. В зернопропашном севообороте отмечался обеднённый видовой состав и самое низкое количество сорных растений.

Таким образом, в севообороте борьба с сорняками осуществляется за счет чередования культур, слабо и сильно угнетающих сорняки, пропашных и сплошного посева; озимых и яровых позднего и раннего сроков сева. В результате чередование культур в севообороте в сочетании с системой обработки почвы и уходом за растениями может быть эффективным средством борьбы с сорняками.

Фитосанитарная роль севооборота в условиях биологизации земледелия приобретает всё большее значение в связи с тем, что происходит накопление вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур.

Для улучшения санитарного состояния почвы необходимо избегать или ограничивать повторные посевы поражаемых культур, вводить в севооборот фитосанитарные культуры, при возделывании которых быстрее разлагаются растительные остатки предыдущих культур, пораженные грибами (С.А. Воробьев, 1979).

В.А. Чулкина и др. (2000) отмечают, что при введении в севообороты фитосанитарных предшественников достигается существенное оздоровление почв от почвенных вредных организмов, особенно возбудителей корневых гнилей. Наиболее эффективно почву от возбудителя гельминтоспориозной корневой гнили очищают соя и рапс, а от овсяной цистообразующей нематоды – многолетние бобовые травы. Паровые предшественники улучшают фитосанитарное состояние почв в результате минерализации инфицированных растительных остатков и прямой гибели пропагул в почве. Паровое поле – эффективный предшественник в снижении развития фузариозов.

Аналогичные данные приводит и Е.Н. Журавлева (2002). Наилучшим предшественником в фитосанитарном отношении оказался занятый пар, на 29% в среднем снижая засоренность посевов по сравнению с кукурузой на силос.

В опытах, проведенных в Ставропольском крае А.А. Гавриловым и другими (2006), доказано, что пораженность озимой пшеницы корневыми гнилями наиболее сильно проявляется по парозанимающим предшественникам, включающим как компонент озимую пшеницу. По вико-пшеничной смеси развитие болезни составляет 21,6%, а по другим предшественникам, и, в особенности по эспарцету, люцерне, гороху пораженность этим заболеванием становится намного ниже – 12,6–14,4%.

Как отмечают ученые Ульяновской ГСХА, при зерновой монокультуре неизбежно нарастание патогенной микробиоты. Выявлен возбудитель корневой гнили пшеницы, ячменя и ржи – *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker. Распространенность и развитие болезни зерновых ослабляется и сдерживается благодаря включению в севооборот зернобобовых культур, овса и чистого пара. Установлено заражение зернобобовых культур корневыми гнилями. Наиболее высокой патогенностью обладал гриб *Aphanomyces euteiches* Driehs. Для защиты гороха от указанных фитопатогенов концентрация его посевов в севооборотах не должна превышать 20%. Паразитизм фитопатогенных грибов по отношению к продуценту-хозяину ослабляет конкурентоспособность культурных растений в агрофитоценозах, что сопровождается возрастанием засоренности посевов (В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, Е.А. Петухов, 2005).

Для зерновых колосовых культур из вредителей наиболее опасны хлебная жужелица, хлебный пилильщик, шведская и гессенская мухи, клоп-вредная черепашка, злаковые тли, пшеничный трипс и другие. Приемы агротехники, направленные на создание оптимальных условий для роста и развития главной продовольственной зерновой культуры Ставрополя – озимой пшеницы, меняют в ее агроценозе микроклиматические условия, которые оказывают заметное влияние на развитие и распространение фитофагов и их естественных врагов – энтомофагов. Заметное влияние на численность популяции пшеничного трипса и злаковых тлей оказывают предшественники озимой пшеницы. В фазу выхода в трубку озимой пшеницы численность трипса и тлей составляет соответственно от 1210 до 1680 и от 1008 до 1261 экз./м<sup>2</sup> (А.В. Кожевников и др., 2009).

Таким образом, при разработке севооборотов сельскохозяйственные растения необходимо рассматривать не только как объекты, требующие удовлетворения в факторах жизни, но и оказывающие многостороннее экологическое воздействие на почву и другие элементы окружающей среды.



По мнению А.В. Удалова (2005), при оценке энергетических затрат и нагрузки на агроландшафты необходимо учитывать роль предшественников как основного фактора, влияющего на объем и интенсивность технологических операций и на продуктивность агрофитоценозов. Несмотря на большое количество проблем в растениеводстве, важнейшей по-прежнему остается проблема управления процессом формирования урожая сельскохозяйственных культур путем учета степени влияния на этот процесс метеоусловий и особенностей технологий выращивания, определяемых предшественником. Решение этой проблемы позволило бы получить наилучшие результаты с учетом заданного уровня расходования ресурсов и выполнения ряда ограничений, связанных с сохранением почвенного плодородия и защитой окружающей среды.

По данным ученых Донского ГАУ, наилучшими продуктивными и морфологическими показателями обладают агрофитоценозы, сформированные по занятым и сидеральным парам, кукурузе на силос. Наиболее низкие показатели отмечены в агрофитоценозе, сформированном после озимой пшеницы и проса (Н.А. Зеленский и др., 2007).

Исследования, проведенные с 1978 по 2003 г. на станции Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко, показали, что в зависимости от предшественников растения озимой пшеницы находились в разных условиях по обеспеченности влагой и питательными веществами. Сочетания этих факторов, как правило, лучше складывались после пара, занятого эспарцетом, хуже после поздноубираемых пропашных культур.

Соответственно различалась и величина урожая. Так, в третьей ротации севооборота урожайность пшеницы по эспарцету достигла 5,55 т/га, гороху – 4,68–5,31, озимой пшенице – 3,72–4,08, сахарной свёкле – 3,18–3,4, по кукурузе – 2,52 т/га. Существенное повышение урожая зерна пшеницы после гороха свидетельствует о значительной роли симбиотического азота в повышении плодородия почвы. Если во второй ротации севооборота урожайность

озимой пшеницы в среднем увеличилась на 17,4–24,7%, то в третьей – на 37,4–43,7% (С.И. Баршадская, К.Ф. Мигуля, Н.К. Чеботарева, 2005). С 1973 г. в стационарном полевом опыте Краснодарского НИИ сельского хозяйства имени П.П. Лукьяненко, заложенном профессором Н.Г. Малюгой, изучается зернопропашной и зернотравопропашной севообороты с различными системами минеральных удобрений. Многолетними исследованиями подтверждается преимущество севооборотов в сравнении с бессменными посевами озимой пшеницы и кукурузы. Так, при монокультуре без удобрений было получено 3,55 т/га зерна кукурузы, а в севообороте – на 1,05 т/га больше.

На основании исследований для центральной зоны края рекомендуются зернотравопропашные севообороты, в структуре посевных площадей которых 60% занимают зерновые и зернобобовые, 20% – технические и 20% – кормовые культуры. Их внедрение открывает широкие возможности в области моделирования структуры и состава фитоценозов агроэкосистем и повышения их эффективности (В.К. Бугаевский и др., 2005).

Урожайность озимой пшеницы и качество зерна, полученного в стационарном опыте СтГАУ в течение 1993–1997 гг., свидетельствует о том, что только от предшественников по сравнению с бессменными посевами урожайность возрастает на 45,8–92,2%, т.е. это лишний раз подтверждает, что в полеводстве должны культивироваться научно обоснованные севообороты. Некоторые фермеры, имея ограниченные возможности в наборе техники, приобретении семян, удобрений, средств защиты растений, прибегают к повторным и бессменным посевам. А это обязательно приведет к снижению урожая и его качества. Рынок же требует не просто зерно, а зерно качественное (Г.Р. Дорожко, В.М. Передериева, О.И. Власова, 2000).

Исследованиями 2002–2005 гг. института земледелия Украинской академии аграрных наук (П.И. Бойко и Н.П. Коваленко, 2005) показано, что в условиях лесостепной зоны лучшим предшественником для получения высокого урожая зерна пшеницы хорошего качества являются такие предшест-

венники, как одно- и многолетние травы, занятые пары, зернобобовые и раноубираемые пропашные на силос (средняя урожайность 35,6–42,1 ц/га, содержание белка 13,3–16,9%, клейковины – 31,8–33,7%).

В.К. Бугаевский и соавт. (2005) отмечают, что в условиях Краснодарского края в зернопропашном севообороте на неудобренном фоне урожайность озимой пшеницы сорта Безостая-1 по таким предшественникам, как озимая пшеница, сахарная свекла, существенно не различалась (2,8–2,9 т/га), а по подсолнечнику была наименьшей – 2,4 т/га. В зернотравянопропашном севообороте благодаря посевам люцерны она повысилась на 0,33 т/га.

П.А. Постников (2010) приводит данные о том, что в среднем за пять лет исследований минимальные показатели по энергоёмкости продукции получены в зернотравяном севообороте, насыщенном многолетними травами до 40%. Замена чистого пара сидеральным способствовала снижению затрат энергии на одну кормовую единицу на 14%.

Опыт по совершенствованию элементов технологии возделывания озимой пшеницы проводили в 2002–2004 гг. в ОПХ им. Калинина Павловского района, расположенного в северной зоне Краснодарского края.

Исследования показали, что урожайность и содержание белка в зерне озимой пшеницы зависели от изучаемых фонов минерального питания и предшествующей культуры. По одной из лучших для озимой пшеницы предшествующей культуре – гороху – в исследованиях получена урожайность 6,32–6,85 т/га (П.П. Васюков, Г.В. Чуварлеев, В.И. Цыганков, 2006).

В среднем за 1998–2004 гг. урожайность зелёной массы на парах достигла 88,0 т/га, вследствие чего на 1 га осталось 8,9 тонны сухого органического вещества. Продуктивность озимой пшеницы по сидеральному пару без внесения минеральных удобрений была на 11–12% выше, чем по занятому без NPK, и на 7% выше, чем по удобренному занятому пару.

На основании проведенных исследований А.Ю. Акимов (2005) констатирует, что в среднем за 2001–2004 гг. при биологической технологии в зерне

озимой пшеницы, посеянной по клеверу, содержалось 25,2% клейковины, по чёрному и сидеральному парам – 25,7, по занятому – 26,8%, а при использовании традиционной технологии – соответственно 26,8; 27,6; 27,4 и 26,8%.

В рыночных условиях, когда внесение минеральных удобрений и навоза связано с большими затратами, использование элементов биологизации позволяет получать устойчивые урожаи зерна.

В исследованиях В.А. Цыбульникова и С.В. Панчихина (2009) выявлено преимущество сои как лучшего предшественника озимой пшеницы, что подтверждено полученными урожаями последней. В среднем за 2004–2007 гг. в хозяйствах агрообъединения «Кубань» урожайность зерна озимой пшеницы составила: по многолетним травам (люцерна) – 66,7 ц/га (на 1290 га), по сое – 64,2 ц/га (на 5102 га), по сахарной свёкле – 61,9 ц/га (на 2438 га), по кукурузе на силос – 58,6 ц/га (на 1937 га), по подсолнечнику – 58,3 ц/га (на 4101 га).

На экспериментальной базе «Жодино» в зерновом севообороте, где в отдельных полях зерновые размещались по неблагоприятным колосовым предшественникам, применением полной химической защиты удалось повысить урожайность зерновых с 42,3 до 47,4 ц/га, в то время как в плодосменном севообороте с размещением зерновых только по хорошим предшественникам (бобовым, пропашным) такая же урожайность (47,6 ц/га) получена без применения химических средств защиты. Одновременно использование химической защиты в плодосменном севообороте дало возможность довести урожай до 53,7 ц/га. Применение химических средств обеспечило прибавку урожая зерна на 5,1–5,2 ц/га, а от хорошего предшественника без каких бы то ни было материальных затрат прибавка составила 6,2–7,9 ц/га (П.П. Никончик, 2000).

В последние годы значительно возросла роль земледелия как экспериментально-прикладной, зональной науки с использованием практического опыта в борьбе с сорняками, разработки влаго- и энергосберегающих приемов и способов обработки почвы и их комплексного применения, культиви-

рование наиболее активно использующих плодородие почв культур, размещая их по наиболее эффективным предшественникам.

По широте и разнообразию действия на почву и растения среди агрономических мероприятий севооборот не имеет себе равных. Влияние его распространяется на все стороны жизни растений и на процессы в почве. Культивирование рационального севооборота значительно повышает плодородие почвы и повышает урожайность и качество возделываемых сельскохозяйственных культур (Энергосберегающие, почвозащитные системы земледелия Ставропольского края, 2007).

## **1.2. Управление сорным компонентом агроценозов сельскохозяйственных культур**

Из практики земледелия известно, что сорные растения являются обязательным компонентом практически всех полевых агрофитоценозов. Огромные потенциальные запасы в почве семян и органов размножения сорняков являются одним из основных биоценологических приспособлений сеgetальной флоры для сохранения стабильности в агроценозах. Результаты исследований, выполненных в России в начале века до 30-х годов, свидетельствуют, что засоренность посевов являлась одной из основных причин низких урожаев зерновых культур (А.С. Мальцев, 1931). Не решена проблема эффективного регулирующего воздействия на сорный компонент и до настоящего времени (А.И. Пупонин, В.А. Захаренко, 1998).

Первые исследования в России по изучению вредоносности сорных растений относятся к началу прошлого века (А.И. Мальцев, 1931). По его определению, к сорнякам относятся те виды, которые «...помимо воли земледельца обитают на пашне и приспособились экологически и биологически к пашенным условиям и к произрастанию совместно с культурными растениями».

Затем, согласно традиционным взглядам, в практике и теории земледелия популяции сорных растений воспринимались как чуждый и посторонний

компонент посевов сельскохозяйственных культур. И это несмотря на классические работы, в которых был заложен научный фундамент учения о полевых растительных сообществах, или агрофитоценозах (В.П. Струве, 1926; В.Н. Сукачев, 1926; Н.Ф. Деревицкий, 1947; С.И. Чернобривенко, 1956).

А.А. Гроссгейм (1948) относил к сорнякам растения, сформировавшие вторичные растительные ценозы на землях, подверженных хозяйственной деятельности человека. В.Р. Вильямс (1949) считал сорным всякое растение, не соответствующее целям культуры.

В последующие годы интерес к изучению сорных растений значительно ослабел, и лишь со второй половины прошлого века вопросы вредоносности сорных растений начали вновь привлекать к себе внимание ученых и специалистов по различным аспектам борьбы с сорняками.

Прежде всего, широкое применение гербицидов не только не решило проблему борьбы с сорняками, но, напротив, значительно обострило ее. Изменился флористический состав сорняков в посевах, возросло обилие устойчивых видов и появились резистентные популяции многих сорняков, что сопровождалось последовательным снижением эффективности применяемых препаратов (Г.С. Груздев, 1980; В.А. Захаренко, 1980; А.Ф. Zubkov, 1995).

Сорные растения – самостоятельная экологическая группа растительного происхождения. Источником сорной растительности является естественная растительность. Выделение из естественной растительности сорной протекало под действием естественного отбора. В результате этого многие представители сорных растений меняли биологические особенности и приближались к культурным растениям. Эти изменения проходили под влиянием условий окружающей среды. Сорняки нуждаются в тех же факторах жизни, что и культурные растения. Поэтому они являются сильными конкурентами культурных растений и резко снижают урожай (Э.Д. Адиньяев, Н.Л. Адаев, 2006; J.P. Caussanel, 1986).

Популяции сорных растений практически повсеместно присутствуют в структуре агроценозов, образуя в совокупности сорный компонент со специфическим для каждого поля видовым составом и численностью отдельных видов сорняков, а также потенциальным запасом в почве их семян и органов вегетативного размножения. Сформировавшиеся в процессе многовековой истории земледелия современные популяции сорных растений приобрели комплекс хорошо известных свойств, позволяющих им успешно противостоять интенсивному антропогенному воздействию. Следовательно, место сорного компонента в структуре агрофитоценоза определено естественными средообразующими законами (А.И. Пупонин, В.А. Захаренко, 1998).

По данным А.С. Туганаева и др. (2006), на Золотаревском городище – археологическом памятнике начала XIII в., расположенном на территории Пензенского Поволжья, в почве было обнаружено 44 семени сорных видов на 3084 зерновок и семян культурных растений – довольно высокий показатель засоренности посевного материала. Но в палеоэтноботанических материалах других памятников Волжской Булгарии и Среднего Предуралья содержание семян сорных растений было ещё более высоким (300 и более на 1000 плодов и семян культурных растений).

В Ставропольском крае насчитывается около 400 видов сорно-полевой растительности из 20 семейств. Для каждой почвенно-климатической зоны характерна своеобразная сорная растительность, которая в силу своих ботанических свойств и биологических особенностей приспособилась к произрастанию в тех или иных условиях.

Несмотря на применение совершенных методов борьбы с сорной растительностью, засоренность посевов остается достаточно большой. Так, в юго-западном регионе края на 100 выращиваемых растений приходится около 150 видов сорных растений.

Биологические особенности и экология основных видов сорных видов в Ставропольском крае изучена достаточно подробно, однако при тенденции

к минимализации обработки почвы происходит постепенная смена видового состава в сторону увеличения доли однодольных сорных растений, широкое распространения получают многолетние виды, которые обладают высокой вредоносностью, многие из них требуют более подробного изучения.

Согласно традиционным взглядам, в теории и практике земледелия популяции сорных растений воспринимались обычно как чуждый и посторонний компонент посевов сельскохозяйственных культур (R. Cousens, 1987).

В современном земледелии идет смена концепции о понимании роли сорных растений в агроэкосистемах и отношении к ним. Концепция, центром которой являлось «уничтожение», «искоренение», сменяется концепцией регулирования и управления численностью сорных растений (K. Hurlle, 1993). Основанием для такого развития системы оказывается не только угроза всё большего загрязнения агроэкосистем гербицидами, но и соображения о том, что сорные растения представляют собой опасность не своим видовым разнообразием или наличием в посевах, а высокой численностью. Поэтому вместо дорогостоящего и фактически нереального уничтожения сорняков экономически более целесообразно не допускать их массового разрастания и снижать их численность до безопасного уровня (J. Krzymuski, J. Rola, H. Rola, K. Filipiak, 1988).

По мнению А.И. Пупониной и В.А. Захаренко (1998), система управления сорным компонентом агрофитоценоза направлена на обеспечение безусловной эдификаторной роли культурного компонента агрофитоценоза в присутствии незначительного количества сорных растений, не оказывающих заметного влияния или стимулирующих рост и развитие культурного компонента за счет «обоюдно-положительных» аллелопатических взаимоотношений между ними.

Большое значение имеет учет биологических и агроэкологических особенностей сорных растений, механизма формирования агрофитоценоза как фактора повышения конкурентной способности культурных растений. Пер-



востепенное внимание в регулировании засоренности посевов уделяется агротехническим, фитоценотическим (Ю.А. Одум, 1986; J.P. Caussanel, 1989), экологическим методам снижения численности и вредоносности сорных растений (А.А. Жученко, 1997; Г.С. Груздев, 1980; О.И. Власова, В.М. Передериева, Л.А. Перкова, 2009; D. Wittouck, K. Boone, S. Bulcke et al., 2001; S. Kuhne, M. Jahn, M. Wick, H. Beer, 2001; G. Rahmann, 2011), а также научно обоснованному чередованию культур в севооборотах, обработке почвы, уходу за посевами, подбору сортов и гибридов, проведению агротехнических мероприятий в оптимальные сроки и с хорошим качеством с соблюдением всех технологических требований с целью формирования мощного выровненного высокопродуктивного стеблестоя культурных растений. Все они направлены на то, чтобы повышать конкурентоспособность культур и усилить фитоценотическое давление на сорный компонент.

Сорные растения, входящие в состав агрофитоценоза как один из компонентов, формируют так называемое сегетальное сообщество, которое в определенной мере независимо от культурных компонентов агрофитоценоза, так как организовано банками семян и вегетативных зачатков, сохраняющихся в почве. Количественная представленность и соотношение вклада разных видов в сегетальное сообщество определяется комплексом факторов: биологическими особенностями самих сорных растений, погодой, фазой ротации севооборота, интенсивностью контроля (Б.М. Миркин, 1986; А.М. Гродзинский, 1990; А.А. Жученко, 1994, 1997; F. Maykuhs, 1985; E.J.P. Marshall, 1987; L.R. Oliver, 1988; R. Gerhards, 1997; J.L. Lindquist, 2001).

В работах Г.И. Баздырева (1982), В.Н. Доброхотова (1961), А.М. Алиева и В.Ф. Ладонина (1995) приводятся данные о высокой плодовитости семян сорных растений, так, в каждой корзинке горчака розового, число которых на одном растении может достигать 700, развивается от 2 до 26 жизнеспособных семян.

Г.С. Зиганшина (1986) и С.А. Воробьев (1979) приводят данные о высокой жизнеспособности семян, например, семена горца вьюнкового, горчицы полевой, фиалки полевой не теряют всхожести 10 лет, бодяка полевого – 20, пастушьей сумки – 35, мари белой – 38, щирицы запрокинутой – 40, вьюнка полевого – 50 лет.

У многих видов сорных растений незрелые семена при благоприятных условиях способны достигать биологической зрелости и затем длительно сохранять свою жизнеспособность (А.В. Воеводин, 1981; А.И. Фисюнов, 1984; А.А. Бабич, В.П. Борона, 1986; Ю.И. Дубов, В.И. Бибиксарова, 1986; R.J. Snaniforth, P.V. Cavers, 1979; V. McCarthy, N. Culleton, 1987; V.D. Maxwell, C.T. Colliver, 1995).

Сорняки способствуют размножению вредителей и распространению болезней растений. На листьях вьюнка полевого, лебеды и осота откладывает яйца озимая совка. На многих сорняках свободно паразитирует зарази́ха и повилика, которые потом переходят на культурные растения. На пырее встречается ржавчина, поражающая озимую пшеницу. Осот полевой служит передатчиком клеверного рака и хозяином ложномучнистой росы (Н.Е. Воробьев, 1973).

Сорняки, имея мощную, глубоко проникающую корневую систему (у овсяга – до 2 м, бодяка полевого – 7, донника – 5,5 м), лучше приспособляются к условиям жизни, потребляют воды и питательных веществ в 1,5–3 раза больше, чем культурные растения. Например, на образование 1 т сухого вещества озимая пшеница расходует 400 т воды, кукуруза – 360, сорго – 300, просо – 200 т, в то время как ярутка полевая – 1000 т, пырей – 1700, лебеда – 801, амброзия – 950 т воды. Совершенно очевидно, что на поле без сорняков культуры легче переносят засуху (Ю.Я. Спиридонов, 2004).

А.М. Шпанев (2009) установил, что транспирационный коэффициент у сорных растений, как правило, выше по сравнению с культурными. Для создания 1 кг сухого вещества кукуруза потребляет из почвы 250...400 л воды,

просо – 200...300, лен – 400...430, пшеница – 460...510, овес – 600, а марь белая, щирица, бодяк – 800...1200 л, горчица полевая – 870...900, пырей ползучий – 1100...1200 л воды, или в 3–4 раза больше. Такое расходование влаги губительно для культурных растений, особенно в засушливые периоды, когда сорняки сильно иссушают почву. Даже в зонах, характеризующихся достаточной обеспеченностью влагой, такая потеря ее представляет реальную опасность для посевов.

Аналогичная картина наблюдается и с расходом питательных веществ. Бодяк полевой выносит из почвы азота в 1,5 и фосфора в 3 раза больше, чем пшеница.

По данным А.И. Пупонина и В.А. Захаренко (1998), при существующем уровне засоренности посевов сорняки выносят из почвы в среднем 16 млн т питательных веществ. Обладая большой пластичностью, они лучше приспосабливаются к условиям обитания, развивая мощную корневую систему, и уже к середине вегетационного периода выносят до 291 кг/га азота, фосфора и калия.

Г.Н. Никонова и М.В. Никонов (2008) приводят данные о зависимости выноса питательных веществ от накопления биомассы сорных растений в посевах озимого рапса. Причем максимальное количество питательных веществ извлекали многолетние виды.

О.В. Мельникова (2008) определила, что в условиях Брянской области наибольшим выносом фосфора характеризовалась ромашка непахучая, марь белая, щетинник сизый и просо куриное, серы и магнолия – бодяк полевой, кремния – просо куриное и пырей ползучий.

В работах Г.И. Баздырева (1983), Н.Н. Дзюбенко и Л.И. Крупы (1983), И.Н. Листопадова и И.М. Шапошникова (1984), А.А. Бабича и В.П. Бороны (1986), М.С. Раскина (1995) освещены вопросы по выносу питательных веществ и влаги сорняками.

По данным Н. Косолап (2008), высокорослые сорняки в посевах сахарной свеклы начиная с 4–5 недели резко ограничивают поступление солнечного света к культуре, что отрицательно сказывается на ее продуктивности, даже при уровне присутствия сорняков 1 шт./м<sup>2</sup>. Затенение почвы приводит к снижению ее температуры на 1...4°C, а понижение на 1 градус температуры поверхностного слоя почвы толщиной 10 см равняется перемещению данного участка на 100 км севернее.

Вместе с тем необходимо учитывать, что сорные растения являются частью растительных сообществ и как элемент фитоценоза оказывают определенное влияние на окружающую среду.

Взаимодействие и взаимное влияние компонентов растительных сообществ, как естественных, так и культурных, издавна привлекает внимание ученых и практиков. Эта проблема является исключительно важной в научном и практическом аспектах и, несмотря на ее древность, не только не теряет актуальности, но и приобретает в настоящее время особую остроту в связи с широким внедрением в практику земледелия минимальной обработки почвы и прямого посева, смешанных посевов различных культур и сортов, с разработкой механизмов управления сорным компонентом агрофитоценозов (В.М. Передериева, Д.А. Ткаченко, 2005; О.И. Власова, В.М. Передериева, А.В. Иващенко, 2009; Г.Р. Дорожко, О.И. Власова, В.М. Передериева, 2011; В. Freier, В. Pallutt, М. Hommes, 1994).

В состав агрофитоценоза, помимо высеваемого человеком культурного растения, входят независимо от желания человека и часто вопреки этому желанию сорные растения. Агрофитоценоз, равно как и любой другой фитоценоз, – форма совместного существования растительных организмов, содержанием которого являются те сложные биоценотические отношения, которые связывают между собою все компоненты в единую саморегулирующуюся и развивающуюся в пространстве и во времени систему.

Главенствующее значение в формировании сорной флоры агрофитоценозов имеет экологический режим местообитания сорняков, обусловленный деятельностью человека, а также фитоценоотическими взаимоотношениями сорных растений с культурными (Г.И. Баздырев, 2002)

Исходные параметры агрофитоценоза в значительной мере формирует человек путем выбора элементов технологии высеваемых культур. Б.М. Миркин (1990) считает, что «...сорняки специализировались... по их устойчивости к используемой системе борьбы с ними».

Роль вклада разных факторов в самоорганизацию агрофитоценоза понимается по-разному. Наряду с признанием конкуренции как соревнования за потребление ресурсов (Т.А. Работнов, 1983, 1985, 1987; D. Moogmann, 1994; A. Onofri, F. Tei, 1994; A.J. McDonald, S.J. Riha, 1999) многими исследователями в качестве главного или хотя бы существенного фактора организации агрофитоценозов указывается аллелопатия (Э. Райс, 1965; D. Bell, 1970; C. Muller, 1970; А.М. Гродзинский, 1990; О.И. Власова, Е.В. Дьяковская, 2007; В.М. Передериева, Д.А. Ткаченко, О.Б. Алтунина, 2008). Однако остается невыясненным вопрос о степени аллелопатического влияния на культурное растение однодольных и двудольных сорных растений.

И.Б. Сорокин (2008) считает, что сорные растения являются естественными компонентами биоценозов, несущими функции поддержания их биоразнообразия и устойчивости. Сорняки с глубоко проникающей корневой системой мобилизуют из глубинных горизонтов почвы элементы питания, которые загрязняют грунтовые воды. А в пахотном горизонте после разложения растительной массы они становятся доступными культурным растениям. Многие цветущие виды сорняков в агроценозе поддерживают численность и видовое разнообразие энтомофагов, которые в свою очередь регулируют численность вредителей культурных растений. Съедобные и лекарственные виды сорняков в посевах кормовых культур вносят свой вклад в количественный и качественный состав кормов. В посевах сидеральных куль-

тур доля сорняков в накоплении растительного органического вещества доходит до 30–50%.

По данным В.А. Гульшиной (2007), растения семейства амарантовых, к числу которых принадлежат и некоторые виды сорных растений, обладают антиоксидантными свойствами, в их составе содержатся пектины, обладающие детоксицирующими, радиопротекторными, антибактериальными свойствами, и летучие вещества, обладающие аллелопатическими свойствами. Такого же мнения придерживается F. Einhelling и I. Rasmussen (2003).

Природные механизмы, для создания устойчивой системы, направлены на сокращение числа культурных растений за счет распространения сорных. Интенсивность конкурентных отношений между культурным и сорным компонентами агрофитоценоза во многом зависит от биологических особенностей видов, образующих агрофитоценоз. Сильным конкурентным воздействием характеризуются виды сорняков, имеющие экологическую общность с культурными растениями (А.В. Захаренко, 2000; J.T. O'Donovan, R.E. Blackshaw, 1997).

Одной из форм взаимодействия растений в растительных ценозах является аллелопатия – круговорот физиологически активных веществ (колинов), которые играют роль регулятора внутренних и внешних взаимоотношений, возобновления, развития и смены растительного покрова в биогеоценозе (А.М. Гродзинский, 1987; R.L. Anderson, D.J. Lyon, S.D. Miller, P.W. Stahlman, F.E. Northam, G.A. Wicks, 2000).

В агрофитоценозе донорами физиологически активных веществ могут быть как культурные, так и сорные растения. Самое существенное в явлениях аллелопатии то, что ее эффект зависит от химического соединения, выделяемого аллелопатическим агентом в среду. По мнению Э. Райса (1978), аллелопатия отличается от конкуренции, при которой происходит полное или частичное изъятие из среды некоторого фактора, необходимого другому рас-

тению в том же местообитании. Аллелопатическая активность многих сорных растений достаточно велика (В.П. Иванов, 1973; А.В. Захаренко, 2000).

Одним из основных видов интерференции (взаимоотношений) растений является конкуренция – борьба за свет, влагу и питательные вещества. Химическая интерференция – аллелопатия (вид взаимоотношений между растениями) – происходит через химические вещества, выделенные растением или его остатками.

Так, по данным В.М. Передериевой, О.И. Власовой и А.П. Шутко (2011), высокую аллелопатическую активность по отношению к тестируемому объекту проявляет плевел опьяняющий (*Lolium temulentum L.*) и особенно экстракты, полученные из надземной части, под воздействием которых лабораторная всхожесть семян пшеницы снижается на 36% по сравнению с контролем. Аллелопатическая агрессивность проявляется и путем воздействия вытяжек из почвы ризосферы, что приводит к снижению лабораторной всхожести семян на 19%. Экстракты из корней плевела опьяняющего также отрицательно влияют на прорастание семян биотеста, хотя это влияние менее выражено, но их вкладом в общий аллелопатический потенциал нельзя пренебрегать. Вытяжка из надземной части овсяга обыкновенного (*Avena fatua L.*) уменьшает лабораторную всхожесть семян озимой пшеницы на 28%. В то же время на почве, взятой из ризосферы, данный показатель снижается всего на 7% по отношению к контролю. Очевидно, в данном случае физиолого-биохимические процессы, происходящие в почве ризосферы, деятельность почвенной биоты и другие факторы снижают аллелопатическую агрессивность.

В.Я. Марьюшкина (1983), проводя серию опытов по влиянию сельскохозяйственных культур на рост и развитие амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia L.*), выяснила, что искусственно созданный травостой из бромопсиса безостого и эспарцета песчаного способствует сильному угне-

тению сорняка, причем доказано аллелопатическое влияние ингибирующего процессы роста и развития амброзии.

Несколько позже проводили опыты с амброзией полыннолистной Т.Н. Глубшева и Е.Н. Карпушина (2009). Изучение концентрации настоев амброзии полыннолистной в аллелопатическом эффекте показали, что при увеличении концентрации с 1 до 10% значительно угнетаются проростки семян горчицы. Энергия прорастания снижается от 6 до 96%, всхожесть – от 7 до 100%.

Вместе с тем, Л.Ю. Гончарова, Е.М. Комарова, Н.Г. Сурова (2006) указывают на различный характер действия культурных растений на амброзию. Они определили, что, несмотря на то что амброзия обладает высокой аллелопатической активностью, она эффективно подавляется мозаичными агроценозами, в то время как в агроценозах другой горизонтальной структуры и чистых посевах находит более благоприятные для себя условия. Отдельные растительные компоненты мозаичных агроценозов эффективно угнетают рост и развитие амброзии полыннолистной. Так, кострец безостый угнетает на 40,4–52,0%, лядвенец рогатый на 36,0–37,3%, люцерна желтая на 35,0–52,0%. На ранних стадиях развития амброзии больше всех её угнетал житняк гребневидный – на 57,3%–58,4%. Итогом этих взаимоотношений является снижение доли её участия в агроценозе, вплоть до полного выпадения амброзии. Таким образом, авторы считают мозаичный способ посева эффективным экологофитоценотическим методом борьбы с сегетальной растительностью.

В ходе исследований Н.О. Симагиным и Н.В. Глумовым (2008) было установлено, что общее содержание фенольных соединений у наиболее аллелопатически активных видов галофитных сообществ *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. составило 1260 мг/100 г, *Artemisia santonica* L. – 5410 мг/100 г. Сравнительный анализ содержания фенольных соединений в подземных и надземных органах *Artemisia santonica* L. составляет 2510 мг/100 г и 2900 мг/100 г, что свидетельствует о неспецифичности действия выделений



надземных и подземных вегетативных органов. Распределение фенольных соединений в органах *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb. происходит неравномерно – в надземных органах фенольных соединений в 2 раза больше, чем в подземных: соответственно 840 мг/100 г и 420 мг/100 г.

Установлено, что концентрация фенольных соединений в тканях растений – доноров аллелопатических веществ коррелирует с аллелопатической активностью данных видов в исследуемых фитоценозах. А.А. Ильенко (1983) отмечает, что из всех изучаемых видов семейства *Scrophulariaceae* наиболее активен в аллелопатическом отношении *Verbascum phlomoides*, который угнетает развитие культурных растений. Вместе с тем такие виды, как *Veronica officinalis*, *Gratiola officinalis*, *Galinsoga parviflora*, *Sonchus arvensis* не оказывают отрицательного влияния на культивируемые растения, а наоборот, при совместном произрастании габитус сорняков заметно снижается по сравнению с произрастанием в естественных фитоценозах.

У растений, давно введенных в культуру, аллелопатическая активность, как правило, значительно ниже, чем у их диких родственников. Так, наиболее давние культуры пшеница, овес, рис, виноград, табак, картофель, кукуруза накапливают в своем окружении очень небольшое количество биологически активных веществ. Более молодые культуры – рожь, гречиха, ячмень, подсолнечник и особенно совсем молодые – клевер, люцерна, житняк, суданская трава, а также большинство интродуцированных из естественной флоры очень активны в аллелопатическом отношении (А.М. Гродзинский, 1990).

По данным Э. Райса (1978), А. El Titi (1988), Е. Stupnicka-Rodzynkiewicz и J. Kiec (1988), F. Einhellung, I. Rasmussen (2003), очень высокая аллелопатическая активность отмечается у дикого подсолнечника (*Helianthus annuus*), тогда как культурная форма этого вида в значительной мере потеряла эти качества и оказывает намного меньшее влияние на сорняки. Скороспелые сорта аллелопатически менее активны, чем позднеспелые.

М. Хофман и др. (2008) отмечает, что прорастание с сорго обыкновенным угнетало развитие проростков щетинника зеленого. На 2-й и 4-й дни наблюдалось примерно 50%-ное снижение прорастания семян щетинника зеленого. На 6-й день это различие сохранилось и оставалось таковым в течение всего времени опыта. На степень прорастания семян других видов сорняков сорго обыкновенное не оказывало угнетающего действия. В их же опыте при совместном произрастании канатника Теофраста (*Abutilon theophrastii Medik*) с однолетним клевером ползучим на 23% уменьшилась длина корня у сорного вида.

Н. Косолап (2008) констатирует факт снижения высоты пшеницы в пределах куртины горца розового (11 м), но на границе куртины в 1/2 ее диаметра наблюдается в такой же степени увеличение высоты растений озимой пшеницы. Биологически активные вещества выделяются не только прорастающими семенами, но и вегетативными органами размножения сорняков. Например, влияние горца розового степного (*Persicaria hydropiper*) на озимую пшеницу проявляется задолго до появления всходов данного вида сорняка. На посевах озимой пшеницы весной резко заметны куртины с угнетенными растениями культуры. Корневые выделения горца снижают энергию прорастания, рост корней и стеблей ячменя, гороха и других культур, но стимулируют рост люцерны. Выделения при прорастании семян разных видов культурных растений тоже оказывают аллелопатическое влияние. Направление этого влияния может быть разным. Так, кукуруза отрицательно влияет на прорастание гречихи, но положительно на нут. Прорастающие семена гречихи способствуют прорастанию семян кукурузы и нута. Экстракт из раздавленных корневищ пырея ползучего отрицательно повлиял на транспирацию, дыхание, рост и развитие растений льна. В экстракте был выявлен ненасыщенный углеводород агропирен.

С.Н. Черкасовым и И.В. Дудкиной (2010) установлено, что зеленоукосные посевы более эффективны в борьбе с пыреем ползучим (*Elytrigia repens*),

чем зерновые культуры. Это связано, в первую очередь, с высокой интенсивностью роста, загущенностью стеблестоя, а также с губительным аллелопатическим влиянием крестоцветных культур. Крестоцветные культуры и гречиха способны оказывать губительный ризосферный эффект на пырей ползучий, вызывая закупорку сосудов его корневищ метаболитами этих культур.

Аллелопатическое влияние может иметь как отрицательный, так и положительный характер, поскольку в растительных и микробных выделениях выявлены практически все известные в химии естественные органические соединения.

В состав корневых выделений входят минеральные и органические вещества. Органические вещества представлены щавелевой, янтарной, яблочной и другими кислотами. В растительных выделениях присутствуют разнообразные физиологически активные вещества – витамины, ферменты, фитонциды, антибиотики. Большая часть этих соединений, считает Н.А. Красильников (1958), может быть источником энергии для микроорганизмов.

А.М. Гроздинский, Г.П. Богдан, Э.А. Головки (1979) отмечают, что в состав пожнивных остатков входят углерод и азотсодержащие соединения. В них содержатся моносахариды, декстрины, крахмал, пектиновые вещества, органические кислоты и многие другие соединения.

Основным компонентом растительных остатков является клетчатка, содержание которой существенно изменяется в надземной массе растений. В состав пшеничной (озимой) соломы входят целлюлоза (34,27%), гемицеллюлоза (21,67%), лигнин (21,21%), протеин (3,0%), декстрины (0,7%) и зольные вещества (4,33%). Разрушается клетчатка целлюлозоразрушающими бактериями, актиномицетами и грибами. По ходу деструкции клетчатки образуются разнообразные промежуточные продукты: органические кислоты (щавелевая, янтарная, кротоновая, акриловая, бензойная), альдегиды, спирты, аминокислоты (аланин, лизин, лейцин, пролин, валин, аспарагиновая и глютамино-

вая кислоты) и другие физиологически активные вещества (Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев, 1969).

Водорастворимые соединения негумифицированных растительных остатков представляют собой вполне доступный для микроорганизмов источник энергии и питательных веществ. Интенсивность минерализации растительных остатков в почве зависит от их химического состава и особенно от соотношения C:N в органическом веществе. Растительные остатки с соотношением C:N, составляющим 25:1, способствуют накоплению минерального азота в почвах, а пожнивные остатки с преимущественным содержанием углерода могут иммобилизовать азотосодержащие вещества. Н.А. Красильников (1958) приводит такие показатели соотношения C:N в корнях: люцерны – 18,4; ежи сборной – 38,8; райграса многоукосного – 22,7.

Почва и растительность тесно и неразрывно взаимосвязаны. В агроценозах после уборки культур в почву неизбежно попадают растительные остатки определенного количества и состава. Под действием микрофлоры происходит разрушение этих органических остатков. Скорость трансформации зависит от многих условий, включая химический состав самих остатков, водно-воздушный, тепловой режимы и многое другое. В процессе трансформации формируется определенное состояние почвенной среды, в условиях которой произрастают сельскохозяйственные культуры.

По данным И.В. Переверзева и Н.С.Алексеевой (1980), растительные остатки гороха и овса обладают высокой подвижностью органического вещества: 37% углерода и 45–64% азота извлекаются водой.

Взаимодействие растений в сообществах происходит через почвенную среду. Растение как источник физиологически активных веществ создает вокруг себя определенную биохимическую среду, существенно влияющую на другие виды, растущие по соседству. Направление обмена организмами зависит от доли участия вида в создании фитоценоза. Эффективность физиологически активных соединений в химическом взаимодействии растений опреде-

ляется также количеством веществ и степенью их лабильности, химической природой и физиолого-биохимическим действием, способностью метаболизироваться микроорганизмами

А.М. Берестецкий (1978) отмечает, что под культурами, выращиваемыми бесменно, накапливается грибная флора, обуславливающая высокую фитотоксичность почвы. Автор идентифицировал фитотоксичные вещества: *Aspergillus clavatis* выделял патулин, *Aspergillus niger* – лимонную кислоту, *Fusarium oxysporum* – фузариевую кислоту.

Э.А. Головкин, И.А. Элланская, Е.Ю. Кострома (1983) выявили, что в ризосфере пшеницы, выращиваемой бесменно, выделены штаммы микроорганизмов, которые обладали сильными фитотоксичными свойствами. Токсинообразователями являются виды, относящиеся к родам *Penicillium* и *Aspergillus*. Выделенный из ризосферы пшеницы, выращиваемой в севообороте, *Fusarium solani*, относящийся также к патогенной флоре, ингибировал рост корней кресс-салата на 85% и гречихи на 50%. На этом же варианте был выделен *Penicillium cyclosporum*, который относится к самым сильным токсинообразователям почвы.

А.М. Гродзинский (1979), обобщая работы по токсичности почвы, убеждает, что почвоутомление является комплексным природным явлением и может быть обусловлено свойствами почв и токсическими веществами, выделяемыми растениями и высвобождаемыми из пожнивных-корневых остатков микрофлорой. Многие микроорганизмы, обитающие в почве и ризосфере, синтезируют фитотоксические вещества, представляющие собой разнообразные в химическом отношении соединения

Важным источником физиологически активных веществ, поступающих в почву, являются растительные остатки не только культурных, но и сорных растений. А.М. Гродзинский (1979) отмечает, что небольшая примесь сорных растений благоприятно влияет на аллелопатический и общий биологический режим почвы, стимулируя развитие микрофлоры и почвенной фауны и ускоряя разложение растительных остатков.

Таким образом, культурное растение играет ведущую роль в развитии системы взаимоотношений между организмами в агрофитоценозе и в связи с этим в определении его структуры, составными элементами являются: видовые популяции растений, слагающих агрофитоценоз; сезонная их изменчивость в пространстве и во времени; характер распределения растений в пространстве; количественные соотношения между растениями (В.Е. Синещев и др., 2006).

Академик А.А. Жученко (2009) подчеркивает, что поддержание и повышение плодородия почвы – одна из главных функций севооборота, реализация которой обеспечивается за счет правильного подбора культур и оптимальной схемы их чередования. При этом важно учитывать, что каждая культура в севообороте выполняет свою специфичную роль не только в качестве предшественника, но и фитосанитарную.

Еще Д.Н. Прянишников в начале сороковых годов XX века, обосновывая необходимость чередования культур, подчеркивал различное отношение одних культурных растений к другим, а также к сорнякам.

Рационально построенные севообороты, как считают В.М. Пенчуков, В.М. Передериева и В.И. Удовыдченко (2007), должны быть основой ресурсосберегающих технологий, на которые накладываются остальные элементы системы земледелия. Оптимальное соотношение возделываемых групп сельскохозяйственных культур и чистых паров чрезвычайно важно для эффективного использования пашни, сохранения и повышения плодородия почвы, максимальной реализации потенциала культур по урожайности.

Исследования А.И. Кузнецовой, В.М. Мутикова, О.В. Орешкиной (1983) в различных севооборотах позволили прийти к следующим выводам: меньше всего сорняков после первой ротации было в севообороте с занятым сидеральным паром и однолетними травами. Севооборот с чистым паром лучше справлялся с корнеотпрысковыми сорняками, но был очень засорен малолетними растениями. Севооборот с горохом на зерно характеризовался самым

высоким засорением многолетними растениями и очень малым количеством однолетних злаковых сорняков. При чередовании же зерновых культур с кукурузой и многолетними травами посевы первой и второй зерновых культур после пропашных и многолетних трав отличались значительным количеством многолетних сорных растений, превышавших засоренность даже бесменной пшеницы. В зернопропашном севообороте отмечался обедненный видовой состав и самое низкое количество сорных растений.

Аналогичные данные получены Л.П. Лукиной и В.Н. Квартиным (2005). Засоренность озимой пшеницы в звеньях севооборота возрастала в следующем порядке: пар чистый→озимая пшеница – 0,3 шт./м<sup>2</sup>; горох→озимая пшеница – 11,3; кукуруза на силос→озимая пшеница – 18,6; подсолнечник→озимая пшеница – 23,3; озимая пшеница→озимая пшеница – 41 шт./м<sup>2</sup>. А наибольшая напряженность наблюдалась в звеньях подсолнечник→озимая пшеница и озимая пшеница→озимая пшеница. На этих вариантах отмечалась слабая кустистость, низкорослость и значительные повреждения посевов хлебной жужелицей.

А.А. Асмус и др. (2007) отмечают, что наименьшее количество сорняков было отмечено в посевах по чистому пару 21,2...24,3 шт./м<sup>2</sup> при массе 39...40,7 г/м<sup>2</sup> соответственно фонам удобрений. При этом авторы отмечают эффективную сороочищающую роль сидерального пара, где засоренность посевов озимой пшеницы в среднем за 2003–2006 гг. составила 36...36,6 шт./м<sup>2</sup>, при массе сорняков 52...54 г/м<sup>2</sup>. В посевах озимой пшеницы по занятым парам отмечалось увеличение численности и массы сорных растений.

Засоренность посевов озимой пшеницы перед уборкой подтверждает ту же закономерность, что и в фазу кущения. Также отмечалось преимущество чистого пара в снижении засоренности: количество сорняков уменьшилось до 11,1...13,4 шт./м<sup>2</sup>, но при этом масса их возросла до 50,3...54,4 г/м<sup>2</sup>.

По данным Г.И. Уварова и др. (2006), определение засоренности посевов озимой пшеницы в период осеннего кущения показало, что во все годы

наблюдений наименьшее количество сорняков было отмечено по черному пару и находилось в пределах 30–42 шт./м<sup>2</sup>. По многолетним травам этот показатель достигал максимального значения и изменялся в пределах от 201 до 337 шт./м<sup>2</sup>. Так как во время весеннего кущения озимой пшеницы была проведена ее обработка гербицидом, засоренность посевов перед уборкой пшеницы по всем предшественникам была практически одинаковой и не превышала 20–22 шт./м<sup>2</sup>.

При оптимальном влиянии предшествующей культуры активнее проявляются конкурентные отношения между культурными и сорными растениями, в конечном итоге влияя на степень засорённости почвы и посевов. Например, многими авторами отмечается факт, что при возделывании озимой пшеницы по таким культурам, как кукуруза на силос и горох на зерно, засорённость ниже, чем по зерновым колосовым предшественникам. А именно, на 1% проросших семян озимой пшеницы по гороху, кукурузе на силос и сахарной свёкле приходится, соответственно, 11; 29 и 30 сорняков, тогда как по ячменю – 42 сорняка (И.Н. Листопадов, 1980; Л.С. Хомко, Б.П. Гончаров, 1986). Использование в севооборотах в качестве предшественников озимой пшеницы озимого и ярового рапса снижает численность злаковых сорняков в её посевах – щетинников сизого и зелёного, проса куриного, плевела всех видов (В.Г. Хомко, Л.С.Хомко, З.А.Орлова, 1987; В.П. Лебедев, 1990).

По данным зарубежных авторов, в хозяйствах Германии из предшественников озимой пшеницы наилучшее фитосанитарное состояние отмечено после бобовых (горох и соя), пропашных культур (кукуруза на силос и зелёный корм, ранний картофель) и рапса, а из зерновых колосовых возделывается перед пшеницей только овёс (F. Mauckhs, 1985; D. Moormann, 1991). О роли сорняков в возникновении почвоутомления в агрофитоценозах, особенно в повторных посевах озимой пшеницы, сообщается в работе W. Stegman, G. Buneman (1981). Данные о влиянии предшествующей культуры на формиро-



вание сорного компонента агроценоза озимой пшеницы приводятся также в работах немецких учёных G. Bachthaler, F. Neuner, H. Kus (1986).

Необходимость чередования сельскохозяйственных культур давно установлена практикой земледелия. В настоящее время общеизвестно, что растения в процессе жизнедеятельности выделяют в почву от 30 до 50% ассимилированных органических веществ, которые накапливаются в почве и наряду с другими факторами являются причинами так называемого почвоутомления. Возделывание культуры на одном и том же месте ведет к ухудшению фитосанитарной обстановке посевов, накоплению вредителей и болезней, почвоутомлению.

А.И. Иванов и А.П. Стаценко (2010) констатируют факт низкой степени почвоутомления в поле чистого пара, а также поля, где в качестве предшественника выращивали кукурузу и картофель. Средний уровень почвоутомления отмечен на полях, где бессменно возделывали сахарную свеклу, а предшественником являлась рожь. Высокое почвоутомление развилось после бессменного возделывания озимой пшеницы.

В таких условиях задачи повышения урожайности и качества производимой продукции можно решать путем более широкого использования земледелия на биологической основе: севооборотов с включением многолетних и однолетних бобовых культур, органических удобрений (включая запарку соломы), применение зеленых удобрений, культивирование промежуточных посевов и др.

Н.А. Зеленский (2006) приводит данные исследований о том, что донник, эспарцет и вайда являются прекрасной заменой черному пару. В свое время он вводился, главным образом, как способ очистить поля от сорняков. Но любая культивация пара ведет к иссушению почвы. Особенно это отчетливо стало ясно после жаркого лета в Ростовской области, где около миллиона гектаров черных паров: осенью, к моменту посева озимых, влаги на них почти везде было очень мало, недостаточно для нормального развития ози-

мых. Одно из наиболее эффективных решений борьбы с сорняками – применять на парах гербицид сплошного действия «торнадо». Одной обработки им достаточно, чтобы на весь период до посева озимых поле было чистым от сорняков. При этом достигается большая экономическая выгода.

Предшествующая культура оказывает существенное влияние на засоренность посевов озимой пшеницы. По убыванию засоренности культуры можно расположить в следующем виде: бессменные и повторные посевы озимой пшеницы, горохоовсяная смесь, горох, ячмень, кукуруза, подсолнечник, свекла. По накоплению надземной массы сорняков, произрастающих в посевах озимой пшеницы, ее предшественники представляют следующий ряд: кукуруза, свекла, озимая пшеница повторно, горохоовсяная смесь, ячмень (А.С. Андреев, И.П. Терещук, 1985; А.М. Алиев, В.Ф. Ладонин, 1995). Такой показатель, как средняя масса одного сорного растения, значительно варьирует, что связано с погодными условиями, конкурентоспособностью культур в севообороте и агротехническими факторами. Численность в почве семян сорных растений также находится в зависимости от предшествующей культуры. Наибольшая засоренность почвы семенами сорняков отмечается в бессменных и повторных посевах озимой пшеницы – от 171,0 до 511,2 млн шт./га (Г.И. Баздырев, 1983; О.И. Власова, 1994; А.М. Гулидов, 1998).

По данным исследований ученых Ставропольского НИИСХ, на посевах озимой пшеницы после занятого овсяно-викового пара проросло меньше семян, чем по непаровым предшественникам, – на 98–300 шт./м<sup>2</sup>. От числа проросших семян на посевах озимой пшеницы, высеваемой по занятому пару, всходило лишь 54% проростков, а после непаровых предшественников – 62–68%. В почве под парозанимающей культурой погибло 393 сорняка, под кукурузой на силос и горохом – 167–268 шт./м<sup>2</sup>. Перед посевом озимой пшеницы, возделываемой после культур сплошного сева, поверхностными отро-стками уничтожено в 2–3 раза больше сорняков, чем на пропашных. Соответственно этому наблюдалась и гибель взошедших растений под пологом

озимой пшеницы в течение вегетационного периода. По предшественникам сплошного сева она была 302–324, по кукурузе на силос – 259 шт./м<sup>2</sup>. Таким образом, происходит самоочищение почвы от сеgetальной растительности, и наиболее эффективно процесс самоочищения идет на чистых и занятых парах (Л.С. Хомко, 1983).

В стационарном опыте кафедры земледелия на опытной станции СтГАУ проводилось изучение влияния различных предшественников на агрофитоценоз озимой пшеницы. Проведенные исследования показали, что наиболее высокая потенциальная засоренность почвы семенами сорняков наблюдалась при бессменном возделывании озимой пшеницы. Относительно высокие показатели были зарегистрированы по кукурузе на силос и гороху. По пару занятому и люцерне потенциальная засоренность была вдвое ниже. Такая же закономерность была выявлена при определении реальной засоренности посевов озимой пшеницы (Г.Р. Дорожко, В.М. Передериева, О.И. Власова, 1998; Г.Р. Дорожко, В.М. Пенчуков, О.И. Власова, 2011).

Аналогичные данные приводятся в работе А.Г. Красноперова, Е.М. Красноперовой (2002): численность семян сорных растений в почве находится в зависимости от предшествующей культуры. Наибольшая засоренность почвы семенами сорняков отмечается в почве бессменных и повторных посевов зимней пшеницы.

Различная засоренность пахотного слоя после того или иного предшественника влияет на прорастание семян сорняков. Так, на посевах озимой пшеницы после занятого горохоовсяной смесью пара проросло больше семян, чем по другим непаровым предшественникам, – на 98–333 шт./м<sup>2</sup>. От числа проросших семян на посевах озимой пшеницы, высеваемой по занятому пару, всходило лишь 54% проростков, а после непаровых предшественников – 62–68%. В почве по пару занятому погибло 393 сорняка на одном квадратном метре, а по остальным упомянутым предшественникам – 167–268 шт./м<sup>2</sup> (Д.А. Ткаченко и В.М. Передериева, 2004).

Д.А. Юсупов (2004) отмечает, что экономический порог вредоносности для яровой пшеницы в условиях региона составляет по многолетним сорнякам 2,1 шт./м<sup>2</sup>, по однолетним – 11,7 шт./м<sup>2</sup>, для проса – 3,3 и 7,8 шт./м<sup>2</sup>, для нута – 2,7 и 3,0 шт./м<sup>2</sup>, кукурузы – 2,8 и 9,1 шт./м<sup>2</sup>, сорго – 1,9 и 2,7 шт./м<sup>2</sup>, а экономический порог целесообразности применения гербицидов, соответственно, 3,6 шт./м<sup>2</sup> многолетних и 20,3 шт./м<sup>2</sup> однолетних сорняков на яровой пшенице, 5,7 и 13,5 шт./м<sup>2</sup> на просе, 4,7 и 5,2 шт./м<sup>2</sup> на нуте, 4,9 и 15,8 шт./м<sup>2</sup> на кукурузе, 3,3 и 4,7 шт./м<sup>2</sup> на сорго.

Вопросы теории и практики формирования систем управления сорным компонентом агрофитоценозов рассмотрены в работах Г.Н. Черкасова и И.В. Дудкина (2010), Y.P. Manko, I.V. Wesselovski, V.P. Gudz (1996); J. Wallinga, M. van Oijen (1997); R.L. Zimdahl (1997); Y. Fu, F. Hu, Y. Piao, H. Zhang (1998); S.E. Weaver, J.A. Ivany (1998).

### **1.3. Теоретические и практические основы адаптивно-дифференцированной системы обработки почвы**

Как справедливо подчеркивал И.А. Стебут в своем труде «Основы полевой культуры и меры к ее улучшению в России» (1882), в полевой культуре человек владеет средствами изменения почвы. Обработка почвы позволяет регулировать в желательном направлении ее водный, воздушный, тепловой и питательный режимы, оказывая одновременно влияние на темпы эрозионных процессов, уровень загрязнения нитратами грунтовых вод (оно значительно ниже, если не проводится глубокого рыхления), последствия предшественника, а также биотические компоненты, в т.ч. состав и активность почвенного зооценоза, микрофлоры и т.д. Благодаря обработке почвы, изменяется ее строение, влагоемкость и скорость поступления воды в зону корневой системы растений. Обработка почвы с учетом типа корневой системы возделываемой культуры (стержневой, мочковатой) влияет на использование удобрений

в корнеобитаемом слое, т.е. позволяет регулировать эффективность их применения.

Устойчивое и рентабельное ведение сельскохозяйственного производства зависит в основном от эффективного использования всех биологических ресурсов.

Академик А.А. Жученко (2004) отмечает, что вопросам обработки почвы (одним из самых дискуссионных в истории земледелия) посвящены многие работы В.В. Докучаева, П.А. Костычева, Н.М. Тулайкова, В.Р. Вильямса и других выдающихся ученых. При этом большинство исследователей подчеркивают необходимость применения регионально дифференцированных систем подготовки почвы. Весь опыт развития земледелия показывает, что при разработке региональных систем обработки почвы прежде всего должны учитываться особенности геоморфологических, почвенных и метеорологических условий, а также специфика адаптивного и средообразующего потенциала культивируемых видов и сортов растений.

По мнению В.М. Пенчукова (2011), система обработки почвы – очень важный элемент системы земледелия. На обработку почвы приходится до 50% всех энергетических затрат. От нее зависят агрофизические, агрохимические и биологические свойства почвы, во многом определяющие урожай и его качество.

При интенсивных системах обработки почвы происходит активизация биологических процессов, ускоряется разложение гумуса, увеличиваются потери питательных веществ и влаги, усиливается ветровая и водная эрозии почвы, переуплотняется пахотный горизонт (на 20% и более), снижается урожайность большинства культур. Одновременно во многих странах всё шире применяется почвозащитная обработка почвы: минимальная (безотвальная обработка дисковыми орудиями, чизельными плугами или культиваторами) и нулевая (прямой посев по стерне, совмещение обработки почвы с посевом).

По данным А.А. Жученко (2009), в 1935 г. ежегодные потери почвы в США в результате эрозии составляли 2,7 млрд т в год. К концу XX столетия деградация земель была уже связана с комплексом факторов (водной, воздушной эрозией, орошением и осушением), а общие потери гумуса достигли 658 млн т в год. В 1996 г. нулевая и минимальная обработка почвы использовалась в США на 41,7 млн га, т.е. 30% обрабатываемой площади, что обеспечивало сохранность почвы на 84,9–99,4%. За 1936–1994 гг. здесь на 57 млн га было введено контурное земледелие, на 17,9 млн га проведено террасирование, на 47,2 млн га введена система промежуточных посевов, сооружено 2497 тыс. влагосборных резервуаров.

Исследования, проводившиеся в США в течение более 50 лет по системам обработки почвы, показали эффективность (рост урожайности и чистой прибыли) сочетания беспашотной и гребневой обработки с использованием мульчирующих растительных остатков.

В своей книге «Безумие пахаря», изданной в 1942 году, Эдвард Фолкнер пишет: «...Плуг позволил людям побеждать сорняки и осваивать новые целинные земли. Пока почва была богата органикой, не было нужды беспокоиться о выборе орудий для обработки. Но на обеднённой почве глубокая отвальная вспашка является преступлением перед возделываемой культурой, так как создает наихудший режим питания и влагообмена. При этом прекращается деятельность микробов – аэробное разложение органики и фиксация азота воздуха. И тогда фермер сам вынужден кормить землю, чтобы она кормила его. Пахать с пользой можно в трёх случаях.

1. Там, где пласт органики мощнее глубины вспашки – на целине, или там, где внесено очень много органики и почва уже частично восстановлена.
2. Очень мелкая вспашка применима для облегчения работы дисковых орудий.
3. Двойная вспашка, второй раз чуть глубже, чтобы вернуть запаханную органику на своё место – в верхний слой.

Очень вредно вывернуть плугом лишённую органики нижнюю часть пласта. Это заставляет сомневаться, нужен ли вообще оборот пласта».

В нашей стране опыты по безотвальному земледелию начал проводить с 1925 года Т.С. Мальцев, и сегодня он считается основоположником бесплужного земледелия.

Специально проведенные опыты в нашей стране показали, что минимальная обработка почвы без ущерба для урожая обеспечивает экономию энергетических ресурсов и трудовых затрат соответственно на 45 и 25% (В.И. Кирюшин, 2006). Применение минимальных и поверхностных обработок позволяет сохранить оптимальную плотность в значительной части верхнего слоя черноземов, т.е. создает более благоприятные условия для роста и развития растений. В центральном районе Нечерноземной зоны наиболее высокий агротехнический и экономический эффект минимизации основной обработки достигался при ежегодном чередовании вспашки на 28–30 см и дисковой обработки на 8–10 см. В степной зоне обыкновенных черноземов применение поверхностной обработки дало положительные результаты независимо от условий увлажнения при посеве озимых после кукурузы и других пропашных культур, тогда как после парозанимающих культур сплошного сева поверхностная обработка оказалась эффективна лишь в засушливые годы (В.Г. Яценко, 1971). Особую роль переход к минимальной обработке почвы приобретает в условиях склонового земледелия, поскольку в сочетании с другими агротехническими приемами способствует повышению эрозионной устойчивости сельскохозяйственных земель.

По данным немецких авторов, производительность плуга составляет 0,5 га/час; техники, используемой при почвозащитной обработке, – 1 га/час, а при нулевой обработке (прямой посев) – 2 га/час. При этом, как показывают наблюдения, во многих случаях в такой ситуации пестицидов требуется больше, чем при традиционной вспашке с помощью плуга, что может поставить под сомнение целесообразность перехода к новой системе обработки. В

то же время при ее применении, и в особенности в случае прямого посева, увеличивается водоудерживающая способность почвы, а оставляемый на ее поверхности слой соломы снижает непродуктивные потери влаги на испарение. Переход на беспашотную технологию требует большей агрикультуры для защиты агроценозов от вредителей и сорняков, предотвращения водной и ветровой эрозии почв и т.д. (N.M. Fisher, D.H.K. Davies, 1991).

Так, для адресного повышения адаптации приемов и способов обработки почвы, по мнению саратовских ученых (А.И. Шабаев и др., 2007), следует дифференцировать экологические условия и выделить характерные для природных зон и микрзон основные типы агроландшафтов. Для равнинных, склоновых, дефляционно-опасных условий разработаны дифференцированные системы обработки почвы, а также обосновано чередование ее оптимальных глубин в севооборотах, для которых выявлены закономерности в изменении пищевого режима, водно-физических и биологических свойств почвы. Предложенное дифференцированное применение систем обработки почвы по природным зонам и микрзонам повышает производительность работ при подъеме зяби в 1,5 раза, уменьшает дефляцию почв в 2–4 раза, увеличивает урожай зерновых культур на 1,7–2,1 ц/га, предотвращает потери гумуса от эрозии.

При возделывании сельскохозяйственных культур на обработку почвы приходится от 20 до 40% прямого расхода топлива, а соответствующая доля энергетических затрат не превышает 12% при выращивании озимой ржи и 9% – яровых культур. Между тем применение комбинированных агрегатов, выполняющих одновременно вспашку, культивацию, боронование и прикатывание верхнего слоя почвы, экономит от 40 до 60% энергии. Чередование отвальной вспашки и поверхностной обработки почвы зависит от типа почв. Если на черноземных землях отвальный плуг следует применять через 3–4 года, то на тяжелых почвах – ежегодно (А.И. Шабаев, З.М. Азизов, 2005).



Плодородие почв Ставрополя постоянно снижается, внесение минеральных удобрений не решает проблемы, т.к. они кормят растения, а органическая часть почвы, которая в основном и определяет агрофизические и биологические факторы плодородия, снижается. За последние 30–50 лет содержание гумуса в наших почвах снизилось на 20–30%.

Выходом из создавшейся ситуации является внедрение биологизированной системы земледелия, которая прежде всего предусматривает введение и освоение плодосменных севооборотов с включением многолетних и однолетних бобовых культур, снижение глубины обработки почвы, возделывание устойчивых к засухе и вредным организмам сортов полевых культур, интегрированную защиту растений, рациональное применение минеральных и органических удобрений, утилизацию растительных остатков и др.

По мнению Г.Р. Дорожко (2007), биологизация земледелия требует высокоинтеллектуального, наукоемкого ведения производства. Этому направлению чуждо упрощенчество в технологии выращивания культур и, в частности, в обработке почвы.

Г.Р. Дорожко (2011) подчеркивает, что ученые и практики Ставропольского края уже давно рекомендуют замену вспашки на безотвальное рыхление и мелкую обработку, в борьбе с сорной растительностью применяют гербициды, чтобы сократить механическое воздействие на почву, применяют прямой посев. Прием прямого сева направлен, прежде всего, на сохранение влаги в почве, так как почва не рыхлится в основной массе, растительные остатки предшествующей культуры остаются на поверхности, предотвращают испарение влаги, способствуют снегозадержанию и предотвращают полностью такие негативные явления в земледелии, как эрозия и дефляция.

Перед севом или сразу после него в борьбе с сорной растительностью применяют гербициды сплошного действия. При этом надо иметь в виду, что при применении прямого сева должна осуществляться ежегодная смена куль-

тур, различающихся по биологии и технологии. В этом случае недопустимы повторные посевы.

Как и другие звенья системы земледелия, считает А.С. Найденов (2011), обработка почвы преследует две цели: повысить эффективное плодородие почвы и создать наиболее благоприятные условия для роста и развития растений. В то же время многие проблемы современного земледелия связаны с обработкой почвы. Большие затраты энергии, ускоренная минерализация гумуса, развитие эрозионных и дефляционных процессов, уплотнение почвы и т.п. во многом связаны с интенсивным характером обработки почвы.

Исключительно важным приемом энергосбережения является использование широкозахватной, комбинированной, современной почвообрабатывающей техники, в особенности на черноземных почвах, вплоть до применения нулевой технологии возделывания основных сельскохозяйственных культур. Экономически дешевым является внедрение в сельскохозяйственное производство новых высокоурожайных, с высококачественной продукцией, устойчивых к вредным организмам сортов (В.М. Пенчуков и др., 2010).

Между тем, согласно обобщенным R. Ваемер (1988) данным, при нулевой обработке почвы по сравнению с обычной увеличивается содержание органических веществ в верхнем слое; снижается аэрация и температура почвы, что ограничивает процессы минерализации и нитрификации; возрастают потери азота вследствие выщелачивания нитратов; уменьшается количество доступного для растений азота; уменьшается общая масса корневой системы растений, и для нее характерно более поверхностное залегание (последнему способствует накопление фосфора и калия преимущественно в верхнем слое); всхожесть семян нередко составляет 60–80%; растительные остатки (включая солому злаковых) могут содержать растворимые в воде фитотоксические вещества; усиливается негативное действие остаточных количеств стойких гербицидов и опасность потери урожая в экстремальных погодных условиях (засуха, сильные ливни).

Считается, что нулевая обработка наиболее пригодна при возделывании озимых зерновых культур, тогда как урожайность сахарной свеклы и картофеля (культур, более требовательных к высокой пористости почвы) при такой обработке на некоторых типах почв в ФРГ снижалась на 5–25% . С переходом к нулевой обработке усложняется борьба с сорняками, требуются большие затраты на пестициды, азотные удобрения и расширение набора сельскохозяйственной техники. В то же время нулевая обработка почвы обладает и целым рядом важных преимуществ, поскольку позволяет уменьшить процессы водной и ветровой эрозии почвы, снизить энерго- и трудозатраты, лучше сохранить запасы влаги, провести посев в более ранние сроки и т.д. Поэтому вопрос о переходе к минимальной и нулевой обработке в каждом конкретном случае должен решаться с учетом типа почвы, рельефа, особенностей возделываемой культуры, климатических и погодных условий, обеспеченности гербицидами и многих других факторов (А.А. Жученко, 2004).

По данным ученых СНИИСХ, производительность труда при применении нулевой обработки увеличивается в 6,1 раза, расход топлива снижается на 91%. Однако нулевая обработка оправдывает себя в системе зяблевой обработки почвы под кукурузу после стерневых предшественников, а также в паровом поле на почвах с хорошими физическими свойствами, где равновесная плотность близка к оптимальной и составляет 1,0–1,3 г/см<sup>3</sup>. На почвах, тяжелых по гранулометрическому составу, тем более солонцеватых, нулевая обработка не дает положительного результата. Широкому внедрению этой обработки препятствует также высокая стоимость гербицидов, как обязательного элемента такой технологии (Ю.А. Кузыченко, 2006).

Существенный вклад в разработку и внедрение минимализации систем обработки почвы внес Б.П. Гончаров. Им было установлено, что в типичных десятипольных севооборотах засушливой зоны и зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края при дифференцированном подходе к внедрению минимальной обработки почвы, с уменьшением ее глубины под отдельные

культуры, можно сэкономить соответственно до 50–65 л/га топлива (Б.П. Гончаров, 1981).

В.М. Рындин (1990) рекомендует на черноземных почвах зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края комбинированную систему обработки почвы в севообороте с чередованием отвальной вспашки (а в некоторых случаях безотвального рыхления чизелем) на глубину 20–22 см с мелкой или поверхностной обработкой на 10–12 см под озимую пшеницу после занятых паров и непаровых предшественников, при этом под 2-ю озимую пшеницу – только вспашка на 20–22 см. Это позволяет снизить энергозатраты на основную обработку почвы в севообороте на 26,8% и повысить продуктивность культур в среднем на 2,2 ц/га.

По расчетам А.Н. Есаулко (2006), уравнения продуктивности севооборота для безотвального способа и поверхностной обработки прогнозируют самую низкую продуктивность. Встает вопрос об изучении разноглубинной почвообработки, позволяющей более эффективно использовать плодородие чернозема выщелоченного.

При возделывании озимой пшеницы в условиях Орловской области, как считает В.Т. Лобков с соавторами (2012), возможен отказ от вспашки вплоть до нулевой обработки почвы, что позволяет в значительной мере снизить себестоимость зерна.

Проблемы энергосбережения в земледелии фермерских хозяйств, по мнению Ю.А. Кузыченко (2010), приобрели особую актуальность в условиях становления в сельском хозяйстве рыночных отношений, диспаритета цен на сельскохозяйственную продукцию и энергоносители. Получение более высоких урожаев связано с дополнительными затратами энергоресурсов, к примеру, для повышения урожайности озимой пшеницы на 10%, затраты энергии необходимо увеличить на 13%. При этом наибольшие затраты энергии (62–74%) приходятся на сельскохозяйственную технику и удобрения.

С агрономической и энергетической точек зрения наиболее эффективна комбинированная система обработки почвы в севообороте с периодическим чередованием отвальной обработки с безотвальным рыхлением, а также обычных, мелких и поверхностных обработок. Обосновывается это тем, что со временем верхний слой за счет биологических и физических факторов обогащается питательными веществами, а в нижнем, наоборот, падает микробиологическая активность, нитрификационная способность и накапливаются вредные метаболиты. Многолетними исследованиями установлено, что на черноземных почвах необходимая периодичность оборачивания почвы составляет один раз в три–четыре года.

В основе обработки почвы лежит равновесная плотность почвы, которая для разных типов почв неодинакова.

К настоящему времени выявлено, что плотность сложения почвы зависит не только от гранулометрического состава, содержания гумуса, но и является функцией ее структурных качеств. Многочисленными исследованиями установлено, что в зависимости от типа почвы и структуры плотность сложения меняется в широких пределах. По обобщенным данным, в зависимости от гранулометрического состава для роста и развития культурных растений требуется определенная плотность (объемная масса почвы). Для большинства культур она находится в пределах от 1,10 до 1,30 г/см<sup>3</sup>. При уплотнении почвы уменьшается не только объем пор, но и их размер. Это весьма важно для роста корневых волосков. Уплотненная почва плохо впитывает и фильтрует влагу, а это при наличии ливневых осадков способствует усилению поверхностного стока, эрозии и в целом снижению влагообеспеченности растений. Причинами снижения урожаев на уплотненных почвах являются: недостаток кислорода и избыток углекислого газа, плохая водопроницаемость и ухудшение водного режима, ухудшение условий для формирования мощной корневой системы, а на рыхлой – уменьшение концентрации влаги и пищи в объеме, большой расход воды на непроизводительное испарение, по-

вреждение корневой системы растений из-за естественного процесса уплотнения и оседания почвы (В.В. Черенков, 2011; Г.Г. Мамаева, 2002; В.А. Поминов, 2008; О.И. Власова, Л.А. Горбачева, 2011).

Исследования Г.И. Казакова (2008) показали, что значения оптимальной плотности сложения почвы меняются даже для одних и тех же культур в разных зонах в зависимости от содержания гумуса в почве, ее гранулометрического состава, структуры. Например, черноземные почвы, имеющие объемную массу свыше  $1,3 \text{ г/см}^3$ , считаются очень плотными, тогда как для сероземов и многих подзолистых почв такие показатели характерны при рыхлом сложении.

От плотности сложения в первую очередь зависит водный, воздушный, тепловой режимы почвы, направленность и интенсивность физико-химических и микробиологических процессов, что сказывается на мобилизации питательных веществ, их доступности и использовании растениями. С плотностью сложения почвы непосредственно связаны эффективность и качество механической обработки, затраты на тяговые усилия.

А.А. Жученко (2004) констатирует, что в условиях преимущественно химико-техногенной интенсификации растениеводства все больший вред наносит так называемая машинная деградация почвы, обусловленная тем, что каждый гектар пашни в среднем за год не менее 2–5 раз подвергается действию ходовых систем тяжелых тракторов и транспортных средств. В результате чрезмерного переуплотнения почвы (до 10–15 проходов по полю тяжелой техники) ухудшаются агрофизические свойства и, как следствие, на 30–40%, или на 5–12 ц/га, снижается урожай зерновых культур.

Известный специалист в области сбережения почв К. Креветто (Чили, 2009) отмечает, что в регионе, только оставляя на поверхности растительные остатки, можно сохранить влагу в почве.

Другого мнения придерживаются ученые Саксонского института сельского хозяйства Б. Паллут и П. Грюбнер (2009), основываясь на своих иссле-

дованиях, они делают заключение, что при бесплужной обработке почвы происходит зарастание сорняков в гораздо большей степени, чем при проведении вспашки.

Отрицательным последствием длительной распашки черноземов, считают Н.Л. Кураченко и др. (2010), является переуплотнение почвы и значительное варьирование плотности сложения в пахотных горизонтах в течение вегетационного периода.

С.Н. Шевченко и В.А. Корчагин (2008) подчеркивают, что научной базой современных ресурсосберегающих технологий, основанных на минимальных обработках почвы, служит установленная закономерность: черноземы степных районов Среднего Поволжья для регулирования их агрофизических, агрохимических и биологических свойств не нуждаются в постоянной вспашке и других глубоких обработках. По многолетним наблюдениям ученых Самарского НИИСХ, плотность почвы по вспашке и глубокому рыхлению составляет  $1,05-1,1 \text{ г/см}^3$ , по мелким отвальным и безотвальным обработкам –  $1,1-1,15 \text{ г/см}^3$ , по поверхностным обработкам дисковыми орудиями –  $1,12-1,2 \text{ г/см}^3$ , то есть по всем способам не выходит за пределы оптимальной.

Е.В. Кузиной (2007) установлено, что на окультуренных слабовыщелоченных тяжелосуглинистых черноземах замена ежегодной вспашки поверхностными обработками не вызвала переуплотнения почвы. Различия в показаниях плотности ее сложения под озимой пшеницей были небольшими: от  $1,27$  при поверхностной обработке до  $1,30 \text{ г/см}^3$  – в варианте со вспашкой. Автор также констатирует, что поверхностная обработка не снизила урожайность озимой пшеницы: по вариантам обработки она достигала  $39,7-40,3 \text{ ц/га}$ .

Напротив, по данным Г.Р. Дорожко и А.А. Китаева (1998), полученным в стационарном опыте СХИ, на выщелоченных тяжелосуглинистых черноземах плотность почвы сравнительно высокая. Однако отвальная, безотвальная

и роторная обработки позволяют создать наиболее благоприятные условия для роста и развития корневой системы растений озимого рапса в течение всего вегетативного периода. Поверхностная же обработка сильно уплотняет почву, что пагубно сказывается на процессах роста этой культуры.

Исследования, проведенные в Самарской госсельхозакадемии Г.И. Казаковым и др. (2008), показали, что объёмная масса 0–30 см слоя почвы (чернозем тяжелосуглинистый) на необработанных участках со временем становится выше, чем на вспашке. Причём разница тем больше, чем продолжительнее период времени после вспашки. На вспаханных и на необработанных участках под всеми культурами севооборота плотность повышается от весны к уборке их урожая. Уплотнение почвы после вспашки происходит довольно продолжительное время и максимальное наступает на 3–4 год. Культуры севооборота оказывают значительное влияние на изменение объёмной массы почвы. Наибольшая плотность необработанной почвы в среднем за 8 лет была под озимой пшеницей и кукурузой, что связано с особенностями биологии и технологии возделывания этих культур.

Таким образом, равновесная плотность сложения одной и той же почвы – величина переменная и зависит от метеорологических условий и времени года, вида сельскохозяйственных культур.

Поэтому её величина должна указываться в интервалах, установленных опытным путём на длительно необрабатываемой почве с учётом разных культур и условий увлажнения. Сравнивая установленные величины равновесной и оптимальной плотности сложения пахотного слоя чернозема обыкновенного, можно сделать заключение о том, что под горох во влажные годы необходимо глубоко рыхлить почву, а под кукурузу во все годы, так как равновесная плотность сложения почвы под этими культурами выше, чем оптимальная.



Другие зерновые культуры (озимая рожь, озимая пшеница, яровая пшеница, ячмень) не требуют глубокой обработки, так как величина равновесной плотности сложения ниже, чем оптимальная для них.

К числу важнейших факторов, определяющих плодородие почвы, относится её структурный состав. Он служит характерным генетическим признаком почвы, так как является функцией факторов, определяющих почвенный тип, механический, химический состав, а также наличие и качество органического вещества.

Влияние структуры почвы на её физические свойства, условия обработки, водно-воздушный режим и в целом на плодородие почвы и развитие растений отмечается в работах В.В. Докучаева (1949), П.А. Костычева (1951). Наиболее детально исследовал роль структуры в плодородии В.Р. Вильямс (1949). В последующем эти вопросы, а также теория структурообразования получили дальнейшее развитие в работах К.К. Гедройца (1955), А.Г. Дояренко (1963), Н.А. Качинского (1947, 1963, 1965) и других отечественных и зарубежных учёных.

По К.К. Гедройцу (1955), исходным энергетическим моментом для образования структуры почвы являются разноименно заряженные коллоиды и ионы диссоциированных электролитов. Противоположно заряженные коллоиды взаимно притягиваются, коагулируют, образуя первичные микроагрегаты. Первичные микроагрегаты сами могут сохранять остаточный заряд и, в случаях разноименных зарядов, будут взаимно притягиваться, создавая микроагрегаты второго, третьего и т.д. порядков. Микроагрегаты и агрегаты, образующиеся в процессе коагуляции, в дальнейшем могут становиться механически прочными и водопрочными вследствие химических процессов, протекающих в почвах при сменных режимах. Аналогичные выводы делает в своих работах и Н.А. Качинский (1963).

В.Р. Вильямс (1938) утверждал, что водопрочная структура почвы является основой ее плодородия. Поддерживать структуру на высоком уровне

предлагалось с помощью травопольной системы земледелия. Одним из элементов ее была культурная вспашка плугом с предплужником. Она основывалась, как утверждал В.Р. Вильямс, на разнокачественности пахотного слоя – верхний (до 10 см) распыляется, т.е. ухудшается за теплый период года, а нижний улучшается. Отсюда, чтобы улучшать структурные качества всего пахотного слоя, нужно ежегодно менять их местами. Однако в литературе уже тогда были опубликованы данные, которые говорили о том, что плодородие почвы уменьшается от верхних слоев к нижним, а не наоборот, что самая плодородная почва находится сверху, а плодородие нижних, и особенно подпахотных слоев, значительно ниже.

К противоположным выводам по способам улучшения структуры почвы пришел Т.С. Мальцев (1971). Он утверждает, что деятельный перегной и структура почвы может создаваться не только многолетними травами, но и однолетними культурами, если почву не оборачивать, а применять поверхностную обработку с периодической глубокой безотвальной вспашкой. Решающее значение в питании растений Т.С. Мальцев придает верхнему слою почвы, в котором сосредоточена большая часть корней растений и поэтому, вопреки утверждениям приверженцев культурной вспашки, не считает необходимым выравнивать по плодородию обрабатываемый слой почвы.

Несколько позже сотрудники ВНИИЗХ под руководством академика А.И. Бараева (1988) разработали и теоретически обосновали почвозащитную систему обработки почвы для земель, подверженных ветровой эрозии. Хотя теоретические обоснования новой системы обработки почвы и предложений Т.С. Мальцева несколько разные, сущность же их воздействия на почву одна – сохранение слоев на месте без оборачивания и перемешивания.

А.И. Бараев (1960) и другие пришли к выводу, что в засушливых эрозийноопасных районах нельзя применять отвальную обработку почвы. Главным условием рациональной обработки в таких районах должно быть не оборачивание почвы, а ее рыхление плоскорезущими орудиями, сохраняю-

щими стерню и другие растительные остатки на поверхности поля с целью предотвращения ветровой эрозии и уменьшения испарения влаги. При этом ими установлено, что растительные остатки, разлагаясь на поверхности почвы при свободном доступе кислорода, способствуют большему образованию деятельного перегноя, чем при вспашке. Происходит также большая дифференциация плодородия слоев почвы, которая не приводит в целом к снижению ее плодородия по сравнению с перемешанной почвой, а наоборот, увеличивает его.

Сведения о разнокачественности отдельных частей пахотного слоя по плодородию и интенсивность их дифференциации послужили теоретической основой, главным образом, способов и глубин обработки почвы в разных почвенно-климатических зонах. Однако до настоящего времени единого мнения по способам обработки черноземных почв нет.

Т.С. Мальцев (1971) и А.И. Бараев (1973) считают, что естественное расположение слоев почвы является наиболее благоприятным для сохранения и повышения ее плодородия и произрастания культурных растений. Поэтому они рекомендуют обрабатывать почву только безотвальными орудиями.

Концепция В.Р. Вильямса о ежегодной вспашке черноземных почв поддерживалась также Л.Н. Барсуковым и К.М. Забавской (1953).

Однако позднее, проведя опыты, они, а также С.С. Сдобников (1973), К.Г. Щульмейстер (1975), Г.И. Казаков (1997), В.А. Корчагин (1975), И.А. Чуданов (1992), пришли к выводу о необходимости чередования вспашки с безотвальными обработками.

И.Б. Ревут (1972) делает заключение о необходимости ежегодного тщательного перемешивания пахотного слоя почвы с помощью фрезы.

В зарубежной литературе указывается также, что при минимальной обработке почвы, когда она не оборачивается, складываются лучшие условия для повышения ее плодородия и роста растений. Однако в странах с умерен-

ным климатом для лучшего распределения питательных веществ в пахотном слое и равномерной заделки удобрений рекомендуется проводить вспашку через 3–5 лет.

Направленное регулирование плодородия почв, по мнению И.Б. Ревута (1972), Б.А. Доспехова (1978), В.П. Нарциссова (1982), И.П. Макарова (1984) и других ученых, возможно на основе знания не только агрохимических, биологических, но и агрофизических ее свойств.

По данным академика Л.Н.Петровой (2008), выбор способов и глубины обработки почвы должен основываться на биологических критериях (требования растений к условиям почвенной среды, особенности жизнедеятельности почвенных микроорганизмов).

В засушливых регионах особенно важно, по мнению Б.А. Доспехова (1978), чтобы орудия для обработки почвы за один проход создавали такую ее структуру, которая по своим агрофизическим свойствам была бы оптимальной для поглощения и расходования влаги. При этом в обрабатываемом слое должны сохраняться наиболее ценные агрегаты размером от 1 до 10 мм, поскольку именно они определяют условия водного питания растений и жизнедеятельности микроорганизмов.

В результате эксперимента выявлена оптимальная с точки зрения теории термовлагопереноса структура почвы – трехслойная, которая должна создаваться при основной обработке и поддерживаться до посева культуры. Верхний (4–6 см) слой почвы (исключение составляет поздняя зябь), выровненный и сухой, с плотностью не более  $0,9 \text{ г/см}^3$ , должен находиться в мелкозернистом состоянии и содержать почвенные агрегаты от 0,5 до 3,0 мм. На глубине 5–6 см тонкий слой почвы должен быть уплотнен до  $1,1–1,25 \text{ г/см}^3$ . Нижележащий горизонт (6–20 см), который при глубоких обработках часто бывает излишне рыхлым, должен быть уплотнен до  $1,3 \text{ г/см}^3$ , а при уплотнении – разрыхлен до такого же состояния.

При такой трехслойной структуре верхний сухой слой почвы (желательно мульчированный) уменьшает расход влаги на испарение. Эту проблему можно решить, применяя комбинированные почвообрабатывающие орудия.

Как отмечает А.И. Якунин (2005), наилучшая агрегация пахотного слоя на вариантах без основной обработки и поверхностной обработки обеспечила увеличение коэффициента структурности на 1,5–3,6 единиц по сравнению с контролем. Высокие показатели структуры почв и коэффициента структурности были также созданы на варианте с обработкой почвы стойками Сиб-ИМЭ на 25 см.

Так, при возделывании гороха содержание водопрочных агрегатов составляло в пахотном слое от 63,8% по вспашке на 25 см до 66,0% по поверхностной обработке. В слое 10–20 см водопрочных агрегатов на вариантах со вспашкой было 62,2–63,1%, тогда как на варианте без осенней обработки – 6,7%. Это говорит о том, что вспашка приводит к уменьшению водопрочных агрегатов.

По данным А.А. Айтемирова и Г.Н. Гасанова (2010), переход от обычной отвальной обработки к почвозащитной способствовал повышению коэффициента структурности почвы в среднем по равнинным подпровинциям и видам паров с 0,70 до 0,77 главным образом благодаря защищенности почвы от дефляции пожнивными остатками растений и, возможно, более высокой влажности почвы. Максимальных значений он достигает при нулевой обработке – 0,85.

В исследованиях, проведенных Э.А. Гаевой (2008), было выявлено, что содержание агрегатов агрономически ценной фракции больше при чизельной обработке под озимой пшеницей, размещенной по пару и паровой озими, на 3–4% и по непаровым предшественникам – на 6%, чем при отвальной. Колебания процентного содержания пылевидной фракции были незначительными и составляли от 3 до 6% общего количества в пахотном горизонте. К концу

вегетационного периода под посевами озимой пшеницы содержание агрегатов ценных фракций выравнилось по всем обработкам и колебалось в пределах 75,6–85,7%. Увеличение пылевидной фракции на 1,5–3,5%, по сравнению с посевом, свидетельствует о потере влаги в почве ко времени уборки. Разрушенная структура почвы в процессе отвальной обработки перемещается в нижнюю часть пахотного слоя, где под воздействием навоза, растительных остатков и микроорганизмов происходит ее естественное восстановление.

О.К. Боронтов, Т.В. Арбузова, В.А. Королев (2010) установили, что система комбинированной основной обработки чернозема выщелоченного повлияла на способность почвы к структурообразованию. Так, коэффициент структурности увеличился до 3, что выше по сравнению с безотвальной и отвальной системами обработки соответственно на 15 и 17%. При этом повышалась водопрочность почвенных агрегатов.

С 1972 года на базе опытной станции учебно-опытного хозяйства Ставропольского государственного аграрного университета в условиях длительного стационарного опыта в восьмипольном зернопропашном севообороте на черноземе выщелоченном коллективом кафедры общего и мелиоративного земледелия проводятся исследования по изучению влияния способов основной обработки почвы на параметры почвенного плодородия и урожайность сельскохозяйственных культур.

На основе многолетних наблюдений установлены закономерности влияния различных способов обработки на водно-воздушный режим почвы в посевах озимой пшеницы, озимого ячменя, озимого рапса, кукурузы на силос на черноземах выщелоченных, отличающихся высокой плотностью и имеющих тенденцию к слитизации.

Определено, что наиболее благоприятное соотношение между твердой фазой почвы и общей пористостью в посевах озимой пшеницы было по отвальному и безотвальному способу обработки. Поверхностный способ обработки способствует уменьшению некапиллярной пористости более чем в 3,5

раза по сравнению с капиллярной, что затрудняет фильтрацию влаги в почве и нарушает водно-воздушный обмен (И.А. Вольтерс, 2007; И.А. Вольтерс и А.И. Тивикова, 2005). При этом подчеркивается, что водопрочность почвенных агрегатов по поверхностной обработке была наибольшая и характеризовалась как отличная по шкале Качинского.

В исследованиях А.А. Китаева (1998, 1999) приводятся данные о том, что в посевах озимого рапса наблюдалось преобладание водопрочной структуры почвы, которая по С.И. Долгову и П.У. Бахтину характеризовалась как хорошая на варианте с роторной и поверхностной обработкой и удовлетворительная по отвальному и безотвальному способам обработки. При этом отмечено, что от начала к концу вегетации идет увеличение водопрочных агрегатов, так как разрушение водопрочной структуры от применения механических обработок не является необратимым процессом и восстанавливается под действием органического вещества, большая часть которого поступает в почву в процессе метаболизма почвенной биоты, растительных остатков культуры и корневых выделений растений.

В.В. Храпачом (1999, 2001, 2002) установлено, что многолетнее применение поверхностной обработки создает более благоприятное сложение верхнего горизонта почвы. Коэффициенты структурности в слоях 0–5 и 5–10 см практически совпадают и равны 1,31–1,32, а количество агрономически ценных агрегатов составляет 56,8–56,9% соответственно, что значительно превышает контроль – вспашку. Однако в нетронутым рабочими органами дисковой бороны слое почвы 10–20 см наблюдается совсем иная ситуация – идет резкое снижение структурности этого пласта ( $K = 0,76$ ). В данном случае на снижение коэффициента структурности повлияло большое содержание глыбистой фракции – 50,6%.

По данным О.И. Власовой, В.М. Передериевой, В.А. Чинаева (2007), близкое к оптимальному для гороха строению пахотного слоя почвы в опыте создает отвальная обработка на 20–22 см. Все горизонты почвы отличались

рыхлым сложением – от 1,12 в слое 0–10 см до 1,15 г/см<sup>3</sup> в слое 20–30 см. Дифференциация пахотного слоя по плотности, когда верхний слой сменяется на глубине 10–20 см более плотным, способствует снижению испарения, в результате этого не создается существенных препятствий для поступления атмосферной влаги в почву.

Согласно данным, полученным Г.Р. Дорожкой, О.И. Власовой и А.И. Тивиковым (2011), применение плоскорезной обработки с мульчированием соломой повышает содержание в почве водопрочных агрегатов (1–10 мм) в 1,5–2 раза, а число агрегатов размером от 0,25 до 10 мм в диаметре – на 20–30%.

В исследованиях В.А. Поминова (2008), полученных в условиях Тюменской области, приводятся данные о том, что наилучшее структурное состояние почвы (59,09–79,83%) в посевах яровой пшеницы наблюдалось при разноглубинной (28–30 см) обработке почвы.

Для дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почвы Центрального района Нечерноземной зоны России Р.Е. Казнин (2011) рекомендует применение системы поверхностно-отвальной обработки, базирующейся на сочетании отвальной на глубину 20–22 см с предварительным лущением на 8–10 см 1 раз в 4–5 лет и поверхностной обработки на 6–8 см в последующие 3–4 года. Предлагаемая система обеспечивает более раннее наступление физической спелости почвы и возможность проведения обработки при более высокой влажности.

Опытными данными Ю.А. Кузыченко и А.А. Федотовым (2010) установлено, что количество агрегатов 1–3 мм было выше на варианте отвальной обработки и безотвального рыхления (35,7 и 30,9%), при этом на варианте с поверхностной обработкой их количество составляет 29,5%.

Повышению доли агрономически ценных агрегатов способствует увеличение в верхнем слое органического вещества и усиленная деятельность



земляных червей. Прокладывая в почве ходы, черви увеличивают проникновение воды и воздуха в почву.

Не менее велика в формировании агрономически ценной структуры роль сельскохозяйственных растений, корневая система которых проникает в уплотнившуюся почву, расчленяет и дробит её. Благодаря проникновению корней в почву происходит сдавливание почвенных частиц вокруг корня, сближение, слипание, что, в свою очередь, ведёт к образованию структурных комочков различного размера. Поэтому в практике земледелия велико значение агротехнических мероприятий, способствующих более мощному развитию как надземной массы, так и корней растений. В результате разложения отмирающих частей растений в почве возрастает количество новообразованных гуминовых кислот, заметным образом повышающих водопрочность структуры.

Исследуя развитие корневой системы озимой пшеницы, И.Н. Листопадов и др. (2009) пришли к выводу, что, возделывая озимую пшеницу по непаровым предшественникам, необходимо ограничиваться мелкой или поверхностной обработкой почвы. Растения при этом формируют хотя и несколько иную по габитусу массы корней и соотношению элементов, но вполне достаточную для получения урожая корневую систему. Такая пластичность корневой системы позволяет возделывать ее по энергосберегающей технологии с минимальной обработкой почвы, которая повсеместно распространена в южных регионах России.

Вместе с тем авторы считают, что если минимальную и тем более нулевую обработки длительное время не чередовать с другими способами, то корневая система озимой пшеницы будет не в состоянии обеспечить ожидаемый уровень урожайности. Однако более обстоятельный ответ могут дать углубленные исследования способов обработки почвы в системе севооборотов.

Следовательно, возможно использование различных приемов обработки, однако способ обработки, глубина, сроки должны выбираться с учетом физических законов влагообмена в конкретных почвенно-климатических условиях, целей и задач обработки. В связи с этим обработку почвы необходимо планировать с учетом двух факторов: основная обработка почвы, особенности которой определяются климатом, временем обработки, типом почв и севооборотом, и обработка почвы, которая учитывает особенности технологий возделываемой культуры.

Правильное размещение сельскохозяйственных культур на территории хозяйства и их чередование позволяют уменьшить разрыв между потребностью растений в жизненно необходимых факторах и наличием их в почве и тем самым снизить затраты на дополнительные мероприятия.

Вода необходима для растений в течение всей их жизни, начиная с момента набухания плодов и семян до созревания растений. Вода требуется для нормального осуществления всех жизненных процессов, поступления питательных веществ из почвы, защиты от перегрева, деятельности ферментов.

Огромное влияние влажность почвы оказывает на образование узла кущения у зерновых культур и на рост вторичных корней. Колебания влажности влияют также на изменение осмотического давления клеточного сока в листьях и величины их сосущей силы.

Потребность растений во влаге неодинакова в различные фазы роста. По данным исследований Л.И. Желнаковой и Б.П. Гончарова (1990) установлено, что критерием своевременного появления всходов являются запасы продуктивной влаги в пахотном слое в размере 16 мм, а 10 мм служат критерием возможного появления всходов.

Следует отметить, что средние показатели запасов почвенной влаги, хотя и дают правильное представление об их фактической величине, не говорят о роли паров в засушливые годы. Так, в крайне засушливой зоне в метровом слое почвы на парах более 80 мм доступной влаги бывает в 72% лет, а

менее 50 мм – только в 15% лет, а по непаровым предшественникам соответственно в 18 и 75% лет. Эти показатели убедительно свидетельствуют о большом значении чистых паров как в накоплении влаги, так и в стабилизации ее запасов по годам.

Эти исследования подтверждают, что для определения засушливости того или иного года, а также анализа причин недобора урожая, необходимо учитывать условия увлажнения, складывающиеся в период подготовки почвы и сева озимой пшеницы.

Отсутствие хороших запасов продуктивной влаги в почве перед севом озимой пшеницы по непаровым предшественникам (в 75% лет в крайне засушливой зоне) ставит урожайность в зависимость от осадков, выпадающих осенью. По паровым предшественникам урожай зависит от запасов влаги в почве, накопленных в период парования – 36,8%, и в меньшей степени от осадков, выпадающих в осенний период – 21,5% (в 15% лет).

Как отмечает А.А. Айтемиров и др. (2009), в севооборотах Западного Прикаспия в пахотном слое величина влажности отклоняется, в зависимости от вида пара, по подпровинциям при отвальной обработке в среднем на 0,4% ( $8 \text{ м}^3/\text{га}$ ), при почвозащитной – на 0,6% ( $10 \text{ м}^3/\text{га}$ ), в слое 0,5 м – соответственно на 4,5–2,0%.

Однако положение существенно меняется в зависимости от систем обработки почвы. Разница в запасах влаги в пахотном слое перед посевом озимой пшеницы между отвальной и почвозащитной системами в Терско-Кумской подпровинции составляет  $40 \text{ м}^3/\text{га}$ , между отвальной и нулевой обработками –  $54 \text{ м}^3/\text{га}$  в пользу последних. Увеличение запасов влаги отмечено во всей полуметровой толще: в чистом пару при почвозащитной обработке – на  $52 \text{ м}^3/\text{га}$ , нулевой – на  $63 \text{ м}^3/\text{га}$ , в занятом пару соответственно на 39 и  $50 \text{ м}^3/\text{га}$  по сравнению с отвальной обработкой, где показатель их составил в чистом пару  $630 \text{ м}^3/\text{га}$ , в занятом –  $627 \text{ м}^3/\text{га}$ .

По мнению Г.Р. Дорожко, О.И. Власовой и А.И. Тивикова (2011), мульчирование создает условия для увеличения накопления продуктивной влаги в почве, уменьшает скорость ветра на поверхности и тем самым снижает интенсивность дефляции почвы, защищает ее от прямых ударов выпадающих осадков, устраняет размывание почвы, предохраняет ее от перегрева и иссушения, способствует сохранению гумуса в почве, улучшает физические свойства и повышает биологическую активность.

В условиях сельскохозяйственной опытной станции Ставропольского ГАУ в 1976 году был заложен многофакторный стационарный опыт, где в восьмипольном севообороте изучается влияние способов основной обработки почвы на параметры почвенного плодородия.

Результаты исследований, проведенных в стационарном опыте кафедры земледелия СтГАУ, констатировали факт увеличения влажности почвы и запаса влаги при мелкой обработке в верхнем десятисантиметровом слое почвы. В варианте после занятого пара продуктивной влаги содержалось 10,4 мм, что в 1,6–1,8 раза меньше в сравнении с горохом и кукурузой на силос (И.А. Вольтерс, Е.Н. Журавлева, 2007).

Как избыточная влажность (более 250 мм), так и недостаточная (менее 50 мм) в метровом слое отрицательно сказываются на развитии растений и их урожайности.

По данным Г.Р. Дорожко и А.А. Китаева (1988), определение влияния способов основной обработки почвы в стационарном опыте СтГАУ на накопление и сохранение влаги в посевах озимого рапса в течение 1996–1999 годов показало, что в целом все способы создают нормальные условия водного режима. Однако лучшую влагообеспеченность растениям создает поверхностная обработка, особенно в критические периоды влагопотребления, немного уступают ей безотвальное рыхление и роторная обработка.

Г.Р. Дорожко и Д.А. Бородин (2010) отмечают, что запас доступной влаги перед севом озимой пшеницы (предшественник занятый пар) по от-

вальной обработке в 20-сантиметровом слое был 22,0 мм, по безотвальной обработке – 22,2 мм. Это объясняется тем, что при безотвальном рыхлении не происходит оборот пласта, не нарушаются генетические горизонты, что и привело к сохранению влаги в большем количестве. Что касается поверхностной обработки, то запас влаги перед севом был 24,9 мм.

При поверхностной обработке влага испаряется только с верхнего слоя почвы, что обусловило большое накопление влаги, по сравнению со вспашкой и безотвальным рыхлением.

В метровом слое перед севом озимой пшеницы прослеживается увеличение доступной влаги в зависимости от обработки почвы. Она составляет по отвальной обработке 180,5 мм, по безотвальной – 197,4, по поверхностной – 202,4 мм. По остальным предшественникам (гороху и кукурузе) также наблюдается увеличение доступной влаги в той же последовательности, что и по занятому пару, как в метровом, так и в 20-сантиметровом слое.

А.И. Беленков и др. (2006) и П.Я. Захаров с соавторами (2005) рекомендуют чередование глубины основной обработки почвы: глубокую (0,25–0,27 м) в пару при внесении навоза под пропашные культуры со средней (0,22–0,22 м) в черном пару без внесения навоза под озимые и яровые зерновые, также мелкой (0,12–0,14 м) под зерновые в сухую осень; предлагают использовать в севооборотах при поверхностной и мелкой обработках орудия КПШ-9, АПК-6, БДТ-7, КПЭ-3,8, КУМ-4.

Многие исследователи отмечают, что лучшие условия для прорастания семян сельскохозяйственных культур создаются при размещении их на плотной почве, прикрытой сверху рыхлым мелкокомковатым слоем, хорошо пропускающим воздух. При этом указывается, что слишком глыбистая или распыленная почва снижает всхожесть высеянных семян (Я.Г. Керимов, 2008; А.А. Сухарева и др., 2009; В.В. Ивенин и др., 2010).

Для снижения потерь воды на испарение важно, чтобы верхний слой почвы состоял в основном из структурных комочков размером 0,25–3 мм.

Испарение воды увеличивается, если в верхнем слое содержатся отдельности размерами меньше 0,25 мм или больше 5 мм. Влажность почвы оказывает большое влияние на качество вспашки, культивации посева и других полевых работ.

Результаты исследований И.А. Вольтерс и Е.Н. Журавлевой (2007) показали, что запас доступной влаги перед севом озимой пшеницы по отвальной обработке в 20-сантиметровом слое был 22,0 мм, по безотвальной обработке – 22,2 мм. То есть различия незначительные. Что касается поверхностной обработки, то запас влаги перед севом составил 24,9 мм, в связи с тем, что при поверхностной обработке влага испаряется только с верхнего слоя почвы, что обусловило большое накопление влаги, по сравнению со вспашкой и безотвальным рыхлением.

Как упомянуто выше, лучшие условия для прорастания семян сельскохозяйственных культур создаются при размещении их на плотной почве, прикрытой сверху рыхлым мелкокомковатым слоем, хорошо пропускающим воздух, а слишком глыбистая или распыленная почва снижает всхожесть высеянных семян.

Для установления степени крошения верхнего слоя почвы и правильного выбора почвообрабатывающих орудий важно определить и знать оптимальные размеры комочков, прикрывающих семена.

В научных учреждениях Поволжского региона с 1952 года были развернуты массовые исследования по совершенствованию систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в основу которых положены идеи бесплужного земледелия, развитые в работах академиков Н.М. Тулайкова, Т.С. Мальцева и А.И. Бараева.

В Самарском НИИСХ эти вопросы изучаются более 50 лет – с 1952 по 1961 гг. – системы безотвальной обработки, предложенные Т.С. Мальцевым, с 1962 по 2003 гг. – технологии возделывания сельскохозяйственных культур с использованием машин стерневого комплекса и комбинированных почвообрабатывающих и посевных агрегатов.

На основе многолетних исследований установлены качественно новые стороны водного режима при обработке почвы с сохранением стерни на поверхности поля. В осенний период в почве при такой обработке накапливается дополнительно в среднем 17–18 мм влаги. Весенние запасы увеличиваются по сравнению с отвальной зябью на 28 мм, а в годы с засушливой осенью и небольшим количеством зимних осадков – на 40 и более мм.

При плоскорезной обработке складываются лучшие условия для перемещения влаги зимних осадков по почвенному профилю, что способствует более устойчивому водному режиму.

Наиболее высокую эффективность плоскорезная обработка почвы обеспечивает в сухостепных районах Среднего Поволжья с годовой суммой осадков 300–320 мм. Оставленная на поле стерня является в этой зоне важным средством дополнительного накопления влаги и роста урожайности яровых зерновых культур.

В опытах, проведенных на южных черноземах и темно-каштановых почвах Самарского Заволжья, прибавка урожая яровых зерновых от плоскорезной обработки составила 1,7–2 ц/га. Выход зерна в севообороте с 1 га пашни увеличился при плоскорезной обработке на 10–12%, а в засушливые годы – на 50–55% (В.А. Корчагин, 2005).

Как отмечает В.А. Исаенко (2005), в условиях засушливого климата лесостепи Зауралья обработка почвы должна способствовать максимальному накоплению, сохранению и рациональному использованию атмосферных осадков, созданию оптимального строения пахотного слоя и уничтожению сорной растительности. Уплотнение или разрыхление пахотного слоя, проводимое тем или иным приемом обработки, оказывает определенное влияние на накопление и расходование влаги в почве. К моменту посева яровой пшеницы по пару наибольшие запасы продуктивной влаги отмечены на вариантах, обработанных безотвальными орудиями (глубокое безотвальное рыхление и плоскорезная обработка).

В условиях ООО «Добровольное» Ипатовского района Ставропольского края в течение последних шести лет на большой площади ведется прямой сев полевых культур, таких как озимая пшеница, подсолнечник, кукуруза. Кафедра общего и мелиоративного земледелия Ставропольского ГАУ также занимается на территории хозяйства изучением этого вопроса. Полученные экспериментальные данные подтверждают высокую эффективность прямого посева. Достаточно привести показатели продуктивной влаги в почве при возделывании озимой пшеницы и подсолнечника. Весной в начале вегетации озимой пшеницы в 2009 году содержание продуктивной влаги в метровом слое по вспашке составило 130 мм, по мелкой обработке – 139, при прямом посеве – 147 мм. В 2010 году при возделывании подсолнечника 210; 207 и 252 мм соответственно.

Накопление влаги в почве положительно сказывается на количестве формируемого урожая. В 2009 году получена урожайность озимой пшеницы по вспашке 27 ц/га, по мелкой обработке 29,7 и при прямом посеве 39 ц/га. В 2010 году на этом же поле возделывали подсолнечник на маслосемена и получили урожайность: по вспашке – 11,1 ц/га, мелкой обработке – 12,7 и при прямом посеве – 15,8 ц/га (Г.Р. Дорожко, Д.Ю. Бородин, 2010).

По данным А.В. Алабушева и др. (2009), в условиях южной зоны Ростовской области высокие запасы влаги в метровом слое почвы ко времени посева сохранились по поверхностным обработкам в размере 49,4–49,5 мм, а меньше всего влаги накопилось по отвальной и безотвальной обработке – 45,7–35,3 мм. Максимальная урожайность озимой пшеницы была получена в вариантах с поверхностной обработкой.

Аналогичные результаты получены Е.В. Кузиной (2009). По ее данным, сохранение стерни при поверхностных обработках способствует накоплению снега, а снижение плотности ведет к уменьшению стока талых вод и увеличивает запасы влаги в почве. За годы исследований в слое 0–30 см вспаханной осенью почвы к моменту сева озимой пшеницы содержалось 37,5 мм



влаги, а в поверхностно обработанной почве – 42,0 мм. Эти различия достаточно высоки и положительно сказались на полевой всхожести семян, состоянии всходов и урожайности культуры. По вариантам поверхностной обработки урожайность озимой пшеницы составила 40,3, в варианте отвальной обработке – 39,7 ц/га.

А.И. Беленков (2006) отмечает, что на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья наибольшее усвоение атмосферных осадков отмечается при глубокой обработке плоскорезами и корпусами СибИМЭ, наименьшее – по мелкой безотвальной и чизельной обработкам. Оценка урожайности с.-х. культур и энергетической эффективности показала преимущество плоскорезной обработки перед отвальными.

Такого же мнения придерживаются С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин и О.И. Горянин (2008). Они отмечают, что переход на энергосберегающие способы подготовки почвы и посева с использованием комбинированных агрегатов создает более благоприятные условия для роста и развития растений. Как показали исследования, агрофизические свойства при этом не ухудшаются, водный режим улучшается, повышается в почве содержание подвижного фосфора и обменного калия, уменьшаются темпы минерализации гумуса.

Обработка почвы изменяет условия жизнедеятельности микроорганизмов и, таким образом, оказывает существенное влияние на синтез и разрушение органического вещества. Поэтому одним из основных критериев оценки различных приёмов обработки почв являются показатели количественного содержания и качественного состава гумуса. При выборе способа обработки следует исходить из необходимости направленного регулирования процессов накопления и расходования гумуса.

По данным отечественных и зарубежных авторов, интенсивная глубокая обработка почвы способствует более быстрому разложению и большим потерям гумуса. Безотвальная мелкая, поверхностная и особенно «нулевая»

обработки почвы несколько изменяют процесс превращения органического вещества. Здесь в более плотной почве снижается разложение свежих органических остатков, что способствует их лучшей гумификации и сокращению потерь гумуса по сравнению с глубокой вспашкой, где в аэробных условиях происходит более быстрый распад органики до простых веществ.

М. Ширинян и В. Кильдюшкин (2008) подчеркивают, что механическая обработка является фактором регулирования гумусного состояния почвы. Разрыхление почвы и свободный доступ кислорода в нее способствуют бурной микробиологической деятельности и усилению минерализации гумуса. Следовательно, для ослабления процессов минерализации гумуса необходима минимизация обработки почвы – замена глубоких поверхностными и плоскорезными обработками.

В экспериментах ученых Белгородской ГСХА лучший эффект получен от разноглубинной основной обработки почвы в севооборотах, где вспашку проводили лишь под пропашные и озимые культуры после многолетних трав, а поверхностную или плоскорезную и другие приемы безотвальной обработки почвы – под остальные культуры севооборота. За последние годы установлено, что на серых лесных почвах замена вспашки плоскорезной и поверхностной обработкой под кукурузу не привела к ухудшению физических и биологических свойств почвы, способствовала большему сбережению влаги и энергозатрат, не влияла на засоренность посевов и не снижала урожайность зеленой массы кукурузы. Это связано с тем, что содержание гумуса на вариантах плоскорезной и поверхностной обработки почвы с заделкой органических удобрений в верхний 0–10 см слой почвы повышалось на 0,05–0,1%, а на вариантах со вспашкой его содержание за период исследований оставалось постоянным (В.Н. Наумкин и др., 2005).

П.А. Котьяк и Е.В. Чебыкина (2008) считают, что для сохранения плодородия необходимо обрабатывать почву без оборота пласта. Локализация органических остатков и удобрений в верхних горизонтах почвы способству-

ет почвообразовательному процессу по типу дернового, близкого к естественным природным условиям, что приводит к увеличению содержания гумуса. При этом важное значение имеют растительные остатки, стимулирующие развитие численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов.

По мнению оппонентов, при безотвальных обработках содержание гумуса незначительно увеличивается лишь в верхнем слое пахотного горизонта, а в нижнем, наоборот, уменьшается.

Растительные остатки – это прежде всего источник микроорганизмов и физиологически активных веществ, проявляющих токсическое влияние на культивируемые растения.

В серии работ, проводившихся Э.А. Головки с соавторами (1981), было показано, что стерня и другие пожнивные остатки, которые в условиях безотвального рыхления образуют на поверхности почвы мульчирующий слой, во влажные холодные весны вызывают резкое угнетение роста кукурузы, пшеницы и люцерны. Ингибирующим началом в мульче является патулин (25–50 мкг/г), продуцируемый *Penicillium utricae* Vainet.

При разрушении растительных остатков освобождается значительное количество аминокислот, которые также присутствуют в корневых выделениях из семян. Отдельные конституционные аминокислоты в стерильных условиях способны угнетать рост высших растений, однако при совместном внесении нескольких аминокислот наблюдается благоприятное их влияние на урожай растений.

Поскольку органическое вещество служит для большинства микроорганизмов источником энергии и питательных веществ, при мелкой обработке они концентрируются в верхних слоях, при глубокой – более равномерно по всему корнеобитаемому слою.

М.К. Зинченко (2009) отмечает, что интенсивность разложения целлюлозы обуславливается приемом основной обработки почвы. Наиболее активный распад ткани (43%) отмечен на высокоинтенсивном минеральном фоне

по отвальной вспашке. Максимальная токсичность грибного комплекса наблюдается по плоскорезной обработке.

Вспашка почвы, обеспечивающая равномерное крошение и перемешивание обрабатываемого слоя, способствовала более ровному распределению растительных остатков в толще почвы, что благоприятствует развитию практически всех групп микроорганизмов.

По результатам исследований О.К. Боронтова и др. (2001), ежегодная обработка почвы без оборота пласта сдерживала интенсивность минерализационных процессов, отчего потери гумуса уменьшились на 38,2% в сравнении с контролем – отвальной вспашкой. Однако это привело к расслоению пахотного горизонта по содержанию гумуса: повышению его содержания в слое 0–15 см и уменьшению в слое 15–30 см. Отрицательное последствие дифференциации пахотного слоя по содержанию гумуса устранялось в комбинированной (отвально-плоскорезной) системе обработки почвы. Потери гумуса были на 25,2% меньше, чем на контроле.

Лучшим вариантом признано сочетание комбинированной обработки почвы при ежегодном внесении 10 т навоза и  $N_{53}P_{56}K_{53}$  кг на 1 га севооборотной площади. Это способствовало сохранению содержания гумуса практически на исходном уровне, то есть на начало ротации севооборота. При этом улучшился качественный состав гумуса: возросло содержание углерода гуминовых кислот на 0,4 абсолютных процента и фульвокислот – на 0,02%. Соотношение углерода гуминовых кислот к фульвокислотам возросло в 2,09 раза, что свидетельствует о преобладании синтетических процессов гумусообразования. Вместе с ростом подвижной части гумусовых веществ произошло накопление негидролизуемого остатка в общем содержании углерода до 55%.

По данным А.И. Беленкова, А.А. Холод и В.П. Шачнева (2010), в условиях сухостепной зоны каштановых почв Нижнего Поволжья максимальная микробиологическая активность почвы отмечалась в вариантах с отвальной и

плоскорезной обработками на 20–22 см под яровую пшеницу и со средней и мелкой глубиной обработок под ячмень.

Поскольку органическое вещество служит для большинства микроорганизмов источником энергии и питательных веществ, при мелкой обработке они концентрируются в верхних слоях, при глубокой – более равномерно по всему корнеобитаемому слою.

Д.А. Ткаченко и др. (2005) отмечают, что повышение активности почвенной биоты при проведении отвальной обработки почвы прежде всего обусловлено оптимизацией ее агрофизического состояния. Вспашка приводит к разуплотнению почвы, увеличению в ней доли пор аэрации в сравнении с безотвальными обработками, что особенно благоприятно для микроорганизмов при достаточном количестве влаги.

Как показали результаты исследований В.И. Фаизовой, В.С. Цховребова и А.М. Никифоровой (2011), численность микроорганизмов и их активность в том или ином слое почвы определяются количеством пищи (органической массы) для них, поэтому при бесплужных способах обработки наиболее биологически активным является верхний 0–10 см слой почвы. Безотвальные способы основной обработки почвы приводят к биологической разнокачественности пахотного слоя чернозема южного, с постепенным угасанием микробиологической активности с поверхности вглубь горизонта, характерной для целинных почв. При вспашке формируется пахотный горизонт с наиболее высокой микробиологической активностью среднего 10–20 см слоя почвы и наименьшей – верхнего 0–10 см слоя.

Академик А.А. Жученко (2009) отмечает, что особого внимания заслуживает влияние способов обработки почвы на развитие вредных организмов. Глубокая пахота с оборотом пласта считается наиболее эффективным средством снижения численности окукливающихся в почве насекомых (хлебные жуки, различные виды совок, луговой мотылек, злаковые мухи и др.). Одновременно отвальная вспашка является важнейшим средством, позволяющим

уменьшить запасы инфекций бурой ржавчины, мучнистой росы, септориоза. Зяблевая пахота с лущением стерни уменьшает засоренность посевов в 4 раза и более. Хотя поверхностная обработка почвы и имеет целый ряд преимуществ по сравнению с глубокой пахотой, она способствует увеличению разнообразия и численности вредных насекомых.

Так, в Краснодарском крае, т.е. в зоне достаточного увлажнения, при поверхностной обработке повышается численность проволочников и подгрызающих совок, создаются благоприятные условия для уходящих на зимовку личинок хлебной жужелицы, повышается интенсивность развития и распространения корневых гнилей и, в частности, запас возбудителей септориоза, существенно возрастает засоренность полей злаковыми сорняками, корнеотпрысковыми и корневищными многолетниками. Показано также, что нулевая обработка почвы в большинстве случаев повышает интенсивность развития болезней. В целом, заключает В.И. Цыганков (2009), замена обработок почвы с оборотом пласта на поверхностные и нулевые обработки почвы в обычных условиях приводит к резкому усилению развития вредных организмов, приближая фитосанитарное состояние соответствующих агроценозов к естественным экосистемам и сохраняя значительно большую его зависимость от почвенно-климатических и погодных факторов по сравнению с изменением технологии возделывания сельскохозяйственной культуры.

Т.С. Мальцев (1971) для преодоления засоренности посевов при мелких обработках предусматривал не только обязательное введение чистого пара, но и оптимально поздние сроки посева, позволяющие сократить засоренность с помощью предпосевных обработок.

При поверхностной обработке почвы растительные остатки являются резервантами инфекции для посевов последующих культур. При проведении же отвальной обработки почвы они заделываются на глубину и не способны вызывать заражение растений. При этом одновременно проводится заплата

растительных остатков и семян сорных растений, уничтожается до 50% зимующего запаса проволочника и других вредителей.

Изучение В.М. Гармашовым и А.Ф. Витером (2008) динамики засоренности посевов при различных системах обработки в течение двух ротаций севооборота показало, что наименьшая засоренность достигается при отвальных системах обработки. Минимальная засоренность культур севооборота отмечена при глубокой (до 30–37 см) и двухъярусной отвальных системах обработки. Перед уборкой на удобренном фоне она составила 8,9 шт./м<sup>2</sup>, в том числе многолетними – 2,8 шт./м<sup>2</sup>, на неудобренном – соответственно 36,8 и 9,3 шт./м<sup>2</sup>. При плоскорезной разноглубинной обработке почвы засоренность культур во второй ротации севооборота была выше: на удобренном фоне на 1 м<sup>2</sup> – 33 сорняка, в том числе 8 многолетних, на неудобренном – соответственно 59 и 11,4 шт.

Аналогичные данные получены А.А. Китаевым (1998) в многолетнем стационарном опыте опытной станции СтГАУ: в фитосанитарном отношении лучшим способом основной обработки почвы является вспашка, несколько хуже роторная обработка, а безотвальное рыхление, и особенно поверхностная обработка, не способствуют очищению посевов рапса от сорной растительности.

По этой же причине, как отмечает В.В. Храпач (1999), в посевах кукурузы на силос максимальная урожайность была получена на варианте с отвальной обработкой, существенно превышающая ее по поверхностной обработке.

Противоположные данные получены А.В. Алабушевым и др. (2009), объясняется это тем, что при отвальной вспашке на поверхность выносятся семена сорняков, находящиеся глубоко в почве, и при благоприятных условиях они прорастают.

В.В. Немченко и др. (2008) отмечают, что при переходе на прямой посев по стерне изменился состав сорняков. Было отмечено увеличение проса

куриного (*Echinochloa crusgalli* (L.) Pal. Beauv.) в 1,5–2 раза, вьюнка полевого (*Convolvulus arvensis* L.) в 6–7 раз. Появились зимующие сорняки: мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.) и аистник цикутовый (*Erodium cicutarium* L.); бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop) и осот полевой (*Sonchus arvensis* L.) по мере уплотнения почвы вытеснялись из агроценоза.

Согласно данным, полученным Н.Н. Апаевой и др. (2011), безотвальная обработка способствует оптимизации фитосанитарного состояния посевного (0–10 см) слоя и повышению урожайности ячменя на 29% по сравнению с вариантом без обработки и почти на 12% – по сравнению с отвальной вспашкой.

В исследованиях А.А. Борина и О.А. Коровиной (2011) показан факт увеличения засоренности посевов при безотвальной обработке почвы. По всем культурам севооборота (пар, пшеница – клевер – рожь – картофель – ячмень) количество и масса сорняков по безотвальной обработке заметно выше, чем при отвальной системе, а комбинированная обработка занимает среднее положение. Причем в первые годы закладки севооборота эти различия были более заметными. В дальнейшем произошло некоторое выравнивание засоренности, однако по безотвальной обработке она оставалась более высокой.

А.А. Проскурина (2011) констатирует, что в условиях северной лесостепи Тюменской области минимальная засоренность посевов ярового ячменя была на варианте дифференцированной обработки, а наибольшая – по нулевой технологии.

Несколько противоречивые данные получены Ю.Н. Плескачевым и О.В. Суховой (2013). Использование системы прямого посева показало, что по сороочистительному эффекту она превосходила общепринятую систему отвальной вспашки. Наряду с применением гербицидов авторами отмечалось эффективное выделение алкалоидов, вследствие разложения пожнивных остатков, которые негативно влияли на жизнедеятельность сорной раститель-



ности. В результате чего на вариантах с использованием системы прямого посева наблюдалась тенденция в сторону снижения количества сорняков, чем больше был срок ее применения, тем четче просматривалось их уменьшение.

По мнению Г.Р. Дорожки, О.И. Власовой, А.И. Тивикова (2012), резкое снижение урожайности озимой пшеницы при ее прямом посеве по колосовому предшественнику связано в первую очередь с сильным развитием корневых гнилей. Необработанная почва имеет большой запас инфекции вследствие накопления растительных остатков, практически не разлагаемых ко времени сева озимых колосовых культур. Поэтому прямой посев озимых культур по колосовым предшественникам не рекомендуется.

Хорошие результаты прямой посев дает по пропашным предшественникам.

При минимализации основной обработки почвы (замена отвальной обработки на безотвальное рыхление, поверхностную или мелкую обработку почвы или полный отказ от обработки) Т.А. Трофимовой и А.С. Черниковым (2009) установлено:

- увеличение численности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур, в том числе корнеотпрысковых;
- снижение содержания нитратных форм азота в слое 0–30 см по сравнению с отвальной обработкой;
- на деградированных черноземах полный отказ от отвальной обработки ведет к сильному переуплотнению почв.

Успешное внедрение приемов минимализации основной обработки почвы возможно на почвах, устойчивых к уплотнению, при использовании полей, сравнительно чистых от сорняков, при подборе сельскохозяйственных культур, обеспечивающих урожай при минимальных обработках не ниже, чем при традиционных приемах обработки почвы (прежде всего озимые и яровые зерновые культуры).

При переходе к мульчирующим и нулевым обработкам необходимо периодически проводить глубокое рыхление почвы.

Анализ литературных данных подтверждает тот факт, что в настоящее время не может быть единой, универсальной системы обработки почвы, одинаково пригодной и эффективной в разных условиях. Она должна быть дифференцированной, адаптированной к почвенно-климатическим условиям, а поэтому изучение влияния севооборотов, обработки почвы и фитосанитарного состояния, которые оказывают решающее влияние на плодородие почвы и урожайность возделываемых культур, является актуальным для сельскохозяйственного производства, и их разработка в условиях Центрального Предкавказья имеет большое практическое значение, чему и посвящена данная научная работа.

## Глава 2. ПРОГРАММА, МЕТОДИКИ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Почвенно-климатические условия места проведения опытов

Исследования проводили в 1992–1998 гг. в стационарном опыте кафедры земледелия Ставропольского сельскохозяйственного института, в 2000–2013 гг. в стационарном опыте кафедры агрохимии и земледелия опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета.

Полевые исследования проводили в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. Опытная станция СтГАУ расположена на Ставропольской возвышенности, согласно схеме агроклиматического районирования, в III агроклиматическом районе. Климатические условия обусловлены влиянием вертикальной зональности (высота над уровнем моря 500–550 м) и резко континентальным климатом прилегающих районов.

Характерной особенностью зоны является неустойчивое увлажнение по годам и неравномерность выпадения осадков в течение года. Средняя многолетняя сумма осадков составляет 623 мм, за вегетационный период выпадает 350–370 мм, среднегодовая температура воздуха 9,2°C. Гидротермический коэффициент 1,1–1,3. Сумма положительных температур воздуха выше 10° составляет 2800–3200°C. Нарастание температуры весной идет быстро. Средняя месячная температура самого теплого месяца (июля) +21,9°C. Средняя месячная температура самого холодного месяца (января) –3,7°C. Минимальные температуры зимой опускаются до –32°C. Продолжительность зимы колеблется от 85 до 110 дней. Максимальная глубина промерзания почвы 27–29 см, а в отдельные годы до 100 см. Снежный покров неустойчив, средняя высота его 15–20 см. В течение зимы очень часты оттепели. Весенние заморозки заканчиваются в апреле, иногда отмечаются и в мае. Среднесуточная температура воздуха поднимается выше +10°C после 15–20 апреля.

Переход среднесуточных температур через отметку  $+5^{\circ}\text{C}$  происходит, как правило, весной – в начале апреля, осенью – во второй декаде ноября. Лето жаркое, максимальная температура достигает отметки  $+37^{\circ}\text{C}$  и выше.

Высокие температуры обуславливают большую испаряемость, которая превышает количество выпадающих осадков.

Относительная влажность воздуха характеризует степень насыщенности воздуха водяными парами, которые оказывают большое влияние на развитие растений. В июле–августе относительная влажность воздуха опускается до 59–62%, что оказывает неблагоприятное действие на развитие растений. Нередким явлением на территории хозяйства являются засухи и суховеи. Общее число дней с суховеями достигает 50–60. Суховеи могут сопровождаться сильными ветрами со скоростью более 15 м/с, накопление влаги в почве осуществляется преимущественно за счет осадков холодного периода, чему способствует неглубокое промерзание почвы, частые оттепели и невысокое испарение зимой.

Среднегодовая температура воздуха равна  $+7,5^{\circ}\text{C}$ , а почвы  $+9,3\dots+10^{\circ}\text{C}$ .

Продолжительная тёплая осень, мягкая и малоснежная зима со слабым промерзанием почвы, глубокое осенне-зимнее промачивание почвы чередуются здесь с периодом значительного иссушения почвы в весенне-летнее время.

Землепользование находится на Ставропольской возвышенности, на высоте 500–600 м над уровнем моря. Большая часть территории хозяйства представляет собой слабоволнистую равнину. Наиболее конкретной чертой рельефа является пестрота в строении поверхности. Более  $\frac{3}{4}$  сельскохозяйственных угодий расположено на склонах крутизной более 1 градуса, что способствует развитию эрозионных процессов. Господствующей формой рельефа учебно-опытного хозяйства является слабоволнистая равнина с пологими склонами, используемая под земледелие. Крутые склоны со смытыми и не-

развитыми почвами, как правило, заняты низкопродуктивными природными кормовыми угодьями.

Уровень грунтовых вод в хозяйстве составляет 1,1–6,0 метра. В зимне-весенний период грунтовые воды поднимаются почти к поверхности почвы (3–25 см), а в летне-осенний период их уровень опускается за пределы почвенной толщи. Испарение почвенно-грунтовых вод способствует накоплению солей в почвенном профиле. В различные периоды года накопление на поверхности или в более глубоких горизонтах.

Естественная растительность на территории хозяйства сохранилась только на крутых склонах и на возвышенных участках со слабо развитыми почвами, близко подстилаемыми известняками. Здесь она занята большей частью низкопродуктивными сенокосами и пастбищами. Травянистая растительность более продуктивна на склонах северной экспозиции.

Черноземные почвы занимают наибольшую площадь Северо-Кавказского региона (47%). В Ростовской области черноземами занято 66,9% территории, в Краснодарском крае – 63%, в Ставропольском крае – 43%, в Северной Осетии – Алании, Чечне и Ингушетии – 26,3%.

Генезис черноземов неразрывно связан с особенностями материнских пород (лёссы, лессовидные суглинки, элювий и делювий карбонатных пород) и травянистой растительностью степей. На начальных этапах почвообразования растения создают мощный войлок дернины. Опад степной растительности богат зольными элементами и имеет хорошие запасы азота и фосфора. Это благоприятствует развитию процессов гумификации. По этой причине все черноземы имеют серый, серо-бурый или темно-серый цвет.

Значительную роль в гумусообразовании играет богатый минералогический состав почвообразующих пород и их карбонатность.

В химическом составе лессовидных суглинков преобладает кремнезем, значительное количество падает на долю окислов алюминия и сравнительно меньше – окислов железа. Эти породы характеризуются значительным со-

держанием фосфора (0,10–0,17  $P_2O_5$ ) и калия (1,71–2,03  $K_2O$ ), что позволяет характеризовать эти отложения как богатую породу для образования почв.

Почвы, сформировавшиеся на этих породах, сами обнаруживают карбонатный характер: вскипают от соляной кислоты или с поверхности, или в непосредственной близости от нее. Почвы отличаются высокой емкостью поглощения, обусловленной высоким содержанием высокодисперсных илистых частиц. Емкость поглощения пахотного слоя 40 мг-экв/100 г почвы.

Почвенный покров опытной станции СтГАУ довольно однороден и почвы залегают здесь большими контурами. Почвы хозяйства представлены черноземом выщелоченным глубокомицелярно-карбонатным, тяжелосуглинистым.

На Северном Кавказе выщелоченные глубокомицелярно-карбонатные черноземы занимают около 0,5 млн га (В.Ф.Вальков и др., 2002). Наибольшие площади сосредоточены в Западном Предкавказье, широкая полоса находится в южной части Кубанской низменности.

Эти почвы имеют большую, чем у типичных черноземов, мощность гумусовых горизонтов. Это связано с большим обилием растительности, продукты гумификации которой, в условиях более мягкого климата, еще глубже проникают в почвенный профиль. Поэтому среди выщелоченных черноземов преобладают сверхмощные. Основным отличительным признаком почв – это глубокая (до материнской породы) выщелоченность карбонатов, которая обуславливает несколько уплотненное сложение профиля.

Чернозем выщелоченный характеризуется в настоящее время средним содержанием гумуса (5,2–5,9%), нитрификационной способностью (16–30 мг/кг), подвижного фосфора (18–28 мг/кг, по Мачигину) и средним – обменного калия (240–290 мг/кг). Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах почвы нейтральная, рН находится в пределах 6,2–6,7. Содержание общего азота – 0,25%, общего фосфора – 0,13–0,15%, общего калия – 2,3%.

У выщелоченных черноземов линия вскипания от НС1 проходит на 20 см ниже в начале второго метра.

Таким образом, почвы опытной станции СтГАУ обладают высоким плодородием, имеют хорошую зернисто-комковатую структуру (горизонт А), среднюю гумусированность, оптимальную реакцию почвенного раствора, достаточное содержание основных элементов питания, отсутствие вредных солей, а также удачно сочетаются здесь с благоприятными климатическими условиями, что позволяет ежегодно получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур.

### **Погодные условия в годы проведения опытов**

Анализ погодных условий в годы проведения опытов показал, что сумма осадков и температурный режим изменялись, в связи с чем менялась влагообеспеченность культур севооборота. На рисунке 1 отражены данные выпадения осадков с 1992 по 2012 год, которые свидетельствуют, что из 20 анализируемых лет десять характеризовались типичным увлажнением, в десяти осадков выпадало ниже нормы. Место проведения исследований характеризуется как «зона рискованного земледелия», отличающаяся неустойчивым режимом увлажнения и перепадом показателей температурного режима. Приблизнены к среднемноголетним были 1992–1993, 1995–1996, 1996–1997, 1999–2000, 2000–2001, 2001–2002, 2002–2003, 2003–2004, 2004–2005, 2009–2013 годы, которые характеризовались сравнительно лагоприятными погодными условиями для развития сельскохозяйственных культур.

Остальные годы были с недостаточным увлажнением, особенно засушливыми были 1993–1994, 2007–2008, 2012 в которые соответственно выпало 440 и 476,5 мм осадков, что ниже по сравнению со среднемноголетними данными на 183 и 146,5 мм, в эти годы недостаточный влагозапас, особенно в период всходов озимых культур, неблагоприятно сказался на росте и развитии сельскохозяйственных культур.



Рисунок 1 – Режим выпадения осадков по данным метеостанции г. Ставрополя.

Следовательно, сумма осадков за анализируемый период в 50% лет несколько превышала среднемуголетние показатели, а в 50% была ниже нормы. Распределение температур по годам складывалось следующим образом (рисунок 2): в 50% лет температуры приближались к среднемуголетним,

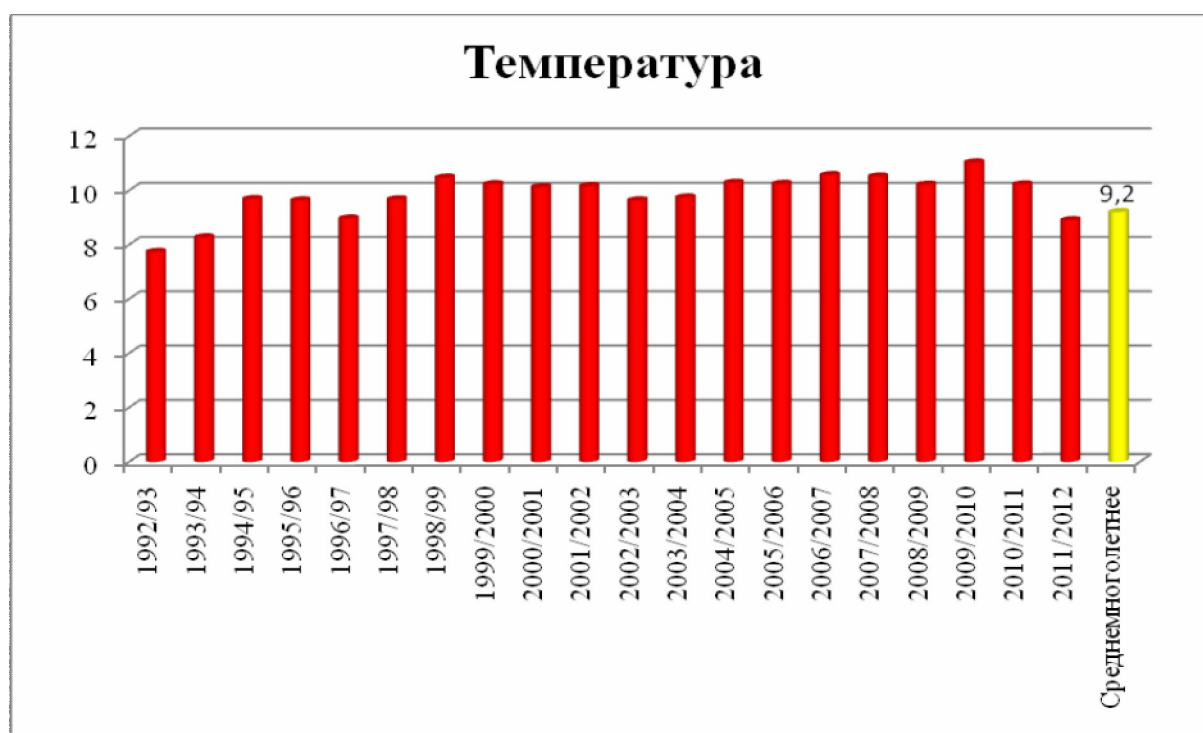


Рисунок 2 – Температурный режим по данным метеостанции г. Ставрополя.



в 30% они были пониженными, а в 20% – выше среднедолголетних. При этом острозасушливые годы сопровождались пониженными температурами, что несколько нивелировало недостаток влаги.

Анализ вышеописанных погодных условий места проведения опытов позволяет сделать заключение, что они варьировали по годам, вместе с тем благоприятствовали росту и развитию сельскохозяйственных культур.

## **2.2. Схемы и методики проведения опытов**

Исследования проводили в 1994–2013 гг. в стационарных опытах опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета, которая находится в пределах Ставропольской возвышенности, а также в производственных условиях Центрального Предкавказья.

**Опыт 1. Изучение длительного применения способов обработки почвы в зернопропашном севообороте на урожайность сельскохозяйственных культур (2000–2012 гг.).**

Стационар представляет собой длительный опыт «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах», зарегистрирован в реестре аттестатов длительных опытов Геосети ВНИИА Российской Федерации. Схема опыта – 4×4×8 и содержит 128 вариантов. Опыт трехфакторный, представлен следующими факторами: А – системы удобрения в севообороте, В – способы и приемы основной обработки почвы, С – предшественник.

Варианты с изучаемыми согласно схеме опыта системами удобрений накладывались на варианты с различными способами основной обработки почвы: 1) отвальный способ (обработка ПЛН-4-35 на глубину 20–22 см);

2) безотвальный способ (КПП-250 на 20–22 см);

3) роторный способ (обработка фрезой «Роттерс» на глубину 20–22 см);

4) поверхностная обработка БДТ-3 в два следа на глубину 10–12 см.

В 2009 г. произведена модификация способов обработки почвы: фрезерная обработка была заменена комбинированной, выполняемой с помощью

АКП-6 на 20–22 см; вариант поверхностной обработки заменен на мелкую и вместо орудия БДТ-3 использовался дискатор БДМ6х4 на 10–12 см; вариант безотвальной обработки заменен на разноглубинную, которая заключалась в том, что под пропашные культуры в качестве основной обработки применялся безотвальный способ, выполняемый чизельным плугом ПЧ-4 на глубину 25–27 см, под озимый ячмень и горох – вспашка, под озимую пшеницу поверхностная, выполняемая дискованием БДМ6х4 на 16–18 см.

Расположение вариантов в повторениях – систематическое последовательное в два яруса с расщепленными деланками. Тип севооборота – зерно-паропропашной со следующим чередованием культур: горохоовсяная смесь (занятой пар) – озимая пшеница – озимый ячмень – кукуруза на силос – озимая пшеница – горох – озимая пшеница – озимый рапс (с 2000 г. – яровой рапс, с 2010 г. – подсолнечник), развернут в пространстве и времени. Общая площадь деланки 108 м<sup>2</sup>, учетная – 66 м<sup>2</sup>. Повторность опыта трехкратная. Общая площадь стационара 6,4 га.

В опыте изучались следующие системы удобрений: рекомендованная система удобрений – синтезирована на основе материалов, полученных в рассматриваемом стационаре с насыщенностью севооборота NPK 115 кг/га (в т.ч. N<sub>50</sub>P<sub>58,75</sub>K<sub>6,25</sub>), при соотношении N:P:K = 1:1,18:0,13 + 5 т/га навоза; биологизированная система удобрений – ориентирована на максимальное использование органических удобрений с насыщенностью севооборота NPK 62,5 кг/га, (в т.ч. N<sub>42,5</sub>P<sub>20</sub>K<sub>0</sub>) при соотношении N:P:K = 1:0,47:0 + 8,2 т/га органических удобрений, в том числе 5 т/га навоза подстилочного. В опыте использовались сорта сельскохозяйственных культур: озимая пшеница – зерноградка 9, озимый ячмень – Михайло, кукуруза – СТК-840, горох – Аксайский усатый 5, озимый рапс – Отрадненский, яровой рапс – Форум, горох + овес – (Аксайский усатый 5 + Валдин 765). В качестве удобрений в опыте применялись аммиачная селитра, мочевины, аммофос, нитроаммофос, нитроаммофоска, а также использовали растительные остатки культур севооборота и полуперепревший навоз крупного рогатого скота.

**Опыт 2. Влияние предшественников и бессменных посевов на формирование агрофитоценоза озимой пшеницы (1992–1998 гг.).**

Полевые опыты проводились на многолетнем стационарном опыте опытной станции СтГАУ по изучению эффективности культур севооборота на агрофитоценоз озимой пшеницы. Общая площадь делянки  $128 \text{ м}^2$ , учетная –  $88 \text{ м}^2$ . Повторность опыта трехкратная. Расположение вариантов в повторениях – систематическое последовательное в два яруса с расщепленными делянками. Тип севооборота – зернотравянопропашной.

**Опыт 3. Разработка и внедрение элементов биологизированного земледелия с целью сохранения и повышения плодородия почвы в условиях СПК им. Ворошилова Труновского района Ставропольского края (2010–2012 гг.).**

Весной 2010 года осуществлена подготовка почвы под посев полевых культур – предшественников озимой пшеницы: горох + овес на зеленый корм, эспарцет на сено, эспарцет на сидеральное удобрение, горох на зерно, соя на зерно, подсолнечник, кукуруза на силос, пар чистый.

Наличие в севообороте эспарцета и зернобобовых культур положительно влияет на плодородие почвы, что способствует повышению продуктивности выращивания культур в севообороте. Чередование культур в севообороте с различными биологическими особенностями, с различной технологией их выращивания существенно повышает фитосанитарное состояние полей, что снижает кратность применения пестицидов, а это обуславливает получение экологически чистой продукции.

Схема опыта: Размер делянки:  $7,2 \times 50 \text{ м} = 360 \text{ м}^2$ . Ширина дорожки между делянками: 0,5 м. Разворотная полоса: длина 204,3 м, ширина 10 м. Площадь пашни под делянками:  $8640 \text{ м}^2$ . Общая площадь пашни под опытом (с включением разворотных полос):  $21301,0 \text{ м}^2 \approx 2,13 \text{ га}$ .

Осенью 2010 года по этим предшественникам посеяна озимая пшеница, а в 2011 году – подсолнечник.

Агротехника возделывания культур в опыте общепринятая для зоны и проводилась в соответствии со схемами проведения опытов (Системы земледелия Ставрополья, 2011).

Проведение лабораторных исследований осуществляли на базе лаборатории «Технологии возделывания полевых культур», «Агрохимического анализа», лаборатории мониторинга почв Ставропольского НИИСХ, лаборатории ЦЛАТИ.

### **Методики проведения опытов**

Полевые и лабораторные исследования проводили по утвержденным методикам.

Определение строения пахотного слоя почвы проводили методом насыщения в цилиндрах. Цилиндром– буром отбирали образец почвы с естественным сложением в слое 0-30 см, в четырех местах деланки пере севом озимой пшеницы, в фазу весеннего кушения и полную спелость. (И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев, 2005).

Плотность почвы – с помощью почвенного бура АМ-7 (ГОСТ 15150-69). Почвенные образцы отбирали с горизонтов 0–0,1; 0,1–0,2 и 0,2–0,3 м перед севом, в фазу весеннего кушения и полную спелость. Определение агрегатного состава почвы проводили перед севом озимой пшеницы, в фазу весеннего кушения и полную спелость методом сухого просеивания и разделения почвенного образца с пахотного горизонта на фракции. (И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев, 2005).

Водопрочность структуры почвы – по методу П.И. Андрианова, метод основан на учёте агрегатов, распавшихся в воде за определённый промежуток времени. Образцы почвы отбирали с пахотного горизонта проводили перед севом озимой пшеницы, в фазу весеннего кушения и полную спелость (И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев, 2005).

Влажность почвы, максимальную гигроскопичность, продуктивную влагу определяли весовым методом. Пробы почвы для определения влажно-

сти отбирали в полевых условиях послойно специальным игольчатым буром, на глубину до 1 м через каждые 10 см, взвешивали на электронных весах с точностью до 0,01 г, затем крышки снимали и бюксы с почвой помещали в сушильный шкаф и высушивали до постоянной массы при температуре 1050С. После высушивания бюксы с почвой взвешивали и спомощью математических расчетов, вычисляли влажность почвы, максимальную гигроскопичность, продуктивную влагу (И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев, 2005).

Учет растительных остатков проводили с помощью модификации метода монолита – способ рамочной выемки почвы. Отбор образцов производили после уборки полевых культур (И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев, 2005).

Засоренность посевов определяли с помощью квадратной рамки площадью 0,25 м<sup>2</sup>, в четырех местах делянки в фазу кущения и полной спелости (И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев, 2005).

Аллелопатическую активность почвы определяли по методике А.М. Гродзинского, Е.Ю. Костромы, Т.С. Шроля, И.Г. Хохловой (1990) с использованием в качестве тест-культуры семян редиса и кресс-салата и непосредственно возделываемой культуры (при пролонгированном действии). Почву для анализа отбирали из ризосферы культур перед уборкой. Затем в лабораторных условиях отвешивали по 100 г почвы в трехкратной повторности с каждого варианта опыта. Помещали почву в чашки Петри, увлажняли до пастообразного состояния и накладывали фильтр. На фильтр раскладывали по 20 семянтест-культуры, предварительно замоченных на 12 часов и проращивали в течение 3-х суток в термостате. Затем вели замеры длины корешков.

Количественный и видовой состава микроорганизмов почвы проводили по методикам отдела почвенных микроорганизмов института микробиологии АН РФ (1989), прямым подсчётом. Отбор почвенных образцов из зоны ризо-

сферы озимой пшеницы для микробиологических исследований производили одновременно на всех делянках трёх повторностей, в фазу цветения озимой пшеницы. Среднюю пробу почвы ризосферы получали путём смешивания нескольких образцов, которые представляли собой монолиты 10x10 см. Для определения организмов, использующих минеральный азот, применяли среду КАА; среду МПА – для определения аммонификаторов; для определения микроскопических грибов использовали среду Чапека-Докса; среду Гетчинсона – для определения целлюлозоразрушающих организмов. Затем перемножали данные подсчета клеток на значение разведения, объём суспензии и площадь поля зрения и получали количество клеток микроорганизмов в 1 г почвы в зоне ризосферы (млн или тыс. шт).

Оценку поражаемости озимой пшеницы основными возбудителями грибных заболеваний определяли согласно методикам ВНИИЗР (А.Е. Чумаков, Т.И. Захаров, 1990). Наблюдения проводили в фазы колошения, молочно-восковой спелости озимой пшеницы. По диагонали учётной делянки отбирали 10 проб по 10 растений и определяли интенсивность поражения каждым заболеванием, согласно шкалам. Затем определяли степень распространения и развития болезней по формулам.

Определение элементов питания в растительных образцах проводили по методике Б.А. Ягодина (1987), массовую концентрацию летучих фенолов в водах проводили экстракционно-фотометрическим методом согласно РД 52.24.488-2006 (утв. Росгидрометом 25.09.2006).

Ферментативная активность: каталазы – по Джонсону и Темпле (Ф.Х. Хазиев. Методы почвенной энзимологии, 1990), уреазы – по Т.А. Щербаковой (1983), инвертазы – по методу И.Н. Ромейко и С.М. Малиновской (Ф.Х. Хазиев, 1990), фосфатазы – по методу А.Ш. Галстяна и Э.А. Арутюнян (1966). Отбор почвенных образцов осуществляли в фазу кущения и полной спелости.

Стекловидность зерна определяли согласно ГОСТу 10987-76, объёмную массу – ГОСТ 10840-64, массу 1000 зёрен – ГОСТ 10842-76, количество и качество клейковины – ГОСТ 13586,1-68. Учет урожая сплошной, поделочный– путем обмолота комбайна Сампо-500.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена дисперсионным, ковариационным и корреляционно-регрессионными методами по Б.А. Доспехову (1985) с использованием компьютерной программы Полифактор. Экономическую эффективность рассчитывали согласно рекомендаций Емельянова А.М. (1982) на основе существующих норм, расценок и закупочных цен по состоянию на год реализации.

### **3. УПРАВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ**

#### **3.1. Роль севооборота в воспроизводстве органического вещества почвы. Накопление растительных остатков полевых культур в почве**

В мире формируется новая парадигма ведения сельского хозяйства, основой которой являются бережное отношение к почвенным ресурсам и окружающей среде, при одновременном получении необходимого количества сельскохозяйственной продукции.

Среди условий, определяющих рост эффективности сельскохозяйственного производства в современных условиях, большое значение должно отводиться разработке и внедрению зональных альтернативных экологически безопасных систем земледелия, составной частью которых являются плодосменные биологизированные севообороты и энергосберегающие адаптивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Оценку и роль севооборота в современном земледелии проводят по таким критериям: биологизация земледелия, регулирование режима органического вещества почвы и элементов питания, поддержание удовлетворительного структурного состояния почвы, регулирования водного баланса агроценозов, предотвращение эрозии и дефляции, регулирование фитосанитарного состояния посевов и почвы.

Установлено, что из числа факторов, влияющих на плодородие почвы, в первую очередь необходимо отметить севооборот, который является также и мощным фактором биологизации. Подтверждается это следующими положениями:

– различные культуры агроценоза имеют разный уровень отчуждения органического вещества, вследствие чего севообороту в агроценозе принадлежит особая роль в создании бездефицитного баланса гумуса;



- севооборот оказывает положительное влияние на агрофизические факторы плодородия, что особенно важно для черноземов выщелоченных, склонных к слитизации;
- севооборот–фактор оптимизации фитосанитарного состояния;
- только система севооборотов позволяет наиболее целесообразно использовать почвенную влагу, предотвратить негативное проявление почвенной засухи;
- в системе севооборотов происходит взаимосвязь растительности с изменением климата, что способствует сохранению углерода в почве;
- севооборот, являясь основой осуществления технологических систем (обработки почвы, системы удобрений, защиты растений и др.), только за счет рационального чередования культур способствует повышению продуктивности на 7–8 ц/га.

Практическое освоение биологизированных технологий предполагает использование симбиотической азотфиксации, сидератов, максимально возможного количества послеуборочной фитомассы для сохранения биотического круговорота веществ и энергии в агрофитоценозах.

Для сохранения и воспроизводства плодородия почвы важным источником поступления органического вещества являются корневые и пожнив-ные растительные остатки, актуальность использования которых возрастает в связи с ограниченными возможностями сельскохозяйственных предприятий приобретать органические, минеральные удобрения и химические средства защиты растений.

Наличие в растительных остатках макро- и микроэлементов объясняет их высокую биологическую ценность при внесении в почву.

Следует отметить, что запаханные стерневые остатки зачастую не компенсируют потерь гумуса из почвы, т.к. 70–80% поступающих в почву растительных остатков минерализуются до конечных продуктов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ) и только 20–30% превращаются в органическое вещество почвы. Важным

фактором при этом является повышение коэффициента гумификации корневых и пожнивных остатков, что возможно благодаря созданию оптимального соотношения в растительных остатках углерода к азоту за счет размещения озимой пшеницы по зернобобовым культурам и занятым парам.

Наибольшее количество растительных остатков в восьмипольном зернопропашном севообороте накапливается после озимых зерновых культур в следующей последовательности: озимый ячмень → озимая пшеница после занятого пара → озимая пшеница после гороха → озимая пшеница после кукурузы на силос. На варианте с использованием в качестве основной обработки почвы при рекомендованной системе удобрений (таблица 1) после занятого пара озимая пшеницы оставляет 7,2, после гороха 6,3, после кукурузы на силос 6,2 т/га, несколько меньше при поверхностной обработке – 6,2; 5,7 и 5,7 т/га, при комбинированной – 5,9; 5,4 и 5,2 т/га, меньше всего растительных остатков накапливается на варианте мелкой обработки – 5,4; 5,0 и 4,7 т/га. После кукурузы на силос в зависимости от варианта обработки почвы растительных остатков соответственно 6,3; 6,1; 5,6 и 5,7 т/га. После гороха и ярового рапса их несколько меньше. При этом необходимо отметить, что в годы с неблагоприятным увлажнением (2003, 2004, 2009) рост надземной массы растений сдерживается, корней – усиливается, в то время как при оптимальной и повышенной влажности (2005–2008, 2010, 2011) растения развивают большую надземную и меньшую корневую массу. В среднем за ротацию севооборота масса корневых остатков в 1,3–1,5 раза больше, чем стерневых.

В результате исследований влияния систем удобрений на накопление растительных остатков установлено преимущество рекомендованной системы удобрений над биологизированной.

Таблица 1 – Накопление пожнивно-корневых растительных остатков (2000–2013 гг.)  
при рекомендованной системе удобрений, т/га

Культура	Обработка почвы:											
	отвальная			разноглубинная			комбинированная			мелкая		
	корн.	пожн.	всего	корн.	пожн.	всего	корн.	пожн.	всего	корн.	пожн.	всего
Горох+овес з/к	2,1	3,7	5,8	1,2	3,4	4,6	2,1	4,6	6,7	1,0	2,4	3,4
Озимая пшеница	2,3	5,0	7,2	1,8	4,4	6,2	1,8	4,1	5,9	1,6	3,8	5,4
Озимый ячмень	2,8	6,4	9,2	2,6	6,0	8,6	2,5	5,9	8,4	2,1	4,7	6,8
Кукуруза на силос	1,9	4,4	6,3	1,8	4,3	6,1	1,8	3,8	5,6	1,7	4,0	5,7
Озимая пшеница	1,8	4,4	6,2	1,7	4,0	5,7	1,5	3,7	5,2	1,4	3,3	4,7
Горох	1,0	2,3	3,3	0,9	2,3	3,2	0,9	2,0	2,9	0,8	1,9	2,7
Озимая пшеница	1,9	4,4	6,3	1,7	4,0	5,7	1,6	3,8	5,4	1,5	3,5	5,0
Яровой рапс, с 2010 – подсолнечник	0,9	2,3	3,2	0,8	2,1	2,9	0,8	2,1	2,9	0,8	1,8	2,6
<b>Итого по севообороту</b>	<b>14,7</b>	<b>32,9</b>	<b>47,6</b>	<b>12,5</b>	<b>30,5</b>	<b>43,0</b>	<b>13,0</b>	<b>30,0</b>	<b>43,0</b>	<b>10,9</b>	<b>25,4</b>	<b>36,3</b>

Таблица 2 – Накопление пожнивно-корневых растительных остатков (2000–2013 гг.)  
при биологизированной системе удобрений, т/га

Культура	Обработка почвы:											
	отвальная			разноглубинная			комбинированная			мелкая		
	корн.	пожн.	всего	корн.	пожн.	всего	корн.	пожн.	всего	корн.	пожн.	всего
Горох+овес з/к	1,4	3,2	4,6	1,2	2,6	3,8	1,9	4,0	5,9	0,9	2,3	3,2
Озимая пшеница	1,9	4,6	6,5	1,8	4,1	5,9	1,8	4,1	5,9	1,5	3,6	5,1
Озимый ячмень	1,8	4,2	6,0	1,6	3,9	5,5	1,6	3,7	5,3	1,4	3,1	4,5
Кукуруза на силос	1,9	4,5	6,4	1,8	4,3	6,1	1,8	3,8	5,6	1,7	4,0	5,7
Озимая пшеница	1,8	4,1	5,9	1,5	3,7	5,2	1,5	3,5	5,0	1,4	3,3	4,7
Горох	1,7	4,0	5,7	1,6	3,6	5,2	1,6	3,6	5,2	1,3	3,2	4,5
Озимая пшеница	1,9	4,2	6,1	1,6	3,8	5,4	1,5	3,7	5,2	1,3	3,2	4,5
Яровой рапс, с 2010 – подсолнечник	0,8	1,9	2,7	1,0	2,3	3,3	0,8	1,8	2,6	0,7	1,6	2,3
<b>Итого по севообороту</b>	<b>13,2</b>	<b>30,7</b>	<b>43,9</b>	<b>12,1</b>	<b>28,3</b>	<b>40,4</b>	<b>12,5</b>	<b>28,2</b>	<b>40,7</b>	<b>10,2</b>	<b>24,3</b>	<b>34,5</b>

На варианте с рекомендованной системой удобрений за ротацию поступает в зависимости от способов обработки от 47,6 до 36,3 т/га растительных остатков, включая побочную продукцию, это на 3,9–2,3 т/га выше, чем при биологизированной системе удобрений (таблица 2), то есть внесение минеральных и органических удобрений в умеренных дозах обеспечивает повышение поступления органического вещества растительных остатков (рисунок 3).

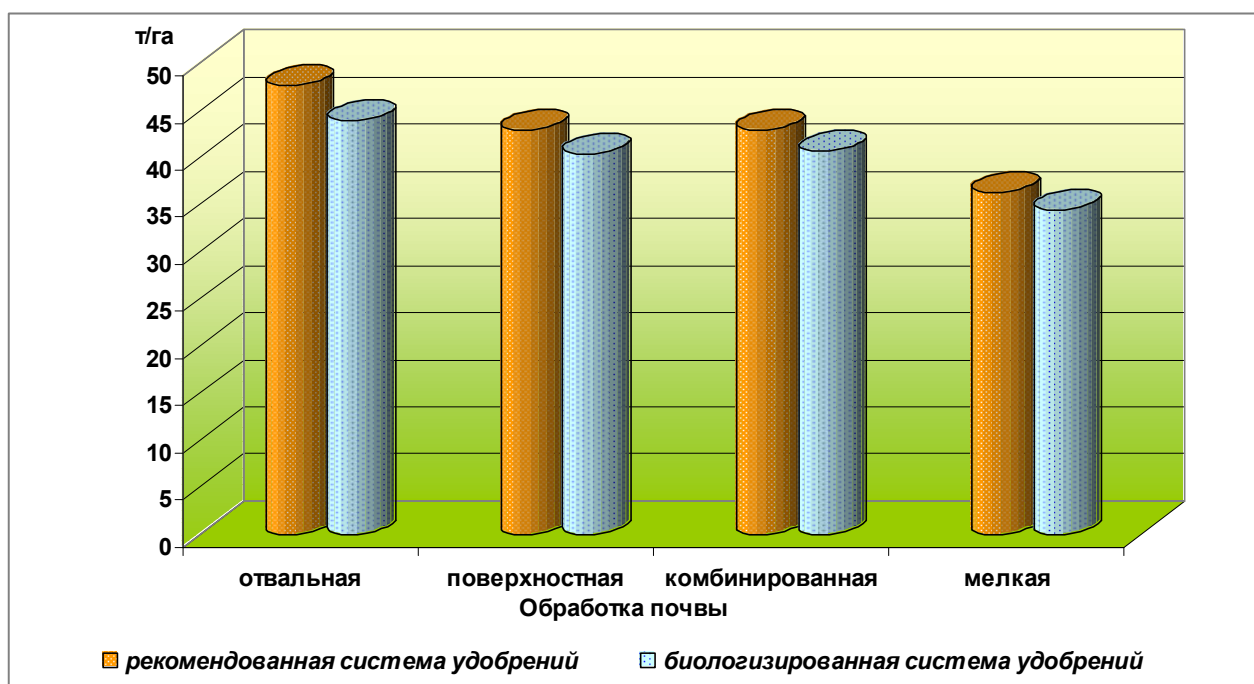


Рисунок 3 – Накопление растительных остатков при различных системах удобрений.

Уравнение регрессии вида  $\hat{y} = -6,3602 + 1,525x_1$  показывает прямую зависимость урожайности озимой пшеницы от массы пожнивно-корневых остатков для предшественника занятый пар (горох + овес на зеленый корм),  $\hat{y} = -2,3543 + 0,9366x_1$  для предшественника кукуруза на силос и  $\hat{y} = -3,651 + 1,188x_1$  для предшественника горох. Коэффициент регрессии  $b$  показывает, что с увеличением пожнивно-корневых остатков на одну тонну в расчете на 1 га урожайность росла по предшественникам соответственно на 1,525; 0,936 и 1,188 т.

Анализ составленных моделей показывает, что урожайность озимой пшеницы имеет тенденцию роста при ее возделывании по всем трем предшественникам. Об этом говорят положительные знаки коэффициентов регрессии  $b$  во всех трех моделях. С увеличением массы пожнивно-корневых остатков по всем трем предшественникам урожайность озимой пшеницы растет. Однако сила связи урожайности озимой пшеницы по фактору ( $x_1$ ) и по различным предшественникам разная. Об этом говорят разные значения коэффициента корреляции в отмеченных моделях. Так,  $r_1=0,9497$ ,  $r_2=0,376$ ,  $r_3=0,829$ .

Химический анализ корневых и пожнивных остатков (приложение 1) показывает, что масса основных элементов питания, поступивших в почву с растительными остатками, составляет по азоту 33,6 кг, фосфору – 12,1 и калию 50,8 кг с одного гектара. По накоплению азота преимущество за горохово-овсяной смесью, кукурузой на силос и озимым ячменем, растительные остатки этих культур накапливают соответственно 44,8; 44,3 и 41,5 кг/га азота. Далее по культурам наблюдается убывание в ряду горох (39,2) – озимая пшеница после занятого пара (27,9) – озимая пшеница после кукурузы на силос (24,8) – озимая пшеница после гороха (24,7) – яровой рапс (17,9 кг/га) (рисунок 4).

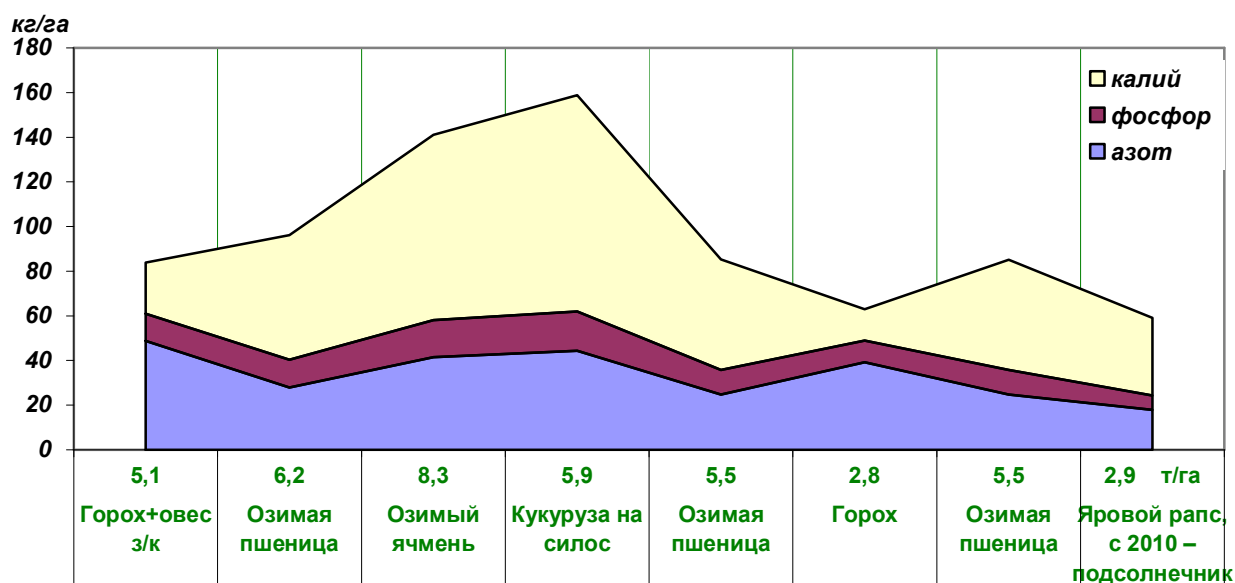


Рисунок 4 –Количество элементов питания, поступивших в почву с растительными остатками с.-х. культур, кг/га.

По количеству фосфора и калия преобладают кукуруза на силос, озимый ячмень, озимая пшеница, идущая после занятого пара, и занятый пар. В целом по севообороту с массой растительных остатков в почву поступает 33,6 кг/га азота, 12,1 фосфора и 50,8 калия.

Следовательно, сельскохозяйственная культура оказывает существенное влияние на формирование органического вещества почвы, за счет поступающих пожнивно-корневых остатков и как следствие возвращение в почву части питательных элементов, при этом сбалансированность культур в севообороте по количеству и качеству оставляемого растительного материала играет существенную роль в сохранении почвенного плодородия.

### **3.2. Баланс гумуса в севообороте**

Для воспроизведения органического вещества в почве необходимо оставлять на поле менее ценную часть урожая – солому, измельченные стебли пропашных культур. Роль стерни и растительных остатков трудно переоценить: влияние мульчи из стерни и растительных остатков делают ее незаменимой при расширенном воспроизводстве плодородия почв, они являются важной составляющей ускорения почвообразования в агроценозе. Чем больше будет накоплено на поверхности почвы растительных остатков, тем больше приближается культурный почвообразующий процесс к естественному процессу почвообразования, за счет которого природа создала высокое потенциальное плодородие черноземов.

Представленный в таблице 3 расчет баланса гумуса в севообороте показывает, что за ротацию севооборота как с биологизированной, так и рекомендованной системой удобрений обеспечивается положительный баланс гумуса, который составляет 25,3 и 3,2 т/га соответственно, то есть биологизированная система удобрений с внесением навоза и заделкой растительных остатков предыдущих культур обеспечивает гораздо большее количество гумуса на гектар. Использование послеуборочных остатков растений и побоч-

ной продукции (соломы, стеблей кукурузы, подсолнечника, гороха и других культур) как органического удобрения обеспечивает энергетику почвообразовательного процесса черноземов в агроценозах.

Таблица 3 – Расчет баланса гумуса в севообороте

Культуры севооборота	Расход гумуса, кг/га	Приход гумуса, кг/га	Баланс, кг/га
<i><b>Биологизированная система удобрений</b></i>			
Горох + овес з/к	892,2	5666,4	4774,2
Озимая пшеница	1650,5	1939,6	289,1
Озимый ячмень	3322,0	12975	9653
Кукуруза на силос	1269,9	4702,1	3432,2
Озимая пшеница	1670,8	1207,75	–463,1
Горох	1450,0	8746,0	7296
Озимая пшеница	1824,3	1829,4	5,1
Подсолнечник	1402,0	1720,0	318,0
<b>Итого по севообороту</b>	<b>13481,7</b>	<b>38786,2</b>	<b>25304,5</b>
<i><b>Рекомендованная система удобрений</b></i>			
Горох + овес з/к	1001,7	3574,6	2572,9
Озимая пшеница	2093,2	1432,1	–661,1
Озимый ячмень	1530,6	1771,0	240,4
Кукуруза на силос	1266,3	2981,0	1714,7
Озимая пшеница	1747,6	1248,5	–499,1
Горох	1306,0	673,4	–632,6
Озимая пшеница	1901,2	1330,1	–571,1
Подсолнечник	838,0	1894,3	1056,3
<b>Итого по севообороту</b>	<b>11684,7</b>	<b>14905,0</b>	<b>3220,4</b>



Рекомендованная система удобрений предусматривает внесение элементов минерального питания вдвое больше по сравнению с биологизированной, в связи с чем формируется большая вегетативная масса сельскохозяйственных растений, которые потребляют на формирование своего урожая высокое количество питательных веществ, также эта система не предусматривает оставление растительных остатков на поле, практически вся их масса отчуждается, и незначительный положительный баланс гумуса обеспечивается за счет пожнивно-корневых остатков.

### **3.3. Влияние предшественников и основной обработки почвы на биологическую активность почвы**

Распад поступающего в почву органического вещества, являясь одним из звеньев биологического круговорота, обеспечивает устойчивость биоценозов в целом, формирует гумус почв. Энергия и характер разложения органических остатков растительного происхождения в ходе физических и химико-биологических превращений в почве в совокупности определяют в ней жизненные формы различных микроорганизмов.

Высокое содержание легкоразлагаемых органических соединений азота способствует интенсивной минерализации остатков, наличие устойчивых веществ замедляет их переработку микроорганизмами. Особенно значительны эти различия на начальных этапах разложения, с развитием процесса минерализации и усилением контакта разлагающейся массы с почвой они постепенно сглаживаются. Довольно точным интегральным показателем качества органического вещества, от которого зависит интенсивность его разложения, является отношение углерода к азоту (C:N).

Растительные остатки с широким отношением C:N не обеспечивают достаточного количества азота для метаболизма микроорганизмов при их высокой активности. Когда быстрометаболизируемые субстраты (углеводы) истощаются, лимитирование питания сменяется от азота к углероду.

В системах земледелия при разработке способов повышения плодородия почв центральное место отводится севооборотам – влиянию сельскохозяйственных культур и их чередованию на биологические свойства почв. Изучение биологической активности почвы под культурами севооборота, определение оптимальных параметров биологических показателей, обеспечивающих расширенное воспроизводство плодородия почв, приблизит возможность целенаправленного регулирования этих процессов.

Предшествующая культура в некоторой степени определяет физические параметры почв, а также количество и качество поступающих растительных остатков, разлагаемых микроорганизмами и являющихся источниками формирования органического вещества почвы.

Направленность почвенных процессов может быть охарактеризована таким показателем, как интенсивность разложения целлюлозы.

Исследования по определению биологической активности почвы проводились в многолетнем стационарном опыте по изучению влияния культур севооборота и способов обработки почвы опытной станции СтГАУ.

Наблюдения за распадом хлопчатобумажной ткани показывают, что в среднем за годы исследований (приложение 2), что активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов почвы под посевами озимой пшеницы в зависимости от предшественников и удобрений находится в пределах от 33,9 до 70,1%.

В общей биомассе растительных остатков, оставляемых полевыми культурами после уборки урожая, доля пожнивных значительно меньше, чем корневых. Почвенные микроорганизмы намного активнее разрушают пожнивные остатки гороха с содержанием азота 2,1–2,5% и величиной C:N 17–20, интенсивно разрушаются растительные остатки горохоовсяной смеси, с соотношением C:N 20–24, медленнее – пожнивные остатки кукурузы с содержанием азота 1,13% и отношением C:N равным 39. Известно, что «молодые»

по составу органические компоненты растительных остатков разрушаются быстрее, чем «старые».

В благоприятные по увлажнению годы наиболее выражено проявляется влияние предшественника и способа обработки почвы. Необходимо отметить, что верхнему слою (0–20 см) свойственна бóльшая биогенность. Это связано с достаточным увлажнением при оптимальном прогревании слоя почвы и хорошем доступе к нему кислорода, что обеспечивает здесь развитие аэробной микрофлоры. После занятого пара на варианте рекомендованной системы удобрений разложилось 65,8%, после гороха целлюлазная активность ниже на 3,1%, а после кукурузы на силос – на 7,9%.

В соответствии со шкалой О.Е. Пряженниковой (2011), по которой, если выраженность процесса выше 80%, то интенсивность разложения целлюлозы очень сильная, от 50 до 80% – сильная, от 30 до 50% – средняя, от 10 до 30% – слабая и менее 10% – очень слабая, интенсивность разложения целлюлозы характеризуется как сильная. Растительные остатки гороха, содержащие в своем составе больше азота, интенсивнее минерализуются еще в летне-осенний период после уборки предшественника, что вызывает снижение целлюлазной активности в период активной вегетации озимой пшеницы.

Математическая обработка показывает достоверную разницу по всем изучаемым факторам, исключение составляет биологическая активность слоев 0–10 и 10–20 см по отвальной обработке. Взаимодействие изучаемых факторов также доказуемо: на варианте с рекомендованной системой удобрений  $F_{\phi} > F_{05}$  по фактору А 2,29:16,17, по фактору В 2,56:6,82, по фактору С 2,28:7,27, на варианте с биологизированной системой удобрений прослеживается аналогичная тенденция, и взаимодействие выражено соответственно соотношениями 2,29: 614,64; 2,56:6,00; 2,29:5,26.

Доказуемы различия в показателях целлюлозолитической активности почвы между отвальной, комбинированной обработкой и поверхностной и мелкой, вместе с тем не выявлено достоверных различий между биологической активностью при поверхностной и мелкой обработке.

Анализ влияния биологической активности на формирование урожайности озимой пшеницы показывает наличие связи между ними, что выражается моделью:  $\hat{y} = -45,938 + 0,8372x_4$  – для занятого пара,  $\hat{y} = -14,618 + 0,4105x_4$  – кукурузы на силос и  $\hat{y} = -13,133 + 0,336x_4$  – для гороха. В этих моделях коэффициенты регрессии  $b$  положительны. Этот факт подтверждает, что на увеличение урожайности оказывает влияние биологическая активность почвы. Коэффициенты корреляции имеют значения:  $r_1 = 0,9388$ ,  $r_2 = 0,24025$ ,  $r_3 = 0,3449$ . Они положительны, указывают на сильную и среднюю связь и подтверждают наличие тенденции роста урожайности пшеницы от величины биологической активности.

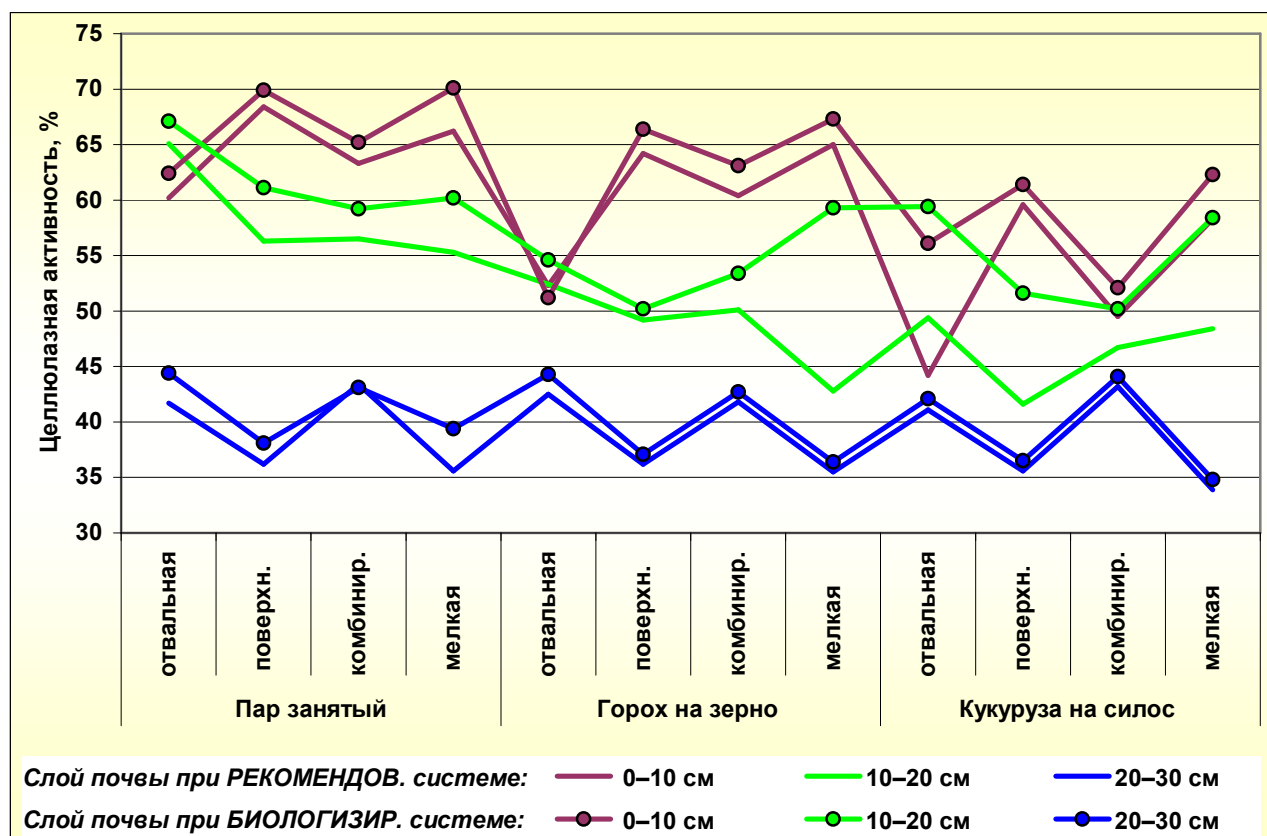


Рисунок 5 – Интенсивность разложения целлюлозы при разных системах обработки почвы и удобрений.

Разложение хлопчатобумажного волокна зависит от способа обработки и различается по слоям (рисунок 5). В слое 0–10 см на варианте поверхностной и мелкой обработки наблюдается повышенная биологическая активность, связанная с большим насыщением данного слоя растительными остат-

ками, являющимися источником питания для целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

При этом поверхностная заделка растительных остатков усиливает биологическую фиксацию азота.

Так, по паре занятому на варианте мелкой обработки разложение составляет 66,2%, а на поверхностной – 68,4% волокна, несколько меньше на варианте с отвальным и комбинированным способом – соответственно 65,2 и 63,3%. Усиление активности данной группы микроорганизмов в среднем по горизонту почвы происходит за счет верхнего (0–10 см) слоя, где уровень разложения волокна на 3–7% выше в сравнении с вариантами, полученными по нижележащим слоям почвы.

По мере углубления биогенность почвы снижается, что связано с ухудшением условий увлажнения, аэрации, температурного режима, а также малым количеством растительных остатков. И если в слое почвы 10–20 см интенсивность разложения целлюлозы характеризуется как сильная, то в слое 20–30 см она средняя. Причем разница между отвальным способом, поверхностными и мелкими обработками существенная.

Причинами усиления целлюлазной активности почвы в слое 10–20 и 20–30 см при поверхностно-отвальном способе обработки является перераспределение и накопление органического вещества, а также его минерализация в результате проведения оборота пласта со сменой соответствующих условий для микроорганизмов: аэробных на анаэробные и наоборот.

Необходимо отметить, что во все годы исследований отмечалась тенденция повышения биологической активности почвы в разложении хлопчатобумажного волокна на варианте биологизированной системы по всем предшественникам. Это можно объяснить химическим составом соломы гороха, горохоовсяной смеси и кукурузы на силос по соотношению C:N.

### **3.4. Формирование комплекса микроорганизмов в агрофитоценозе сельскохозяйственных культур**

Одним из факторов, обуславливающим плодородие почвы, является ее микрофлора. «Живое вещество», по выражению В.И. Вернадского (1928), само создает почву, и без огромного и сложного мира живущих в ней существ нет и не может быть почвы. Состав этого «живого вещества» и его «неотделимых частей» – организмов, их популяции и сообщества определяют питательный режим почв и принимают участие в формировании биомассы растений различных экосистем.

Как известно, предшественник в некоторой степени определяет физические параметры почв (плотность, пористость, структурность, а также количество и качество поступающих растительных остатков и корневых выделений). Всё это в совокупности определяет свойства и режимы почв, а, следовательно, и микробиологическую активность.

В связи со специализацией сельскохозяйственного производства возникает необходимость насыщения севооборотов ведущими и наиболее выгодными для хозяйства культурами. При практическом осуществлении этой задачи в ряде случаев наблюдается падение урожая, несмотря на то что почва достаточно обеспечена элементами питания. Одной из причин снижения урожайности считают почвоутомление, особенно при бессменном возделывании сельскохозяйственных культур. Многими исследованиями установлено, что токсикоз и утомление почв возникают в результате токсичных для растений веществ, выделяемых микроорганизмами. При этом длительные бессменные культуры представляют интерес, так как аккумулируют условия, не проявляющиеся в достаточной степени за один год вегетации.

Для биологической оценки почвы актуальны исследования структурно-функциональной организации микробиоценоза их группового состава и количественной характеристики. Численность основных систематических групп микроорганизмов является показателем биогенности почвы, а их соотношение зависит от условий, складывающихся в почве.

Отбор почвенных образцов из зоны ризосферы культуры для микробиологических исследований производили одновременно на всех участках. Необходимость этого продиктована тем, что численность микроорганизмов – величина, подверженная резким изменениям в течение короткого времени и даже суток.

Как было указано ранее, растения имеют способность экстрагировать в почву различные органические выделения, имеются сведения, что поступление веществ идет целенаправленно в зависимости от условий питания, способствует развитию определенных групп микроорганизмов. По этой причине микробиологические исследования проводились в одну из критических фаз озимой пшеницы – колошение, когда выделения корневой системы достигают своего апогея.

Данные результатов исследований показывают (рисунок 6), что численность аммонификаторов значительно различается по вариантам опыта и зависит от качества поступающих растительных остатков предшествующей культуры.

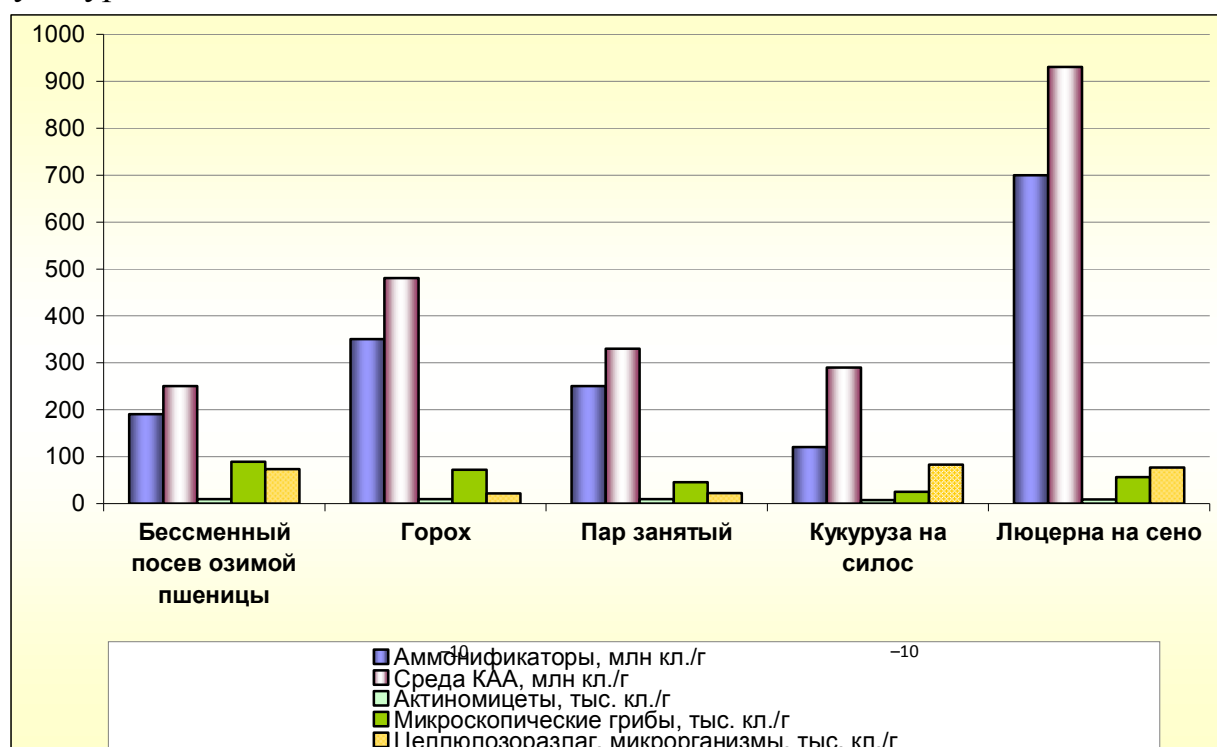


Рисунок 6 – Количество микроорганизмов в почве под озимой пшеницей после различных предшественников (1993–1998 гг.).

Для этой группы микроорганизмов очень важное значение имеет количество органических веществ, поступающих в почву, богатых белками или аминокислотами. По этой причине наименьшее их количество наблюдается по бессменной озимой пшенице (19,8 млн клеток/г) и кукурузе на силос (12,3 млн кл./г), по гороху с овсом количество аммонификаторов увеличивается (25,4 млн кл./г), как и по гороху (35,6 млн кл./г). Наибольшее количество этих микроорганизмов – по люцерне и составляет 70,1 млн клеток/г. Это объясняется тем, что люцерна оставляет в почве наибольшее количество белковых веществ, что создает благоприятные условия роста и развития последующей культуры.

Изменения в численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (среда КАА), в составе которых подавляющее количество нитрификаторов, аналогичны амминофикаторам, с той разницей, что их количество несколько больше последних.

При исследовании численности микроскопических грибов установлено, что наибольшее их количество – на бессменных посевах и составляет 89,4 тыс. клеток/г почвы. На вариантах с предшественниками – горох, пар занятый, кукуруза на силос и люцерна – происходит снижение их количества, которое составляет соответственно 72,4; 45,4; 25,2 и 56,5 тыс. клеток/г. Большему количеству грибов соответствует большее количество в почве трудно-разлагаемых соединений, в состав которых входят целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и т.д. Именно этими соединениями более богата почва под озимой пшеницей, возделываемая на протяжении ряда лет (приложение 3).

Преобладание грибов можно объяснить и особенностями их физиологии: по сравнению с бактериями грибы отличаются более экономным обменом веществ в сочетании с более высокой биохимической активностью. Естественно, что грибы с наиболее высокой степенью синтеза оказались наиболее конкурентоспособными, более адаптивными к природной среде. Однако представители этих групп микроорганизмов обладают и высокой степенью токсичности, что оказывает влияние на утомление почвы бессменных посе-



вов. Относительно высокое содержание этих микроорганизмов на посевах пшеницы после бобовых культур можно объяснить богатым разнообразием корневых и пожнивных остатков этих культур. Отрицательного их влияния на почву не может быть оказано, так как большему количеству грибов соответствует большее количество бактерий, которые способны нейтрализовать токсичность почвы.

Среди целлюлозоразрушающих микроорганизмов подавляющее количество грибов, так как грибы являются пионерами организации в разложении труднодоступных веществ, одним из которых является целлюлоза. Именно поэтому наибольшее количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов отмечено на бессменных посевах (73,6 тыс. клеток/г). К тому же на бессменных посевах наиболее благоприятные условия для их развития, так как здесь накапливается больше всего питательного субстрата для этой физиологической группы микроорганизмов.

Таким образом, с микробиологической точки зрения наиболее благоприятные условия для роста и развития озимой пшеницы создаются на вариантах, где предшественниками являются бобовые культуры, люцерна и пар занятый.

Наиболее неблагоприятные условия создаются на бессменных посевах, что объясняется поступлением в почву на протяжении ряда лет однородных растительных остатков, в состав которых в большом количестве входит целлюлоза.

В течение 2000–2013 годов в зернопропашном севообороте стационарного опыта опытной станции СтГАУ изучался видовой состав и численность почвенной биоты, которые находились в зависимости от изучаемых факторов – предшественника и способа обработки (приложение 3).

Как следует из полученных данных (рисунок 7), численность аммонификаторов отличается в зависимости от предшествующей культуры: по кукурузе на силос – от 12,8 до 18,8 млн кл./г в зависимости от способа обработки

почвы, по паре занятому – от 18,7 до 22,3 млн кл./г почвы. При возделывании озимой пшеницы по гороху величина этого показателя возрастает до 29,3 млн кл./г почвы.

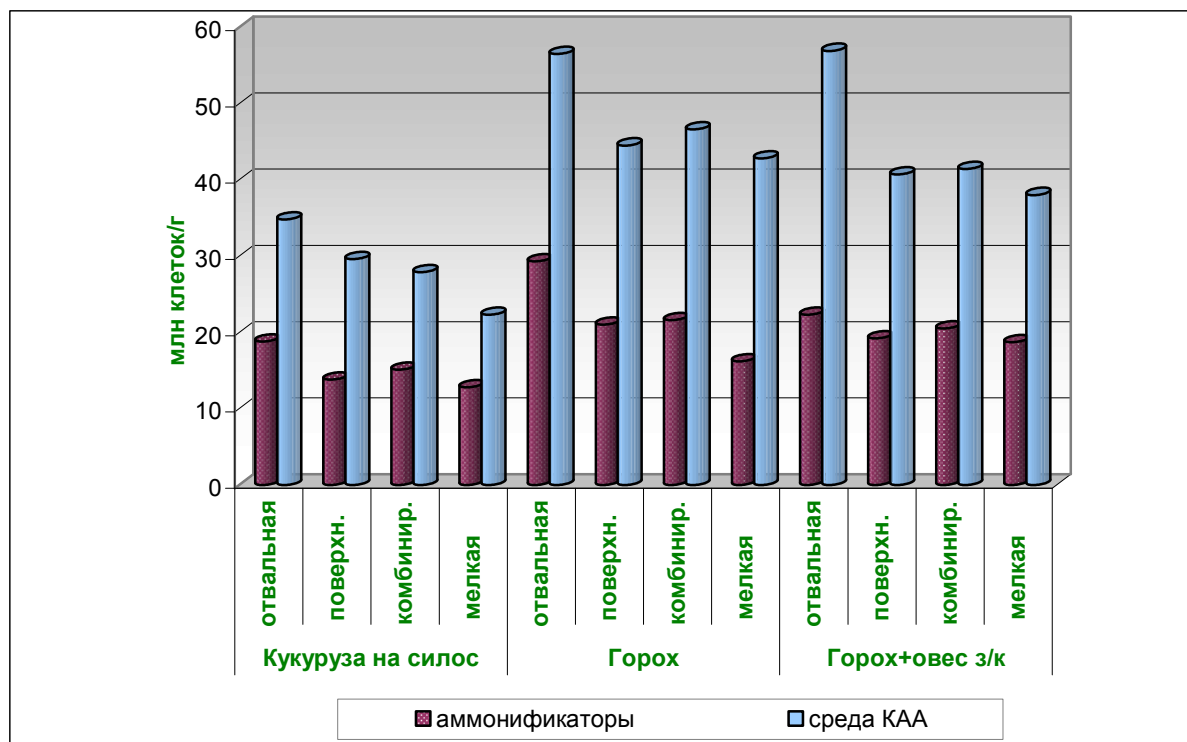


Рисунок 7 – Динамика численности аммонификаторов и микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, в почве под озимой пшеницей (2000–2013 гг.).

С растительными остатками культуры в почву попадает большое количество органических веществ, содержащих белки и аминокислоты. В процессе разложения этих остатков и перевода их в доступные формы активное участие принимают такие группы микроорганизмов, как аммонификаторы, целлюлозоразрушающие и микроорганизмы, использующие для своего питания минеральный азот. Преобразование органических веществ в почву начинается с процесса аммонификации, интенсивность которого приводит к активному развитию бактерий, использующих минеральные формы азота.

Коэффициент иммобилизации – отношение количества микроорганизмов на КАА к таковому на МПА – различается по предшественникам. Наиболее узким он был на варианте, где предшественником служила кукуруза на силос (1,7:2,0), и более широким – в варианте с предшественником горох (2,6:2,1).

Положительное влияние всех предшествующих культур севооборота на микрофлору почвы хорошо прослеживается в изменении численности такой группы микроорганизмов, как целлюлозоразрушающие (рисунок 8).

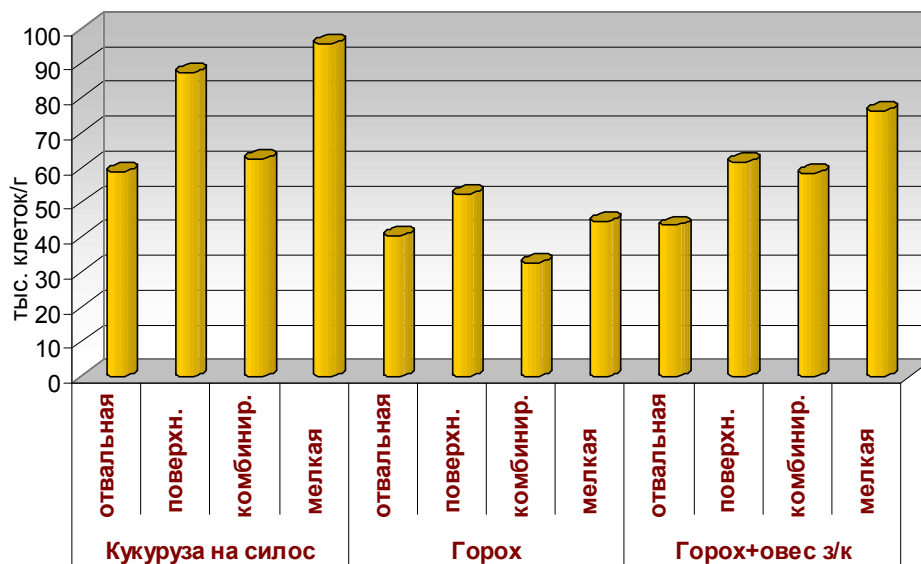


Рисунок 8 – Динамика численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почве под озимой пшеницей (2000–2013 гг.).

Деятельность этой группы микроорганизмов в значительной степени определяет интенсивность минерализации органических остатков и круговорот элементов питания в агроценозе. Численность целлюлозных микроорганизмов на варианте размещения озимой пшеницы по кукурузе на силос более многочисленна – в зависимости от способа обработки почвы от 195,4 до 178,6 тыс. кл./г почвы, данный факт объясняется пищевой специализацией этой группы микроорганизмов, которым для жизнедеятельности требуется достаточное количество растительных остатков, имеющим в своем составе целлюлозу. Меньшее количество представителей данной группы микроорганизмов на варианте с горохоовсяной смесью, выступающей в качестве предшественника, – от 76,1 до 43,3 тыс. кл./г почвы. По гороху, в силу быстрых темпов разложения растительных остатков, а также их качественного состава, количество представителей вышеназванной группы минимальное (32,5–40,4 тыс. кл./г почвы).

Микроскопические грибы более многочисленны, чем представители предыдущих групп микрофлоры. В результате исследований отмечен тот факт, что по предшественникам пар занятый и горох на зерно численность микроскопических грибов ниже, чем по кукурузе на силос, соответственно 54,4–56,2; 58,2–62,9 тыс. кл./г почвы (рисунок 9). Несколько бóльшая численность грибов в варианте по кукурузе на силос объясняется наличием в почве после данного предшественника таких органических веществ, как целлюлоза и лигнин, которые являются питательным субстратом для этих организмов.

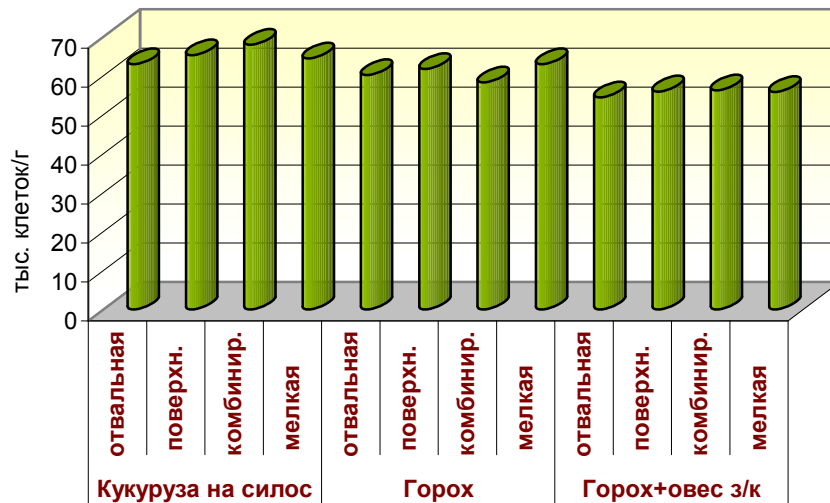


Рисунок 9 – Динамика численности микроскопических грибов в почве под озимой пшеницей (2000–2013 гг.).

Различные воздействия на почву приводят к изменению ее свойств. Наибольшим изменениям при любом воздействии на почву подвергаются живые микроорганизмы, ее населяющие. Фактором, в большей степени влияющим на свойства почвы, является ее обработка.

Обработка почвы – важное средство регулирования жизнедеятельности почвенной микрофлоры, её численности, видового состава. Рыхление почвы улучшает аэрацию, её увлажнение и увеличивает численность бактерий, плесневых грибов, микроорганизмов, разлагающих углеродосодержащие растительные вещества.

Механические обработки, различаясь по глубине, приводят к неодинаковому распределению растительных остатков по профилю почвы. При безотвальных и поверхностных обработках почвы наибольшее количество корневых и пожнивных остатков сосредоточено в верхней части пахотного слоя, а при отвальной – в нижележащем горизонте.

В ходе исследований установлено, что углубление пахотного слоя почвы – как вспашка, так и применение комбинированной обработки – ведет к увеличению численности аммонификаторов и микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, в то же время проведение этих обработок не вызвало активизацию целлюлозоразрушающих микроорганизмов, что указывает на отсутствие усиления мобилизационных процессов, вероятно, в силу разнокачественности слоев почвы.

Положительное влияние севооборота на микрофлору почвы прослеживается в изменении численности такой агрономически ценной группы микроорганизмов, как целлюлозоразрушающие. Деятельность этой группы микроорганизмов в значительной степени определяет интенсивность минерализации органических остатков в круговороте элементов питания в агроценозе. На протяжении проводимых исследований их количество варьирует от 40,4 до 95,4 тыс. кл./г почвы (приложение 3).

Что касается способов и приемов обработки почвы, то можно отметить, что при проведении мелкой и поверхностной обработок в результате сосредоточения большего количества растительных остатков в верхнем слое почвы и некоторое перераспределение их в слой 10–20 см преобладают целлюлозоразрушающих микроорганизмов – 95,4 и 87,4 тыс. кл./г почвы соответственно по вышеописанным вариантам, по предшественнику кукурузе на силос, аналогичные закономерности наблюдаются по другим предшественникам. Достаточно высоко на этих вариантах и количество микроскопических грибов. Вместе с тем необходимо отметить, что снижается активность аммонификаторов и микроорганизмов, использующих минеральные формы азота.

Механические обработки почвы, различаясь по глубине, приводят к неодинаковому распределению растительных остатков по профилю. При безот-

вальных обработках почвы наибольшее количество корней растений и органических остатков сосредоточено в верхней части пахотного слоя

Поскольку органическое вещество служит для большинства микроорганизмов источником энергии и питательных веществ, при мелкой обработке они концентрируются в верхних слоях, при глубокой – более равномерно по всему корнеобитаемому слою.

Вспашка и безотвальная обработка почвы оказывают влияние на однородность пахотного слоя.

Вспашка почвы, обеспечивающая равномерное крошение и перемешивание обрабатываемого слоя, способствует более ровному распределению растительных остатков в толще почвы, что положительно влияет на развитие практически всех групп микроорганизмов.

Установлено положительное влияние вспашки на развитие аммонификаторов и микроорганизмов, использующих минеральные формы азота. Численность их по всем изучаемым предшественникам преобладает – по кукурузе на силос 18,8 и 34,8, по гороху 29,3 и 56,5, а по занятому пару 22,3 и 56,9 млн кл./г.

Равномерное распределение растительных остатков по профилю пахотного слоя почвы при вспашке мобилизует биологические процессы.

Численность микроорганизмов и их активность в том или ином слое почвы определяется количеством пищи (органической массы) для них, поэтому при бесплужных способах обработки наиболее биологически активным является верхний 0–10 см слой почвы.

Следовательно, севооборот создает наиболее благоприятные условия для размножения всех групп микроорганизмов. Микробиоценозы, сформировавшиеся в почве под озимой пшеницей, размещенной по предшествующим культурам, являются почвоулучшателями, обеспечивают высокий темп и полноту минерализации поступающего органического вещества.

### **3.5. Ферментативная активность почвы в зависимости от предшественников и основной обработки почвы**

Центральное место в совокупности биологических приемов, обеспечивающих сохранение плодородия почв, принадлежит катализаторам биохимических реакций – ферментам, так как они регулируют почвенный метаболизм, обеспечивая целостность почвы как системы.

Ферменты, продуцируемые микроорганизмами, четко реагируют на изменение экологических факторов и применение различных агротехнических приемов, при этом достоверно отражая напряженность биологических процессов.

Изучение роли отдельных культур и их чередования в севообороте, а также применяемых при этом способов и приемов обработки почвы в формировании ферментативного потенциала позволит направленно регулировать почвенные процессы в сторону повышения плодородия почв.

Изучаемые в опыте ферменты относятся к группе гидролитических, которые играют существенную роль в важнейших биохимических процессах: инвертаза и фосфатаза – в гидролитическом расщеплении органического вещества, каталаза – в окислительно-восстановительных реакциях, уреазы участвует в гидролизе мочевины. Инвертаза является карбогидразой, она действует на фруктофуранозидазную связь в сахарозе, раффинозе, генцианозе и др. Наиболее активно этот фермент гидролизует сахарозу.

Результаты исследования ферментативной активности почвы за 2000–2013 годы представлены в приложении 4.

Определение активности инвертазы (рисунок 10) показывает, что максимальные ее значения – на вариантах комбинированной обработки, что связано с более благоприятными гидротермическими условиями пахотного слоя почвы. Так, по предшественнику горох+овес на зеленый корм активность инвертазы составляет 27,9 мг глюкозы на 1 г почвы за 40 часов, что практически вдвое выше в сравнении с поверхностной обработкой и в три раза – со

вспашкой. Снижение активности инвертазы при отвальных обработках свидетельствует о быстрых темпах минерализации органического вещества.

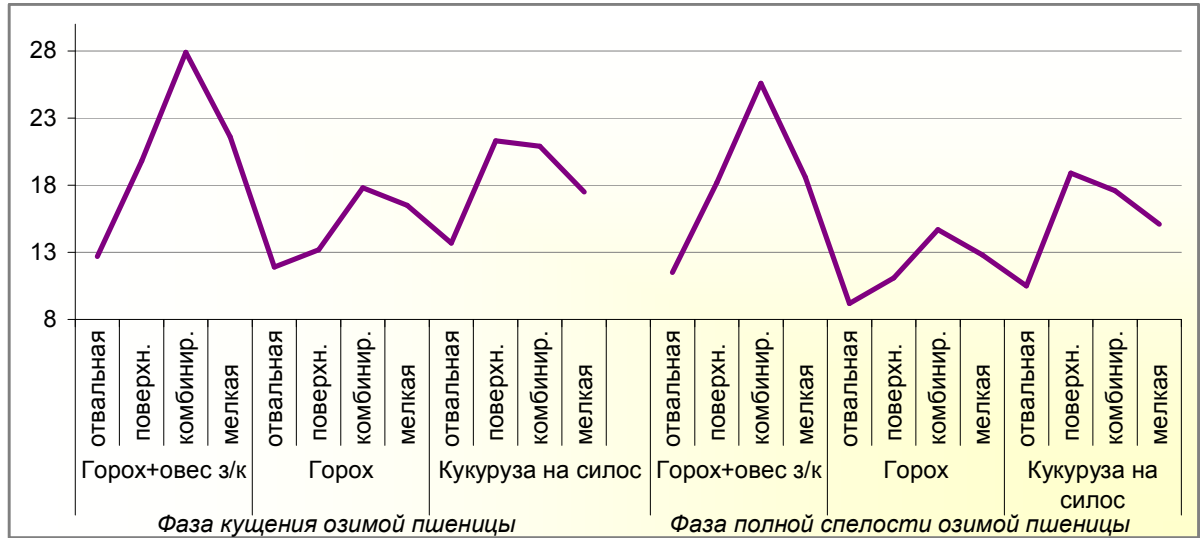


Рисунок 10 – Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 40 ч.

По изучаемым предшественникам инвертазная активность почв возрастает в ряду кукуруза на силос → горох + овес на зеленый корм → горох. Что касается сезонной динамики, то она имеет тенденцию снижения от весеннего кущения к полной спелости.

Каталаза синтезируется практически всеми микроорганизмами, поэтому активность этого фермента достаточно высокой на всех вариантах опыта, что является свидетельством напряженности энергетических процессов в почве. Существенных различий в активности фермента каталазы по предшественникам не наблюдается. Между вариантами обработки почвы наблюдается тенденция к снижению каталазной активности при поверхностных и мелких обработках, что свидетельствует о нарастании негативных тенденций, связанных с накоплением перекиси водорода, в связи с угнетением развития жизнедеятельности ризосферных микроорганизмов. Активность каталазы по изучаемым предшественникам: по гороху с овсом на зеленый корм 1,6 и 1,3; по гороху 1,5 и 1,8; по кукурузе на силос 1,5 и 1,4 мл 0,1 н.  $\text{KMnO}_4$  на 1 г почвы за 20 мин. (рисунок 11).





Рисунок 11 – Каталазная активность почвы, мл 0,1 н.  $KMnO_4$  на 1 г почвы за 20 мин.

Напротив, увеличение ее активности при отвальных и безотвальных обработках связано с оптимизацией гидротермических условий для активизации фермента и разрушении ядовитой для организмов перекиси водорода. Отмечено также увеличение активности фермента в почве под горохом, что подтверждает данные о преимуществе культур сплошного сева в активности данного фермента в сравнении с пропашными культурами.

К ферментам, участвующим в превращении белковых веществ, относится фермент уреазы, который осуществляет гидролиз мочевины.

В результате проведенных исследований по изучению влияния различных вариантов основной обработки почвы на активность почвенного фермента уреазы выявлено снижение активности под воздействием вспашки, так как уреазы поступает в почву с растительными остатками. При отвальной обработке вследствие перемещения растительных остатков в нижележащие слои происходит снижение активности данного фермента до 0,8–0,9 мг  $N-NH_4$  на 10 г почвы за 4 ч, тогда как при поверхностной обработке в зависимости от предшественника она составляет 0,8–1,3 мг  $N-NH_4$  /10 г почвы за 4 ч, при комбинированной – 1,0–1,1, а при мелкой – 1,1–1,2 мг  $N-NH_4$  /10 г почвы за 4 часа (рисунок 12).

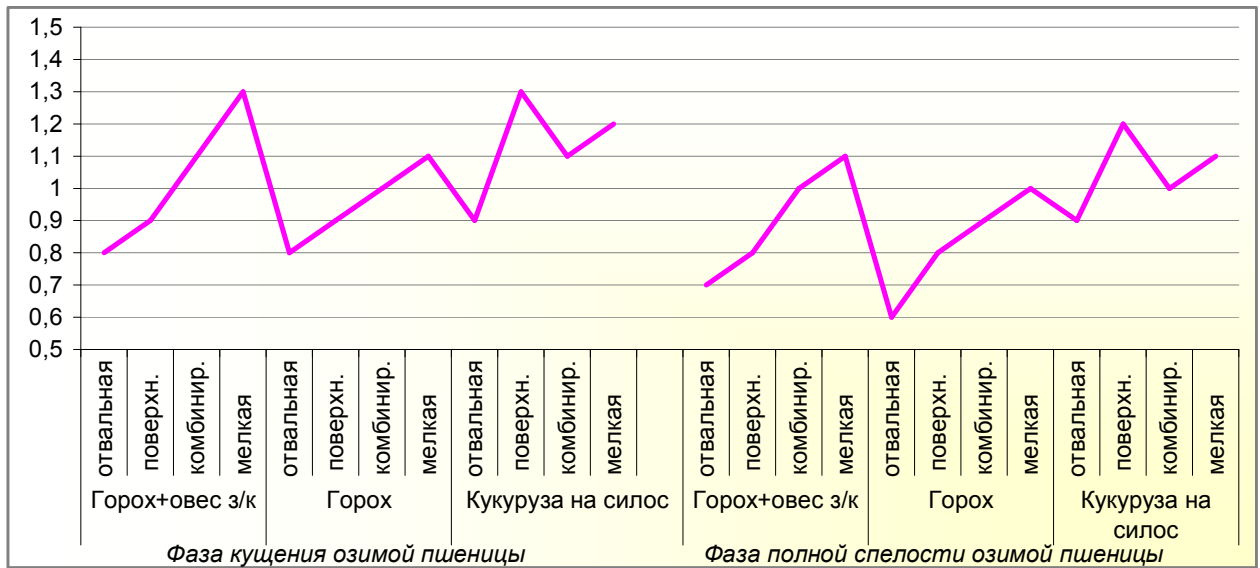


Рисунок 12 – Уреазная активность почвы, мг N-NH<sub>4</sub> / 1 г почвы за 4 ч.

В общем активность уреазы сравнительно невелика и проявляется в основном в весенний период, затем к концу вегетации существенно снижается, что является косвенным свидетельством её бактериального происхождения.

Фосфатазы (фосфогидролазы моноэфиров ортофосфорной кислоты) входят в группу фосфогидролаз, катализирующих гидролиз фосфорорганических веществ, которые не могут быть использованы растениями без предварительного расщепления и минерализации. Активность этих ферментов является показателем интенсивности биохимических процессов мобилизации почвенных органофосфатов.

Наиболее высокая фосфатазная активность наблюдается в ризосфере растений. Следовательно, в отношении способа обработки почвы можно констатировать следующее: показатели фосфатазной активности почвы в среднем по всем вариантам без оборота пласта выше по сравнению со вспашкой. Так, по предшественнику горох+овес на зеленый корм активность фосфатазы по отвальной обработке составила 4,0, комбинированной – 8,4, поверхностной – 5,6 и мелкой – 10,0 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 10 г почвы за 1 ч. Подобные закономерности прослеживаются по гороху и кукурузе на силос (рисунок 13).

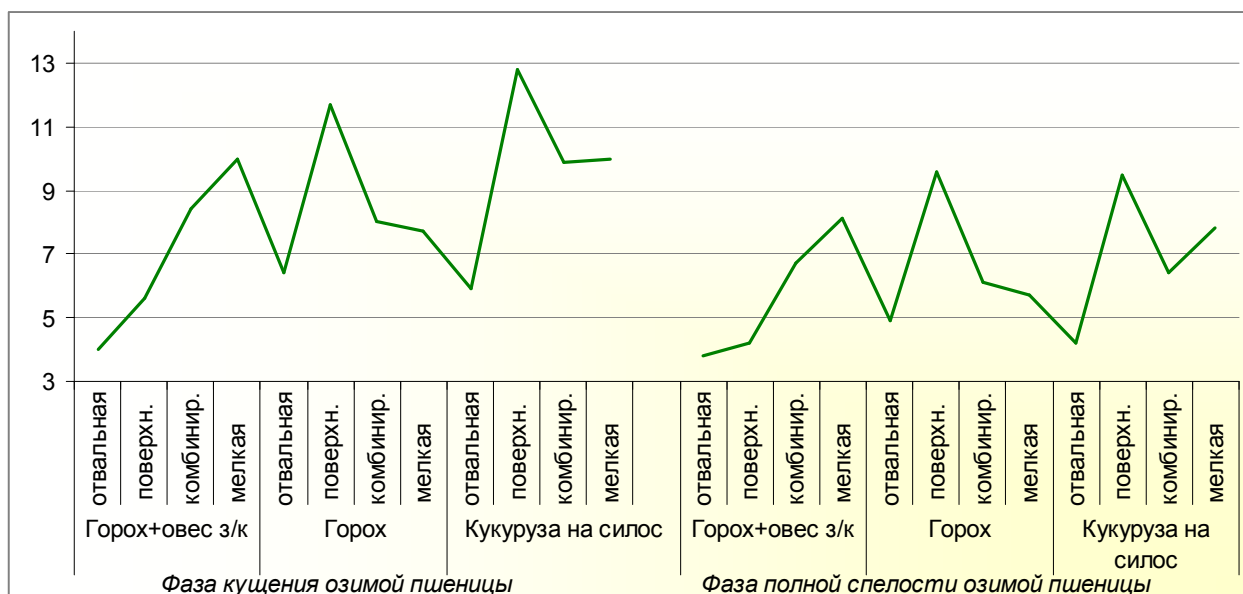


Рисунок 13 – Фосфатазная активность почвы, мг  $P_2O_5/10$  г почвы за 1 ч.

Результаты исследований свидетельствуют, что как в фазу колошения, так и в фазу восковой спелости озимой пшеницы отмечается тенденция к увеличению фосфатазной активности почвы после кукурузы на силос.

От фазы колошения к периоду созревания озимой пшеницы активность фермента фосфатазы снижается, но тем не менее, по шкале Д.Г. Звягинцева (1978), почвы относятся к разряду богатых по содержанию данного фермента в фазу весеннего кущения и среднеобогаченными в фазу полной спелости. Что касается остальных ферментов, то степень обогаченности почв инвертазой характеризуется как среднеобогаченная каталазой и уреазой – бедная.

Полученные результаты показали, что существуют определенные закономерности по влиянию сельскохозяйственной культуры, способов и приемов основной обработки почвы на её ферментативную активность. Выявлена также динамика сезонной активности от посева до уборки, что связано с уменьшением количества органического вещества и ослаблением деятельности микроорганизмов.

### **3.6. Токсичность почвы под озимой пшеницей в зависимости от предшественника при различных способах и приемах обработки почвы**

Проблема токсичности почвенной среды является особенно актуальной при разработке биологизированных севооборотов, основой которых является фактор полного и рационального использования средообразующего потенциала культурных растений. Отличительной особенностью агроценоза, в отличие от природных биоценозов, является резкая смена видов растений на одной и той же территории, поэтому нельзя избежать действия предшественника через почвенную среду на рост и развитие данного вида. Однако, учитывая особенности взаимодействия растений, можно свести это негативное влияние к минимуму. Современная система биологизированного земледелия должна обеспечить такие условия жизни растений, при которых полностью реализуется их продуктивный потенциал.

Одной из причин неудовлетворительного роста и снижения урожайности озимой пшеницы при ее бессменном выращивании является токсичность почвы. Установлено, что при длительном выращивании растений одного вида на одном и том же месте в почве накапливаются фитотоксические вещества. Для их выявления прежде всего необходимо определить наличие водорастворимых веществ – колинов, так как именно они способны передвигаться в почвенных условиях.

Одним из современных методов биодиагностики состояния пахотных почв является применение тест-объектов, которыми служат живые организмы, в частности семена растений. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что почва, взятая из-под различных предшественников, обладает неодинаковой аллелопатической активностью (таблица 4).

Исследования показывают, что прорастание и всхожесть тест-культуры, в качестве которой использовали семена редиса, находились в прямой зависимости от предшествующей культуры. Почва бессменных посевов обладает высокой токсичностью, это свидетельствует о наличии высокого содержания

Таблица 4 – Токсичность почвы под различными культурами (1993–1998 гг.)

Предшественники	Прорастание, %	Всхожесть при К-50, %	Токсичность, УКЕ (мг/л)
Бессменный посев озимой пшеницы	25	42	121
Горох	68	83	18
Пар занятый (горох+овес з/к)	61	76	22
Кукуруза на силос	58	69	34
Люцерна на сено	67	73	29

колинов, что отражается на проращении, процент которого составил 25 и всхожести – 42%, что по шкале А.М. Гродзинского (1965) выражается в токсичности, равной 121 условной кумариновой единице. Токсичность почвы под бессменной озимой пшеницей объясняется накоплением одинаковых по химическому составу трудноразлагаемых органических остатков. По Е.Н. Мишустину (1969), эти остатки разлагаются с выделением фенольных веществ. Напротив, растительные остатки бобовых культур благодаря оптимальному соотношению углерода и азота легко минерализуются и усиливают общую микробиологическую и ферментативную активность, при этом растительные остатки бобовых активно разлагаются в период от уборки до посева озимых, что обуславливает высокую всхожесть и проращение тест-культуры. На почве, взятой по предшественнику горох, прорастает 68%, по люцерне – 67, по пару занятому – 61% семян, всхожесть соответственно составляет 83; 76 и 73%, токсичность на этих вариантах достаточно низкая – 18; 29 и 22 УКЕ.

Растительные остатки кукурузы на силос разлагаются более медленно, имея широкое соотношение азота к углероду, при этом микробное сообщество представлено грибной микрофлорой, которая зачастую является антагонистом бактериальной и может вызывать токсичность почвы, в нашем опыте она несколько выше в сравнении с вышеописанными предшественниками и составляет 34%. Важными аллелопатическими свойствами растений является

их активность и толерантность, то есть способность накапливать физиологически активные вещества и проявлять устойчивость к колинам и продуктам их жизнедеятельности. Известно, что озимая пшеница является аутоинтолерантным видом, в связи с чем бессменное ее возделывание ведет к резкому увеличению токсичности почвы. Напротив, люцерна – культура с признаками аутоотолерантности, поэтому при медленных темпах разложения растительных остатков она проявляет устойчивость к продуктам их разложения и снижает аллелопатическую напряженность почвы.

Таблица 5 – Фитотоксическое действие водных суспензий почвы, взятой по различным предшественникам (1992–1998 гг.)

Варианты	Кратковременное действие		Пролонгированное действие			
	длина корня, см	прирост, %	длина проростков, см	% к контролю	длина корешков, см	% к контролю
Контроль (вода)	2,2	100	12,5	100	7,6	100
Бессменный посев озимой пшеницы	1,4	64	14,5	116	9,2	121
Горох	2,9	132	20,7	204	16,0	200
Пар занятый (горох +овес)	3,1	140	25,9	207	16,3	214
Кукуруза на силос	2,5	113	19,0	165	14,7	194
Люцерна на сено	3,4	154	25,5	152	16,0	211
НСР <sub>05</sub>	0,5	–	5,5	–	2,6	–
Sx, %	2,9	–	1,9	–	2,4	–

В литературных данных встречаются сведения о том, что наиболее чувствительны к наличию физиологически активных веществ корни растений.

Замеры длины корешков кресс-салата при изучении кратковременного действия почвы показывают, что самыми короткими они были у тех растений тест-культуры, которые проращивались на почве, взятой из-под бессменных

посевов – 1,4 см (таблица 5) в среднем за годы исследований, угнетение в сравнение с контролем составляет 36%, а как известно, достоверной считается токсичность 30% и выше. По остальным предшественникам проростки превышают контроль на 13% – по кукурузе на силос, на 32% – по гороху. По предшественнику люцерна длина корешков максимальная – 3,4 см, что превышает контроль на 54%. Данными исследованиями подтверждаются сведения о том, что в почве под бессменными посевами присутствуют фитотоксические вещества, являющиеся результатом длительного накопления колинов, которые оказывают угнетающее действие, выражающееся в торможении роста тест-культуры.

Обработка экспериментальных данных методом дисперсионного анализа показала, что разница в приросте длины по предшественникам существенна по сравнению с бессменными посевами.

Однако описанным методом можно определить лишь кратковременный характер взаимовлияния растительных биотестов и фитотоксинов. Определение продленного аллелопатического действия по всем вариантам подтвердило полученные результаты. Длина проростков и корешков озимой пшеницы по всем вариантам выше, чем на контроле. Так, на бессменных посевах длина проростков превышает контроль на 11,6%, а длина корешков – на 12,1%. Если же сравнивать между собой предшественники, то на бессменных посевах показатели длины проростков и корешков наименьшие.

Максимальные показатели по пару занятому составляют соответственно 25,9 и 16,3 см. Меньше эти показатели по кукурузе на силос – 20,7 и 14,7%. Разница в длине корешков и проростков по остальным изучаемым предшественникам незначительна. Между бессменными посевами и изучаемыми предшественниками установлена достоверная разница как по длине проростков, так и корешков тест-культуры.

Из приведенных экспериментальных данных следует, что почва из-под бессменных посевов содержит определенное количество фитотоксических

веществ, которые при кратковременном действии угнетают развитие тест-культуры, а при пролонгированном – замедляют рост надземной и корневой части озимой пшеницы по сравнению с другими предшественниками. В почве под озимой пшеницей, размещаемой по таким предшественникам, как горох, пар занятый, кукуруза на силос и люцерна, не накапливаются токсические вещества. Наиболее активно растительные биотесты росли на почве из-под пара занятого и люцерны.

Микроорганизмы в почве входят в состав сложного биоценоза и оказывают друг на друга и на высшие растения влияние, которое может проявляться как симбиоз, метабиоз, антагонизм или паразитизм. Неблагоприятное сочетание этих сложных процессов является основной причиной почвоутомления, вызывающего снижение урожайности. В преодолении почвоутомления, безусловно, огромная роль принадлежит выбору оптимальных предшественников и способа основной обработки почвы, а комплексное применение их выгодного сочетания позволит существенно снизить негативное действие таких явлений, как почвоутомление и токсикоз почв. В многолетнем стационарном опыте определена фитотоксичность почвы в зависимости от предшественника и способа обработки почвы (приложение 5).

Минерализация растительных остатков способствует высвобождению органических веществ и синтезу физиологически активных соединений, среди которых особая роль принадлежит фитотоксическим веществам, задерживающим прорастание семян и рост растений. Поэтому пожнивно-корневые послеуборочные растительные остатки следует рассматривать не только с позиции обеспечения почвы подвижным органическим веществом. Растительные остатки в этом смысле – прежде всего источник микроорганизмов и физиологически активных веществ, существенно влияющих на культивируемые растения.

Анализ данных, представленный на рисунке 14 показывает, что в слое 0–10 см токсичность почвы снижается от времени уборки предшественника к



фазе полной спелости озимой пшеницы, что связано со снижением темпов разложения растительных остатков, при этом необходимо отметить, что после уборки предшественника токсичность почвы достаточно высока и составляет по пару занятому от 31 до 48 мг/л УКЕ, по гороху от 28 до 42, по кукурузе на силос от 44 до 57 мг/л УКЕ. В верхних слоях почвы, где разложение растительных остатков происходит при аэробных условиях, разрушение токсинов происходит более быстро, чем в нижележащих слоях.

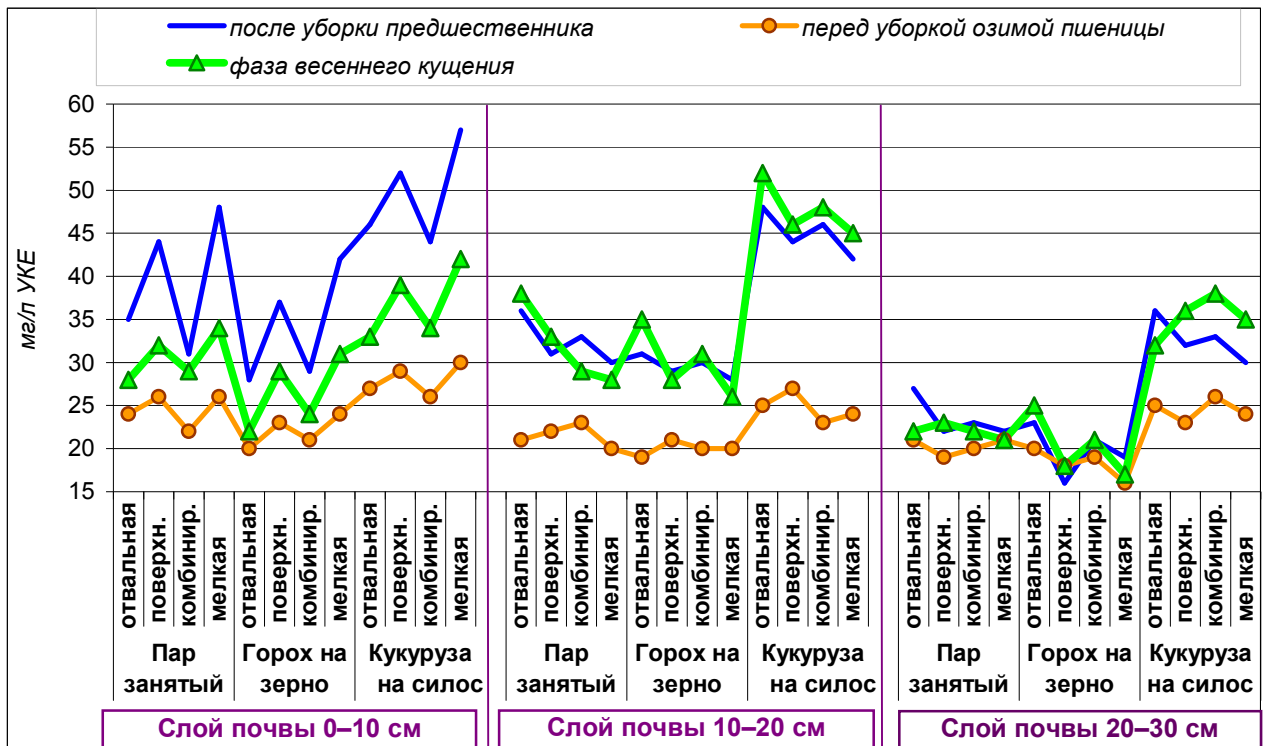


Рисунок 14 – Динамика фитотоксичности почвы ввпод различными предшественниками, УКЕ (мг/л) (2000–2013 гг.).

Способ и прием обработки оказывает определенное влияние на накопление токсинов. Отвальная обработка способствует снижению токсичности слоя 0–10 см, но увеличению в слоях 10–20 и 20–30 см. Фитотоксичность по вариантам поверхностной и мелкой обработки после уборки предшественника максимальная, что связано с максимальным сосредоточением растительных остатков в этом слое. При поверхностной обработке создаются условия, способствующие аккумуляции в ней токсинов, обусловленной недостаточной аэрацией почвы. К фазе полной спелости различия между вариантами обра-

ботки почвы сглаживаются, в связи с разложением основной массы пожнив-но-корневых остатков. Фитотоксичность почвы в слое 10–20 см после уборки предшественника и в фазу весеннего кушения увеличивается, причиной тому является вымывание колинов в нижележащие горизонты почвы, к уборке озимой пшеницы она снижается. Тот факт, что на почве, взятой из глубины, плохо прорастают семена, говорит о наличии токсичных соединений. В результате ухудшения аэрации в почве могут накапливаться неполно окисленные продукты микробного метаболизма в форме летучих органических кислот, которые обладают токсичными свойствами.

Что касается предшественников, то разница в фитотоксичности почвы между вариантами горох и горох с овсом на зеленый корм несущественная и находилась в пределах от 47 до 16 мг/л УКЕ и от 48 до 19 мг/л УКЕ соответственно. На варианте, где предшественником выступала кукуруза на силос, имеющая более широкое соотношение C:N, фитотоксичность выше и составляет 23–26 мг/л УКЕ после уборки предшественника в зависимости от обработки почвы в слое 20–30 см (приложение 5).

При разложении солоmistых растительных остатков происходит увеличение фитотоксичности почвы. Обусловлено это следующими факторами: более медленное разложение растительных остатков кукурузы на силос, имеющих широкое соотношение азота к углероду, а также наличие в соломе фенолкарбоновых кислот и образование токсических продуктов при ее разложении в почве, что ведет к ухудшению условий азотного питания растений из-за закрепления азота почвенными микроорганизмами (Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев, 1969).

Известно, что при разложении пожнивных остатков образуются соединения различного химического строения – аминокислоты, органические кислоты, фенольные соединения, последние представлены в основном фенолкарбоновыми кислотами, которые являются ингибиторами роста coleoptилей пшеницы. Возраст растительного материала существенно влияет на скорость образования токсинов. При разложении растительных остатков «моло-

дых» растений токсины образуются сравнительно рано в процессе разложения, но и разрушаются довольно быстро. Многие фенольные вещества, идентифицированные в растениях, накапливаются в почве под ними в довольно значительных количествах. Даже связываясь с почвой, они сохраняют свою биологическую активность (Э. Райс, 1978). Данный факт необходимо учитывать при подборе в севообороте предшественника для озимой пшеницы: чем раньше предшествующая культура освободит поле, тем больше времени для разложения растительных остатков до конечных продуктов, что будет способствовать снижению фитотоксичности почвы.

Нами определялась динамика количественного содержания фенольных соединений в почве после уборки культур в зависимости от предшествующей культуры и способа обработки почвы. Идентифицировались фенольные вещества, которые чаще всего являются причиной аллелопатического почвоутомления (приложение 6).

Многолетними исследованиями выявлены закономерности в сезонной динамике накопления фенолов в почве. Так, максимальное количество фенолов по предшественникам озимой пшеницы наблюдалось сразу после уборки культур. В весенний период количество фенолов было ниже, так как в процессе разложения растительных остатков происходит постепенный отток органических веществ, в том числе и фенольных, в почву, которые за зимне-весенний период вымываются (рисунок 15).

Что касается сельскохозяйственных культур, то здесь выявлены следующие закономерности. При разложении растительных остатков кукурузы на силос количество фенольных веществ максимальное и составляет после уборки культуры от 4,0 до 5,3 мг/100 г почвы в зависимости от способов обработки почвы. Известно, что в листьях кукурузы содержатся кумариновые вещества. При разложении растительных остатков эти вещества высвобождаются из растений и переходят в активное состояние. Их действие на сельскохозяйственные растения может носить ингибирующий характер.

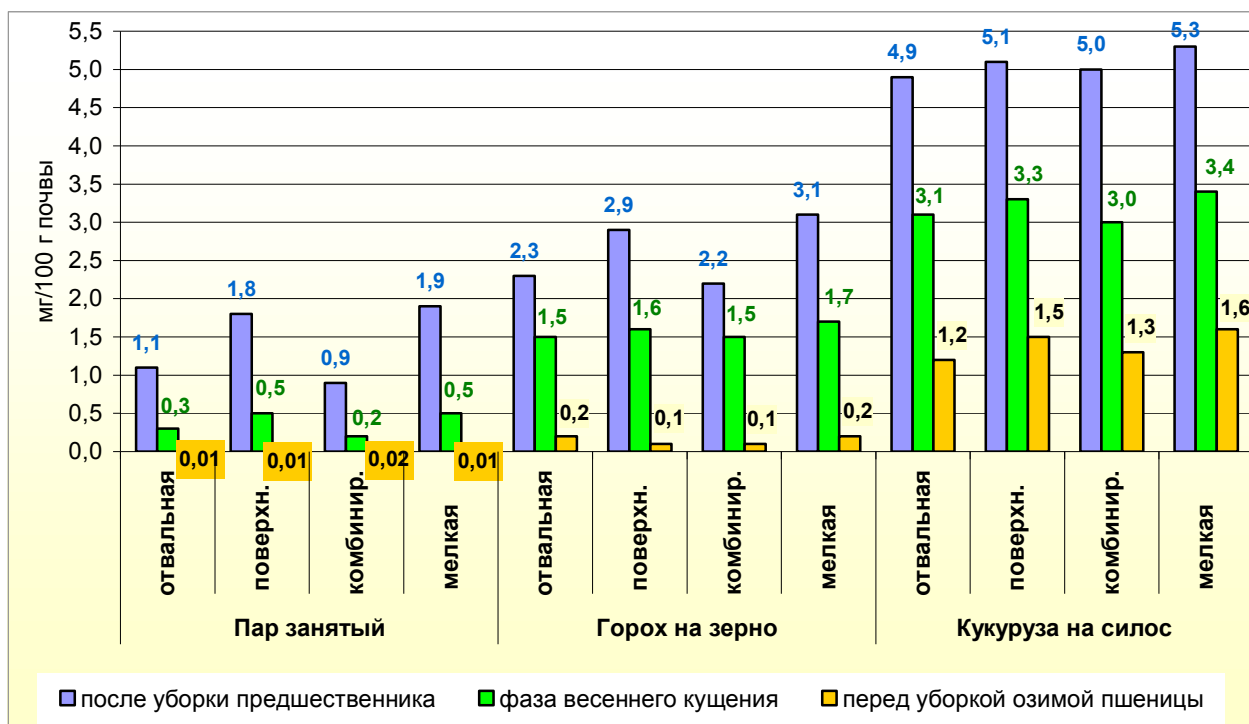


Рисунок 15 – Динамика накопления фенольных веществ под культурами, мг/100 г почвы (2000–2013 гг.)

Следовательно, при размещении культур в севообороте необходимо учитывать эти свойства и иметь период, в течение которого вредные для основной культуры вещества частично разлагаются. Проведенные нами исследования являются тому подтверждением: количество фенолов к фазе весеннего кушения снижается до 3,0–3,4, а к полной спелости – до 1,2–1,6 мг/100 г почвы.

Менее напряженная обстановка в почве складывается после гороха и занятого пара – содержание фенолов после гороха сразу после уборки находится в пределах 2,2–3,1 мг/100 г почвы, к уборке озимой пшеницы снижаясь до 0,1–0,2 мг/100 г почвы. Еще меньшее число фенольных веществ содержится после занятого пара – от 0,9–1,8 мг/100 г почвы после уборки культуры до 0,01–0,02 мг/100 г почвы перед уборкой культуры.

Следовательно, бобовые культуры и их смеси со злаковым компонентом являются фактором детоксикации севооборота, немаловажную роль при этом играет скорость разложения растительных остатков. Чем быстрее мине-

рализуются растительные остатки в послеуборочный период, тем быстрее оптимизируется питательный режим почвы и уменьшается количество токсичных веществ в ней.

Способы и приемы обработки почвы слабо повлияли на накопление фенольных веществ, вместе с тем отмечается тенденция их увеличения в ряду отвальная → комбинированная → поверхностная → мелкая. Это свидетельствует о том, что детоксикация быстрее протекает в хорошо аэрируемых, обеспеченных влагой, окультуренных, с повышенной биологической активностью почвах. При мелких и поверхностных обработках в верхних слоях почвы сосредотачивается большое количество растительных остатков, в процессе разложения которых накапливаются фенольные вещества и повышается общая токсичность почвы. При отвальном и комбинированном способах обработки почвы происходит рассредоточение растительных остатков в более глубокие горизонты почвы, более активное их разложение, в связи с чем токсичность почвы снижается.

Таким образом, основным способом борьбы с токсикозом почвы было и остается научно обоснованное чередование культур в севообороте, соответствующее почвенно-климатическим условиям зоны.

## **Глава 4. УПРАВЛЕНИЕ ФИТОСАНИТАРНЫМ СОСТОЯНИЕМ В АГРОЦЕНОЗАХ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР**

### **4.1. Мониторинг условий произрастания и флористический состав сорных растений в годы проведения исследований**

В современном понимании агрофитоценозы характеризуются определенным флористическим составом, структурой, взаимоотношениями растительных организмов друг с другом и окружающей средой, саморегуляцией, динамичностью и историчностью, но отличаются от естественных формаций тем, что искусственно создаются и поддерживаются только благодаря постоянным усилиям человека. Поэтому они проще по структуре, более кратковременны в своем существовании, исторические связи в них менее прочны и для поддержания своей устойчивости требуют дополнительных затрат энергии (Одум, 1986). Таким образом, агрофитоценозы представляют собой градацию переходных форм от естественных фитоценозов через растительные сообщества, близкие к ним, к посевам, наиболее отличным от естественных фитоценозов (Воробьев, 1973). Основными структурными компонентами агрофитоценоза являются популяции культурных и сорных растений. В этой системе сегетальное сообщество наиболее устойчиво и обладает явлением равновесной биологической массы (Марков, 1972). Сорное сообщество, автономно от основной культуры за счет банка семян и банка вегетативных зачатков и проростков, состав которых обусловлен эдафически (Одум, 1986; Работнов, 1987).

Сорные растения рассматриваются как естественный компонент агрофитоценозов. Он может оказаться полезным в силу способности активизировать биогеохимический оборот с более глубокими горизонтами почвы, выступать в роли пулов (запасников) минеральных удобрений. Исходные параметры агрофитоценоза в значительной мере формирует человек путем выбора высеваемых культурных растений и разработкой технологии их возделывания. В условиях современного сельскохозяйственного производства меня-

ется структура сегетального компонента агроценозов полевых культур. Место менее приспособленных и менее устойчивых к природным и антропогенным воздействиям занимает более устойчивыми и более приспособленными. Возрастает засорённость злостными и трудноискоренимыми видами: осотом, бодяком, пыреем и другими.

В целом, в современной земледелии идет смена концепции о понимании роли сорных растений в агроэкосистемах и отношении к ним. Концепция, центром которой являлась «борьба с сорняками», «уничтожение», «искоренение», сменяется концепцией регулирования численности сорных растений. Основанием для такого развития системы представлений оказывается не только угроза все большего загрязнения агроэкосистем остаточными количествами гербицидов, но и соображения о том, что сорные растения представляют опасность не своим видовым разнообразием или наличием в посевах, а высокой численностью. Поэтому вместо дорогостоящего и фактически нереального уничтожения сорняков экономически более целесообразно не допускать их массового разрастания и снижать их численность до безопасного уровня.

Большое значение имеет учет механизма формирования агрофитоценоза как фактора повышения конкурентной способности культурных растений. Первостепенное внимание в регулировании засоренности посевов уделяется агротехническим и фитоценотическим методам снижения численности и вредоносности сорных растений – научно обоснованному чередованию культур в севооборотах, обработке почвы, проведению агротехнических мероприятий в оптимальные сроки и с хорошим качеством с соблюдением всех технологических требований с целью формирования мощного выровненного высокопродуктивного стеблестоя культурных растений. Все они направлены на то, чтобы повышать конкурентоспособность культур и усилить фитоценотическое давление на сорный компонент. От того, насколько рационально адаптирована к почвенно-климатическим условиям структура посевных

площадей, элементы агротехнологии, зависит механизм управления сорным компонентом в агроценозах полевых культур.

Сорная растительность Ставропольского края характеризуется большим видовым разнообразием. Как указывает профессор В.В. Скрипчинский (1977), только в окрестностях города Ставрополя ботаниками выявлено около 1200 видов, многие из которых являются засорителями посевов. Исследований, посвященных установлению фитосоциологической номенклатуры в растительных пашенных сообществах, крайне мало, особенно актуальным это становится при переходе к почвозащитным методам обработки почвы в сельском хозяйстве Центрального Предкавказья.

В крае насчитывается около 400 видов сорнополевых растений. При этом для каждой почвенно-климатической зоны характерна своеобразная сорная растительность (рисунок 16).

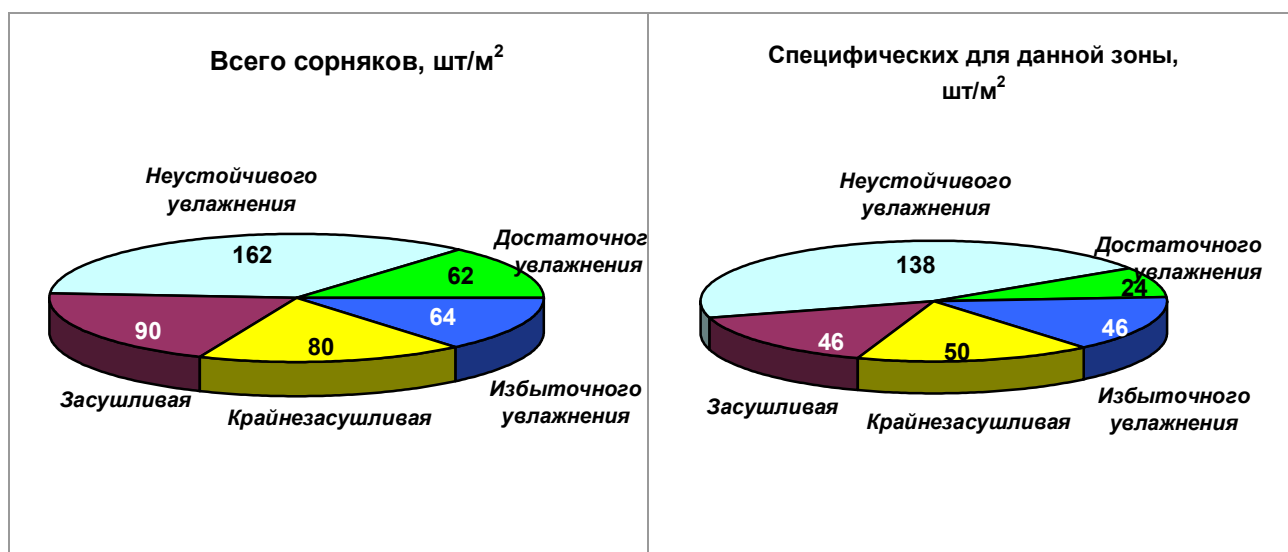


Рисунок 16 – Количественный состав сорных растений по природно-климатическим зонам Ставропольского края, шт./м<sup>2</sup> (В.В. Скрипчинский, 1977).

Как видно из представленных данных, одна вторая от всего количества видов сорных растений приходится на зону неустойчивого и достаточного увлажнения, что связано с водным и почвенными режимами.

Основным структурным элементом агрофитоценоза является видовая популяция, характеризующаяся плотностью, возрастным составом, характе-



ром распределения в пределах территории и т.д. (Работнов, 1969; Одум, 1986). Засоренность в наших опытах зависит от многих факторов: погодных условий, возделываемых культур и агротехнологических приемов.

За период третьей ротации севооборота (1993–2000 г.) в посевах озимой пшеницы преобладающей группой, как показывает анализ таблицы 6, являются сорные растения, относящиеся к биологической группе зимующих: василёк синий (*Centaurea cyanus L.*), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris (L.) Medic.*), подмаренник цепкий (*Galium aparine L.*), фиалка полевая (*Viola arvensis Murr.*), хориспора нежная (*Chorispora tenella (Pall.) DC.*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense L.*), L.), вероника плющелистная (*Veronica hederifolia L.*), дескурация Софии (*Descurainia Sophia L.*)

Среди представителей группы яровых ранних в посевах озимой пшеницы преобладают: яснотка стеблеобъемлющая (*Lamium amplexicaule*), воробейник полевой, буглосоидес (*Buglossoides arvensis (L.) Johnst.*), горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus L.*), пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit L.*).

Группу яровых поздних сорняков в агрофитоценозе озимой пшеницы представляют: амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia L.*), дурнишник зобовидный (*Xanthium stumarium L.*), ширица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus L.*).

Многолетние сорные растения принадлежат к группам ползучих, корневищных, кисте- и стержнекорневых, корнеотпрысковых и представлены следующими видами соответственно: ясколка костенецевидная (*Cerastium holosteoides Fries*), лютик полевой (*Ranunculus arvensis L.*), бодяк полевой, осот розовый (*Cirsium arvense (L.) Scop.*), вьюнок полевой, берёзка (*Convolvulus arvensis L.*), осот полевой, жёлтый (*Sonchus arvensis L.*).

Таблица 6 – Видовой состав сорных растений в фазу  
весеннего кущания озимой пшеницы (1993–2000 гг.)

Название сорного растения	Ботаническое семейство	Тип корневой системы	шт./м <sup>2</sup>	%
1	2	3	4	5
<b>Эфемеры</b>				
Звездчатка средняя ( <i>Stellaria media</i> L.)	Гвоздичные (Caryophyllaceae)	стержневая	2,3	2,2
<b>Яровые ранние</b>				
Гречишка вьюнковая ( <i>Polygonum convolvulus</i> L.,	Гречишные (Polygonaceae)	стержневая	5,4	5,2
Яснотка стеблеобъемлющая ( <i>Lamium amplexicuale</i> (L.)	Яснотковые (Lamiaceae)	стержневая	6,2	5,9
Пикульник обыкновенный ( <i>Galeopsis tetrahit</i> L.)	Яснотковые (Lamiaceae)	стержневая	7,8	7,4
Воробейник полевой, бугло- соидес ( <i>Buglossoides arvensis</i> (L.) Johnst.)	Бурачниковые (Boraginaceae)	стержневая	8,1	7,7
<b>Яровые поздние</b>				
Амброзия полыннолистная ( <i>Ambrosia artemisifolia</i> L.)	Астровые (Asteraceae)	стержневая	3,8	3,6
Дурнишник зобовидный ( <i>Xanthium stumarium</i> L.)	Астровые (Asteraceae)	стержневая	2,1	2,0
Щирица запрокинутая ( <i>Amaranthus retroflexus</i> L.).	Амарантовые (Amaranthaceae)	стержневая	4,1	3,9
<b>Зимующие</b>				
Василек синий ( <i>Centaurea cyanus</i> L.)	Астровые (Asteraceae)	стержневая	9,8	9,4
Вероника плющелистная ( <i>Veronica hederifolia</i> L.)	Норичниковые (Scrophulariaceae)	стержневая	8,2	7,8
Подмаренник цепкий ( <i>Galium aparine</i> L.)	Мареновые (Chenopodiaceae)	стержневая	7,8	7,5
Ярутка полевая ( <i>Thlaspi arvense</i> L.)	Капустные (Brassicaceae)	стержневая	9,1	8,7
Фиалка полевая ( <i>Viola arvensis</i> Murr.)	Фиалковые (Violaceae)	стержневая	5,4	5,2
Дескурация Софии ( <i>Descurainia Sophia</i> L.)	Крестоцветные (Brassicaceae)	стержневая	6,1	5,7
Пастушья сумка ( <i>Capsella bur- sa-pastoris</i> (L.) Medic.)	Крестоцветные (Brassicaceae)	стержневая	7,3	6,8
<b>Многолетние</b>				
Лютик полевой ( <i>Ranunculus arvensis</i> L.)	Лютиковые (Ranunculaceae)	стержневая	2,1	2,0
Бодяк полевой ( <i>Cirsium arvense</i> L.)	Астровые (Asteraceae)	корнеотпрысковая	1,5	1,4

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5
Вьюнок полевой ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.)	Гречишные (Polygonaceae)	корнеотпрысковая	2,4	2,1
Осот полевой ( <i>Sonchus arvensis</i> L.)	Астровые (Asteraceae)	корнеотпрысковая	2,7	2,6
Ясколка костенецевидная ( <i>Cerastium holosteoides</i> Fries)	Гвоздичные (Caryophyllaceae)	стержневая	3,1	2,8
ИТОГО			104,3	100

В посевах озимой пшеницы (рисунок 17) преобладающими видами являются растения, относящиеся к семействам Asteraceae (19,1%), Brassicaceae (21,2%) и Caryophyllaceae (6,7%), Lamiaceae (13,3%). Остальные виды принадлежали к следующим семействам: Caryophyllaceae – 5%, Polygonaceae – 7,3, Boraginaceae – 7,7, Amaranthaceae – 3,9, Scrophulariaceae – 7,8, Chenopodiaceae – 7,5, Ranunculaceae – 2,0, Violaceae – 5,2%.

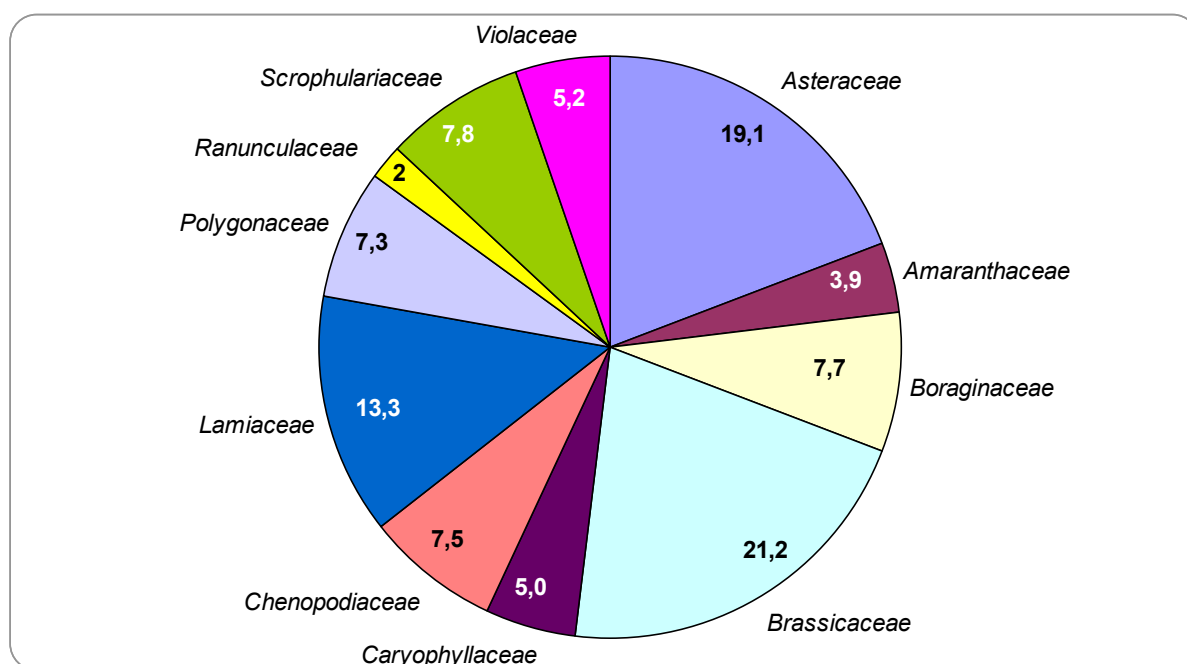


Рисунок 17 – Принадлежность сорных растений к ботаническим семействам (1994–2001 гг.)

Используя классификацию жизненных форм К. Раункиера (1905), можно констатировать, что данное сорное сообщество представлено 46,3% гемикриптофитов, 51,7% терофитов и 2% геофитов (рисунок 18).

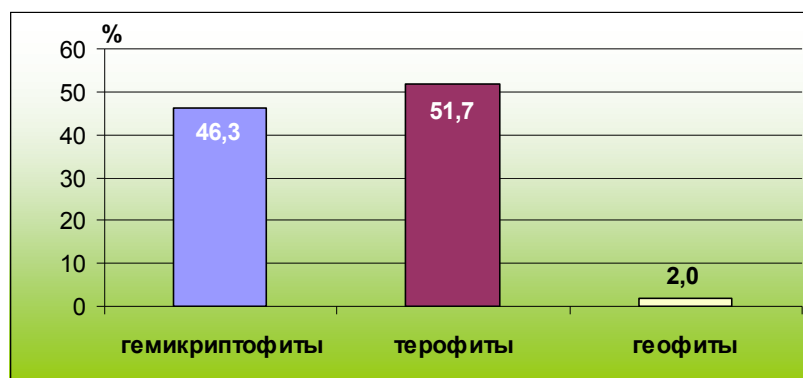


Рисунок 18 – Жизненные формы сорных растений в фазу весеннего кущения озимой пшеницы (1994–2001 гг.).

За две ротации севооборота в сорном компоненте агроценозов полевых культур произошли изменения в видовом составе, что связано, на наш взгляд, с погодными условиями, а также с элементами технологии возделывания культуры.

В посевах озимой пшеницы четвертой ротации севооборота (таблица 7) преобладающими видами являются растения, относящиеся к семействам Asteraceae – 18,5%, Brassicaceae – 25,7, Polygonaceae – 12,7, Chenopodiaceae – 11,3%.

Таблица 7 – Видовой состав сорных растений в фазу колошения (2000–2008 гг.)

Название сорного растения	Ботаническое семейство	Тип корневой системы	шт./м <sup>2</sup>	%
1	2	3	4	5
<b>Эфемеры</b>				
Звездчатка средняя ( <i>Stellaria media</i> L.)	Гвоздичные (Caryophyllaceae)	стержневая	3,1	2,5
<b>Яровые ранние</b>				
Дымянка аптечная ( <i>Fumaria officinalis</i> L.)	Дымянковые (Fumarioideae)	стержневая	7,0	5,8
Галинсога мелкоцветная ( <i>Calinsoga parviflora</i> Cav.)	Астровые (Asteraceae)	стержневая	6,2	5,1
Марь белая ( <i>Chenopodium album</i> L.)	Маревые (Chenopodiaceae)	стержневая	6,1	5,0
Горец почечуйный ( <i>Polygonum persicaria</i> (L.)	Гречишные (Polygonaceae)	стержневая	7,2	6,0
Гречиха татарская ( <i>Fagopyrum tataricum</i> (L.) Gaertn.)	Гречишные (Polygonaceae)	стержневая	5,4	4,5
Яснотка пурпурная ( <i>Lamium purpureum</i> L.)	Яснотковые (Lamiaceae)	стержневая	5,3	4,4

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5
<b>Яровые поздние</b>				
Амброзия полыннолистная ( <i>Ambrosia artemisifolia</i> L.)	Астровые (Asteraceae)	стержневая	2,3	1,9
Дурнишник зобовидный ( <i>Xanthium stumarium</i> L.)	Астровые (Asteraceae)	стержневая	3,1	2,5
Щирица запрокинутая ( <i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	Амарантовые (Amaranthaceae)	стержневая	1,8	1,5
Щетинник сизый ( <i>Setaria glauca</i> (L.) Beauv.)	Мятликовые (Поа- сеae)	мочковатая	1,9	1,6
Плевел опьяняющий ( <i>Lolium temulentum</i> L.)	Мятликовые (Поа- сеae)	мочковатая	3,1	2,5
Эгилопс цилиндрический ( <i>Aegilops cylindrica</i> Host)	Мятликовые (Поа- сеae)	мочковатая	2,1	1,7
<b>Озимые</b>				
Костер кровельный ( <i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub)	Мятликовые (Поа- сеae)	мочковатая	6,1	5,0
<b>Зимующие</b>				
Василек синий ( <i>Centaurea cyanus</i> L.)	Астровые (Asteraceae)	стержневая	7,2	5,9
Дескурация Софии ( <i>Descurainia Sophia</i> L.)	Крестоцветные (Brassicaceae)	стержневая	6,8	5,6
Подмаренник цепкий ( <i>Galium aparine</i> L.)	Маревые (Chenopodiaceae)	стержневая	7,7	6,3
Пастушья сумка ( <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.)	Капустные (Brassicaceae)	стержневая	8,7	7,2
Ярутка полевая ( <i>Thlaspi arvense</i> L.)	Капустные Brassicaceae)	стержневая	5,8	4,8
Хориспора нежная ( <i>Chorispora tenella</i> (Pall.) DC.)	Капустные Brassicaceae)	тержневая	9,9	8,1
<b>Многолетние</b>				
Лютик полевой ( <i>Ranunculus arvensis</i> L.)	Лютиковые (Ranunculaceae)	стержневая	2,2	1,8
Бодяк полевой ( <i>Cirsium arvense</i> L.)	Астровые (Asteraceae)	корнеотпры- сковая	2,4	1,9
Будра плющелистная ( <i>Glechoma hederacea</i> L.)	Яснотковые (Lamiaceae)	корнеотпры- сковая	3,1	2,5
Вьюнок полевой ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.)	Гречишные (Polygonaceae)	корнеотпры- сковая	2,5	2,2
Одуванчик лекарственный ( <i>Taraxacum officinale</i> Wigg.)	Астровые (Asteraceae)	стержневая	1,5	1,2
Пырей ползучий ( <i>Elytrigia repens</i> L.)	Мятликовые (Поа- сеae)	корневищная	3,1	2,7
ИТОГО			121,6	100,0

Обращает на себя внимание тот факт, что в агрофитоценозе появились сорные растения семейства Poaceae и занимают 13,3% сорного компонента сообщества. Остальные виды принадлежат к следующим семействам: Lamiaceae – 6,9%, Fumarioideae – 5,8, Caryophyllaceae – 2,5, Amaranthaceae – 1,5, Ranunculaceae – 1,8% (рисунок 19).

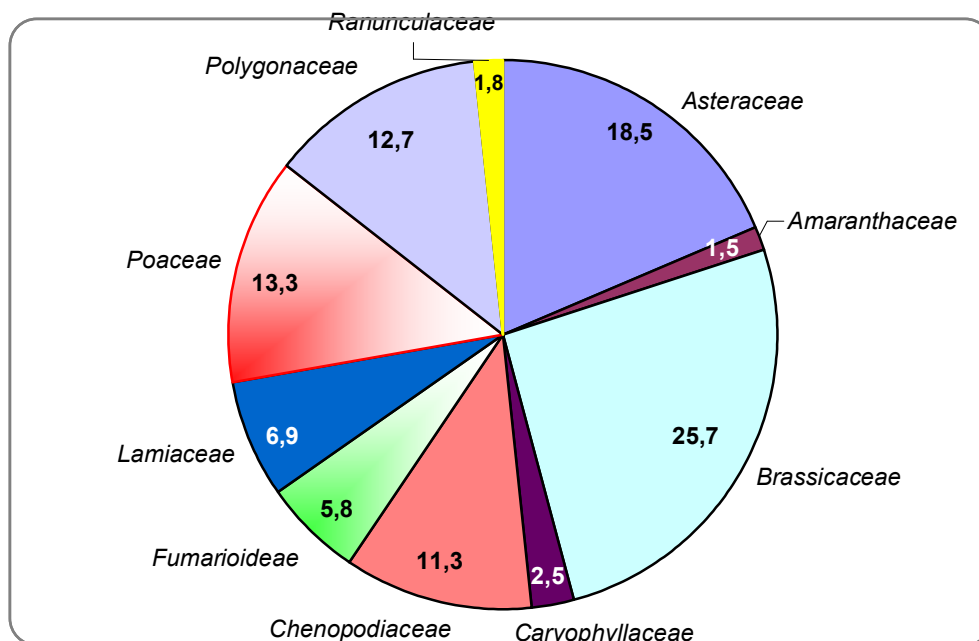


Рисунок 19 – Принадлежность сорных растений к ботаническим семействам (2000–2007 гг.)

Исчезли из сообщества сорные растения семейства Boraginaceae, Violaceae и Scrophulariaceae, в частности такие виды, как пикульник ладанниковый, яснотка стеблеобъемлющая, буглосидес или воробейник полевой, что, вероятно, связано с замещением их в агрофитоценозе более сильными конкурентоспособными видами. Жизненные формы представлены 55,1% гемикриптофитов, 38,1% терофитов и 6,8% геофитов (рисунок 20), то есть по сравнению с третьей ротацией севооборота произошло снижение доли терофитов на 13,6%, тогда как доля гемикриптофитов и геофитов увеличивается соответственно на 8,8 и 4,8%, что свидетельствует о том, что однолетние виды с усилением техногенных элементов агротехнологий не способны оказывать конкуренцию более сильным видам, в основном относящимся к много-

летним сорным растениям, а также большое распространение получили злаковые виды.

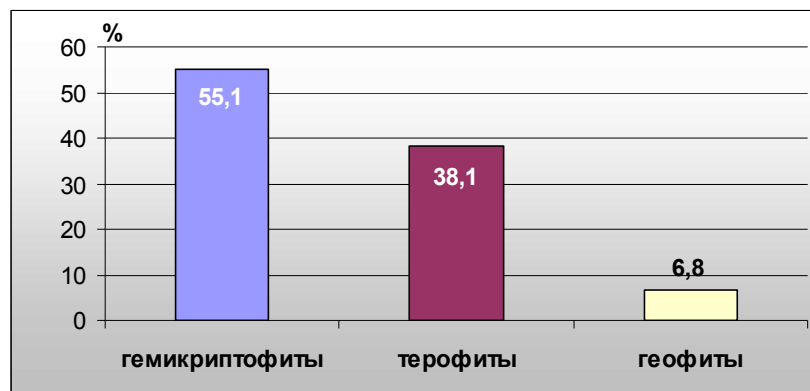


Рисунок 20 – Жизненные формы сорных растений в фазу колошения озимой пшеницы (2000–2007 гг.)

Период третьей ротации севооборота – с 1994 по 2001 – характеризуется тем, что из восьми лет пять были типичными по увлажнению и три – с недостаточным увлажнением, показатели температурного режима были близки к среднеголетним и лишь два года характеризовались пониженными температурами: 1996 и 1997. В этот период виды сорных растений принадлежали к следующим экологическим группам: ксерофиты – виды, приуроченные к местообитаниям с постоянным дефицитом влаги, составляли 13,4% агрофитоценоза, мезофиты – виды, тяготеющие к местообитаниям с постоянным умеренным количеством влаги (44,3%), гигромезофиты – растения, развивающиеся в условиях временного избытка влаги (24,4%), и ксеромезофиты – растения экотопов с временным дефицитом влаги (17,9%).

Погодные условия, сложившиеся в период четвертой ротации севооборота, отличались от предыдущей ротации. Так, из восьми лет три года характеризуются как типичные по увлажнению, а в другие пять лет осадков выпало ниже нормы, за исключением одного года, 2006-го. Показатели температур были ниже нормы. В связи с этими условиями изменяется и соотношение экологических групп сорных растений. Увеличивается число видов сорных растений, принадлежащих к экологической группе ксерофитов, – 23,6, что превышает показатели предыдущей ротации на 10,2%, происходит это в ос-

новном за счет появления злаковых видов сорняков. Вместе с тем наблюдается снижение видов-гигромезофитов с 24,4 до 18,6%. Количество сорных растений, принадлежащих к мезофитам и ксеромезофитам, практически не изменяется и составляет 42,8 и 14% соответственно. Подобный анализ свидетельствует о высокой пластичности сорных растений по отношению к условиям произрастания.

Что касается типа засоренности, то на основании вышеизложенного можно заключить, что в умеренно-влажной зоне Ставропольского края преобладает корнеотпрысково-малолетний и корнеотпрысково-корневищно-малолетний тип засоренности.

Таким образом, прослеживается влияние погодных условий на видовой состав сеgetальной растительности, характер и степень засорения посевов озимой пшеницы.

Так как сорные растения являются истинными эксплерентами, они отличаются высокой семенной (часто усиливаемой еще и вегетативной, за счет корневищ) силой размножения. Как правило, семена этих растений распространяются ветром или образуют в почве «банки семян», которые бурно реагируют прорастанием на нарушения. Они первыми начинают восстанавливать растительность при нарушениях: семена одних уже имеются в почвенном банке, семена других быстро доставляются на место нарушения ветром или другими агентами.

При рассмотрении типов стратегий следует подчеркнуть, что в зависимости от стратегии виды отличаются типом регулирования численности популяций, значимостью когорт резервного фонда – семян и проростков, способностью к вегетативному размножению.

И все же есть множество признаков, которые объединяют все сорные растения в одну группу и определяют особенности их образа жизни и благодаря которым все сорняки относят к одному типу эколого-ценотических стратегий – к эксплерентам.



Подавление культурных растений сорными происходит за счет высокой семенной продуктивности и пластичности последних по отношению к условиям произрастания, к тому же они более конкурентоспособны, особенно в условиях недостаточной густоты посевов культурных растений.

Проведенные исследования показывают, что на изменение видового состава сорных растений пшеничного агроценоза влияние оказывает временной фактор, что связано с различиями в погодных условиях в годы проведения исследований, в частности это касается формирования экологических форм сорных растений.

#### **4.2. Потенциальная засоренность почвы семенами сорных растений в зависимости от предшествующей культуры и обработки почвы**

Формирование широкого видового спектра сорной флоры агрофитоценоза подчиняется эволюционным закономерностям земледелия, в частности, оно обусловлено наличием в почве большого количества органов генеративного и вегетативного возобновления сорняков, поступлением семян сорняков с соседних территорий, что, в свою очередь, расширяет флористический состав сорного компонента и повышает его экологическую пластичность и устойчивость

В современных стратегиях борьбы с сорной растительностью речь идет не о полном уничтожении сорных растений, а о разумном регулировании их численности. Вследствие этого на процессы саморегуляции фитосанитарного состояния агрофитоценоза влияют элементы агротехнологий, в частности большая роль принадлежит обработке почвы и севообороту в агрофитоценозе.

Полученные данные (приложение 8) свидетельствуют о том, что на величину потенциальной засоренности оказывают влияние как обработка почвы, так и предшествующая озимой пшенице культура. При этом роль обработки почвы заключается не только в регулировании численности потенциальной засоренности, но и в различной рассредоточенности семян сорняков

по слоям почвы, что в дальнейшем сказывается на появлении их всходов и уровне засоренности посевов.

Анализируя полученные данные (рисунок 21), можно констатировать тенденцию к увеличению потенциальной засоренности при мелкой и поверхностной обработках.

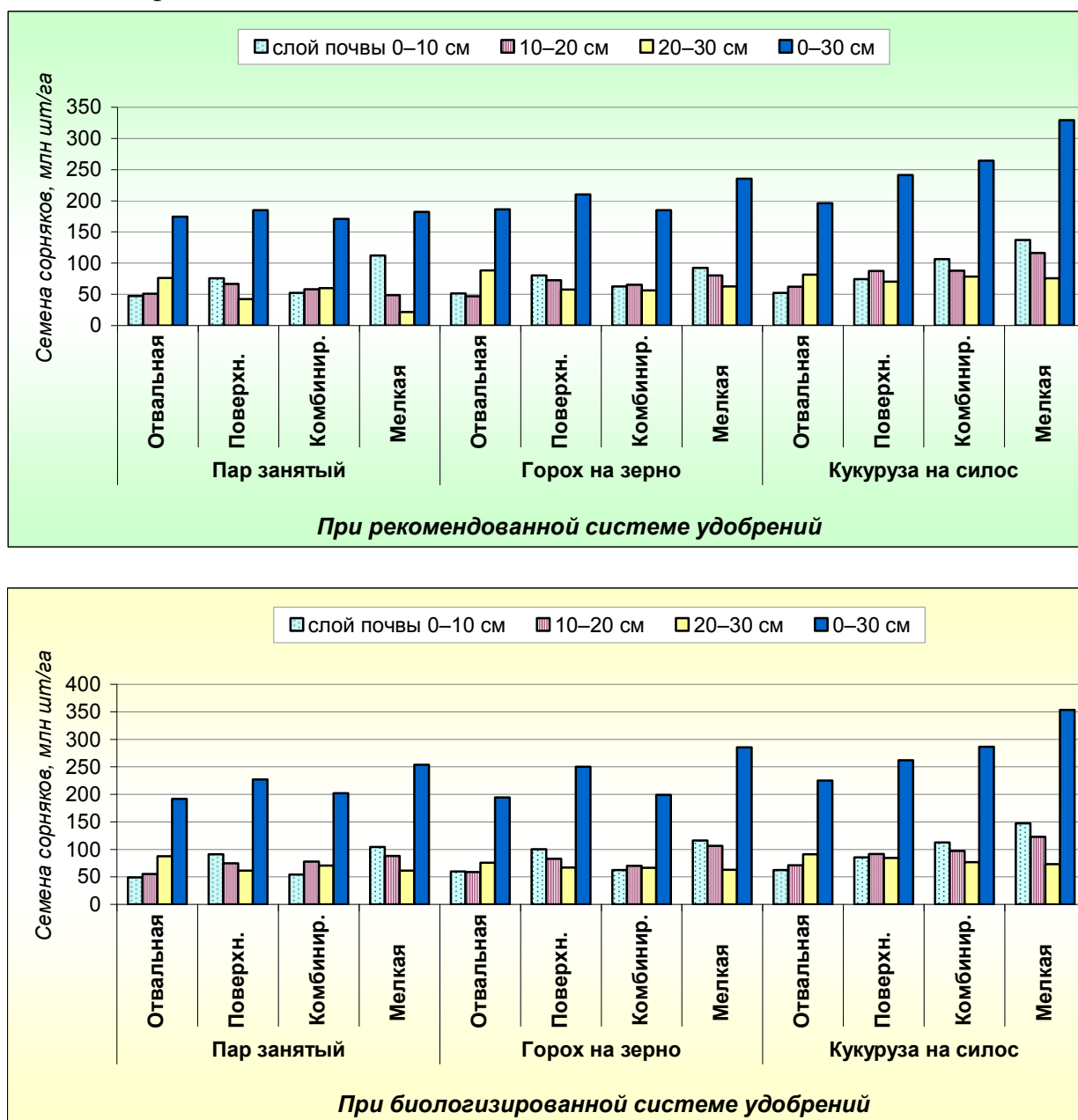


Рисунок 21 – Потенциальная засорённость почвы перед севом озимой пшеницы, млн шт./га (среднее за 2000–2012 гг.).

Результаты показывают, что поверхностная и мелкая обработки способствуют накоплению семян преимущественно в слое 0–10 см, вместе с тем

засоренность и нижележащего слоя 10–20 см больше в сравнении с другими вариантами, что связано с просыпанием запаса семян в данный слой почвы. Так, по предшественнику пар занятый при рекомендованной системе удобрений потенциальная засоренность в слое 0–30 см при поверхностной и мелкой обработках на 5,9% и 4,4% больше, чем при отвальной обработке, при этом в верхнем 0–10-сантиметровом слое сосредоточено соответственно 40,3 и 61,4% семян. По предшественнику кукуруза на силос наблюдается тенденция к увеличению потенциальной засоренности, так как к концу вегетации культуры происходит вторая волна всходов и вегетации сорных растений, которые не были уничтожены химическим и агротехническим способами, они успевают обсемениться и сформировать банк семян в почве.

Потенциальная засоренность пахотного слоя почвы 0–30 см превышает этот показатель на варианте с занятым паром на 21,5 млн шт./га по отвальному способу; 79,4 – при безотвальной обработке; 70,0 – комбинированной обработке и 146,6 млн шт./га в варианте с мелкой обработкой. Потенциальный запас семян сорных растений по гороху занимает промежуточное положение, однако вышеописанные закономерности сохраняются: в вариантах с поверхностной и мелкой обработкой содержится на 11,4 и 20,9% семян больше в сравнении с отвальной обработкой.

Таким образом, до 50% от общего запаса семян сорных растений находится в наиболее благоприятных для прорастания условиях.

Поверхностное сосредоточение растительных остатков приводит к увеличению засоренности посевов однолетними и многолетними сорняками. Размещение растительных остатков, а вместе с ними и семян сорняков в поверхностном слое почвы (на глубине, близкой к оптимальной для их прорастания), способствует созданию наилучших условий для прорастания и развития сорных растений в течение вегетационного периода. Увеличение глубины заделки пожнивных остатков, с которыми заделываются и семена сорных растений, приводит к снижению засоренности посевов однолетними и многолетними сорняками.

Отвальный способ основной обработки почвы способствует очищению почвы, что объясняется перемещением семян сорняков на глубину более 20 см, тем самым, затрудняя их прорастание и увеличивая гибель. Основной объём семян сорных растений в этом варианте – до 47,3% – сосредоточен в слое 20–30 см. Вариант с использованием комбинированного способа обработки занимает промежуточное положение – распределение семян сорняков достаточно равномерное, а общее их количество превышает вариант с отвальной обработкой от 0,2 до 22,9%. Семена сорных растений в данном варианте сравнительно равномерно распределяются по слоям, а именно – по паре занятому при рекомендованной системе удобрений 52,5; 58,4; и 60,1 млн шт./га, соответственно, по гороху – 62,7; 65,6 и 56,6; по кукурузе на силос – 74,5; 88,1 и 78,6 млн шт./га, соответственно. Такая же закономерность прослеживается, но с некоторой долей увеличения, и на варианте с биологизированной системой удобрений (приложения 9–12).

В варианте с биологизированной системой удобрений засоренность увеличивается по отношению к рекомендованной системе удобрений, что связано с внесением навоза и пополнением запаса семян в почве.

В результате математической обработки и анализа данных по всем изучаемым вариантам (таблица 8) выявлены положительные эффекты взаимодействий предшественников и способов обработки почвы. В слое 0–10 см между предшественниками и способами обработки почвы  $F_{\text{факт}} > F_{05} = 2,29:4,21$ , между предшественниками и системами удобрений  $F_{\text{факт}} > F_{05} = 3,13:5,82$ , способами обработки и системами удобрений  $F_{\text{факт}} > F_{05} = 2,79:5,85$ , между тремя изучаемыми факторами  $F_{\text{факт}} > F_{05} = 2,29:4,45$ . Аналогичные закономерности отмечаются по всем слоям почвы. Наименьшая существенная разница свидетельствует о достоверном влиянии факторов на потенциальную засоренность почвы семенами сорняков.

Таким образом, установлено, что потенциальный запас семян в почве формируется под влиянием нескольких факторов: предшественника, способа основной обработки и системы удобрений.

Таблица 8 – Потенциальная засоренность почвы перед севом озимой пшеницы, млн шт./м<sup>2</sup> (по главным факторам)

Варианты	Слой почвы, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
<b>Фактор А – предшественник</b>				
Пар занятый	73,1	65,2	65,1	206,0
Горох	78,2	72,8	68,5	219,6
Кукуруза на силос	96,1	92,2	81,4	271,0
НСР <sub>095</sub>	0,35	0,39	0,38	0,41
<b>Фактор В – обработка почвы</b>				
Отвальная	51,9	57,6	83,4	194,9
Поверхностная	94,3	80,3	62,6	237,2
Комбинированная	65,3	75,2	69,4	210,0
Мелкая	118,3	93,8	71,3	286,6
НСР <sub>095</sub>	0,40	0,75	0,44	0,48
<b>Фактор С – система удобрения</b>				
Рекомендованная	78,8	70,3	67,7	218,5
Биологизированная	86,1	83,1	75,7	245,9
НСР <sub>095</sub>	0,28	0,32	0,31	0,34

Пар занятый и горох, выступающие в качестве предшественников озимой пшеницы, а также отвальный способ обработки способствуют снижению запаса семян в почве. Поверхностная и мелкая обработки приводят к накоплению банка семян в слое 0–10 см, что благоприятствует дальнейшему их прорастанию.

Предшественник – мощный фактор регулирования засоренности посевов, это подтверждено исследованиями, проведенными в стационарном опыте по изучению роли предшественников и бессменных посевов озимой пшеницы в 1992–1998 гг.

Данные исследований (приложение 13) показывают, что максимальная засоренность почвы семенами сорняков по всем исследуемым слоям почвы – под бессменными посевами. Связано это с тем, что реальная засоренность

посевов при бессменном возделывании выше и количество осыпавшихся семян за вегетационный период достаточно велико, в сравнении с другими предшественниками. При бессменном возделывании культуры вообще, и озимой пшеницы в частности, происходит формирование видов сорной растительности, наиболее приспособленных к произрастанию в посевах озимой пшеницы, особенно это касается зимующих сорняков, которые находят в посевах озимой пшеницы наиболее благоприятные условия. Осеменяясь ежегодно, они тем самым формируют банк семян в почве и обуславливают максимальную засоренность посевов.

В результате проведенных исследований выявлено, что по предшественнику люцерна в слое 0–30 см содержалось 257,8 млн шт./га, а под бессменными посевами этот показатель равен 511,2 млн шт./га сорняков, т.е. практически в два раза больше. По пару занятому запас семян 313,7 млн шт./га, по гороху – 370,4, а по кукурузе на силос – 384,3 млн. шт./га (рисунок 22).

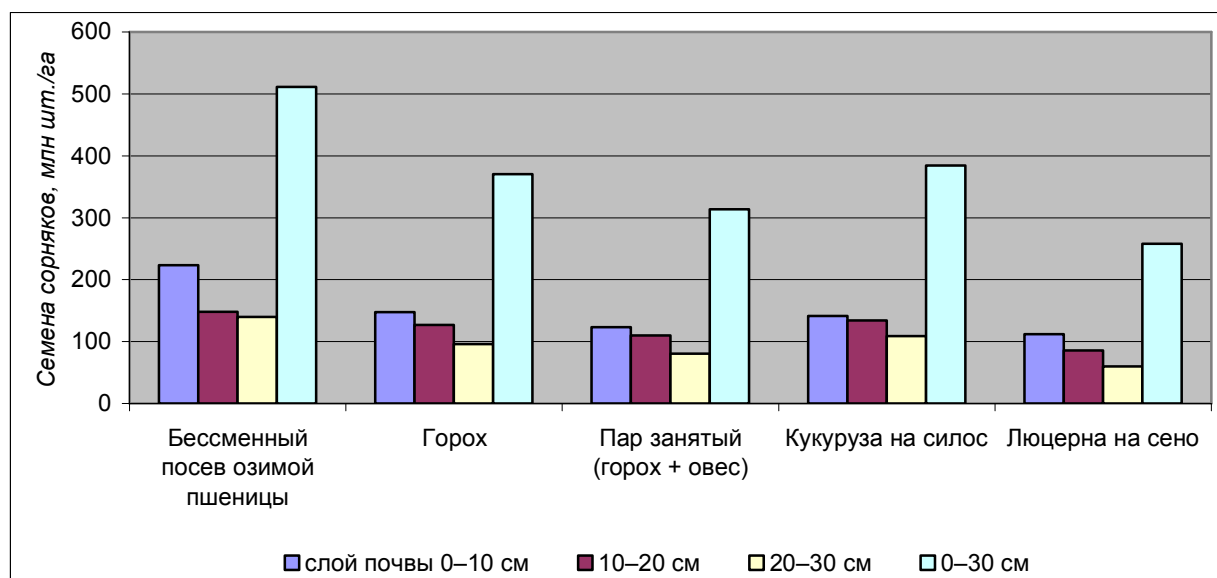


Рисунок 22 – Потенциальная засоренность почвы перед севом озимой пшеницы, млн шт./га (1992–1998 гг.)

Следовательно, многолетние травы, выступающие в качестве предшественника озимой пшеницы, развивая мощную вегетативную массу, обладают высокой конкурентной способностью и подавляют развитие сорных растений,

тем самым снижая семенную продуктивность сорных растений и потенциальный запас семян в почве. Занятый пар также способствует снижению запаса семян сорных растений, что связано с биологией культуры и технологией возделывания, а именно коротким периодом вегетации и проведением послеуборочных операций обработки почвы. В посевах гороха и кукурузы на силос, имеющих более продолжительный период вегетации, некоторые виды яровых поздних сорных растений успевают обсемениться, что способствует пополнению банка семян сорных растений в почве.

Экспериментальные данные по определению потенциальной засоренности почвы в зависимости от предшественника и под бессменными посевами озимой пшеницы убедительно показывают, что расхождение предшествующих культур в биологических особенностях (оптимальные температуры прорастания, длина вегетационного периода), а также сроки посева и уборки оказывают существенное влияние на сохранение и накопление семян сорняков под этими культурами. При смене возделываемых культур те или иные сорные растения, находившие себе необходимые условия для роста и развития при произрастании в посевах какой-то одной культуры, не находят этих условий при возделывании другой, что оказывает большое влияние на формирование того или иного агрофитоценоза. Исследования показали, что потенциальная и реальная засоренность взаимосвязаны, зависимость определяется не только предшественником, но и фазой развития культуры (приложение 14).

Запас семян в слое 0–10 см, в основном, определяет количество сорняков в агрофитоценозе озимой пшеницы. Особенно это заметно в периоды кущения и колошения культуры. Анализ данных, представленный на рисунке 23, показывает, что по предшественникам значения коэффициентов корреляции в фазу кущения мало отличаются. Так, при бессменном возделывании и по кукурузе на силос коэффициенты корреляции +0,378 и +0,396 соответственно.

По другим предшественникам они несколько выше, но по своему абсолютному значению определяют среднюю корреляционную зависимость.

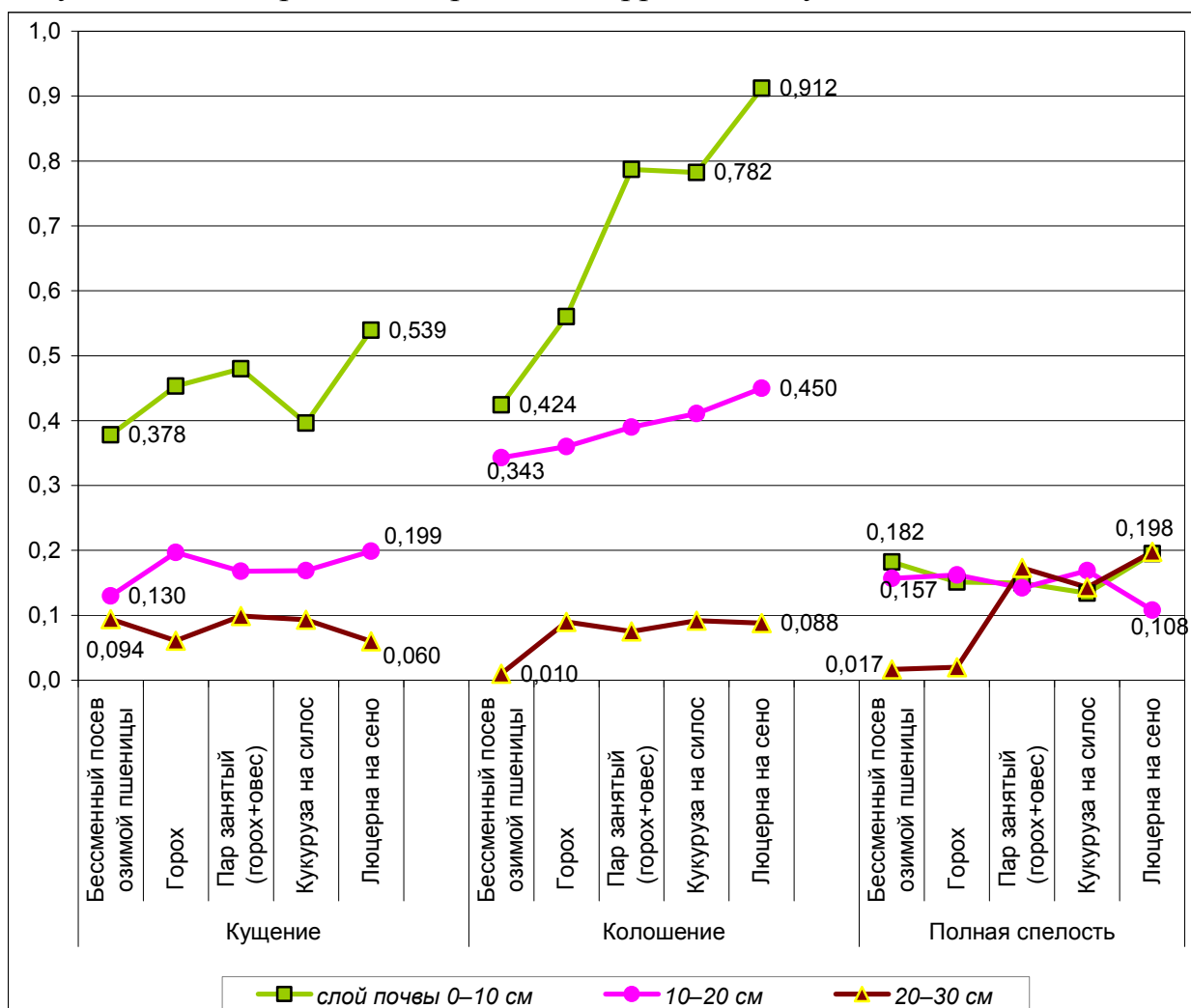


Рисунок 23 – Корреляционная зависимость между фактической и потенциальной засоренностью озимой пшеницы (1993–1998 гг.)

Вступление озимой пшеницы в фазу колошения сопровождается увеличением засоренности посевов, а также связи ее с потенциальным числом семян сорняков в слое почвы 0–10 см. Корреляционная зависимость между запасом семян сорняков в почве и засоренностью посевов озимой пшеницы, возделываемой по люцерне, приближается к единице, что свидетельствует о высокой тесноте связи. Высокий коэффициент корреляции отмечается по предшественникам пар занятый (+0,787) и кукуруза на силос (+0,782).

Виды сорняков, которые в силу своих биологических особенностей и некоторых факторов внешней среды в фазу кущения не взошли, появились к



колошению. Как известно, второй пик массового появления сорняков приходится именно на эту фазу, что подтверждается высокими коэффициентами корреляции между засоренностью посевов в фазу колошения и потенциальной засоренностью, особенно в слое 0–10 см. Несколько выше корреляционная зависимость в эту фазу по сравнению с фазой кущения и в слое 10–20 см. Значения коэффициентов указывают на среднюю тесноту связи и находятся в пределах от +0,343 на бессменных посевах до +0,450 – по люцерне.

Наличие семян сорняков в слое почвы 10–20 см в период колошения озимой пшеницы влияет в большей мере на засоренность посевов, чем в фазу кущения. Независимо от предшественников значения коэффициентов корреляции указывают на среднюю тесноту связи и колеблются в пределах от +0,343 до +0,450. Обращает внимание на себя тот факт, что на бессменных посевах проявляется тенденция к уменьшению коэффициентов корреляции между потенциальной и реальной засоренностью, в сравнении с другими предшественниками.

Известно, что в процессе прорастания семена различных культур, в том числе и сорных, выделяют в окружающую среду продукты своей жизнедеятельности. При этом часто отмечается ингибирующая роль выделений прорастающих семян (фенольные соединения, абсцисовая кислота и др.), а также наличие соединений с высокой концентрацией физиологически активных веществ.

Количество семян в почве бессменных посевов достаточно велико, это, возможно, и обусловило аллелопатическое угнетение семян друг другом. Хотя реальная засоренность высокая, можно предположить, что запас семян в почве не является главным источником засоренности посевов. Подтверждением этому и является наличие слабой связи.

В полную спелость наличие семян сорняков в почве уже не оказывает влияния на засоренность посевов. Коэффициенты корреляции указывают на слабую связь потенциальной засоренности по всем слоям почвы с засоренно-

стью в полную спелость (от +0,20 до минимального значения показателя +0,198). Количество сорняков в посевах озимой пшеницы от содержания семян в слое почвы 20–30 см не зависит. Коэффициент корреляции по всем предшественникам и по фазам развития не превышал +0,198.

#### **4.3. Влияние предшественников и бессменных посевов на конкурентную способность озимой пшеницы в агрофитоценозе**

Отрицательные последствия применения химических средств борьбы с сорными растениями во многом обусловлены тем, что при планировании и проведении защитных мероприятий в большинстве случаев не принимаются во внимание такие весьма существенные факторы, как жизненная стойкость самих культурных растений, конкурентная способность их посевов в конкретных почвенно-климатических условиях.

Одним из простых и в то же время действенных способов предотвращения засоренности полей является ежегодное чередование культур в севообороте. Независимо от вида культуры при переходе от бессменного возделывания резко снижается засоренность, а урожайность увеличивается. Чем больше экологические требования сорных растений совпадают с требованиями культурных растений в факторах жизни, тем успешнее они развиваются в агроценозах.

Озимая пшеница относится к группе культур, обладающих высокой конкурентной способностью. Нормально развитый стеблестой культуры способен без применения гербицидов или каких-либо других средств и без ущерба для своего урожая подавить на 89% почти все сорные растения. Эта информация подтверждается и нашими данными (таблица 9).

Конкурентная способность озимой пшеницы в наших опытах проявляется с фазы кущения, к колошению увеличивается и к полной спелости снижается. Зависит она также от предшественника и различается по годам.

Таблица 9 – Конкурентная способность озимой пшеницы  
в зависимости от предшественника, шт./м<sup>2</sup>

Предшественник	Годы							
	1993		1994		1995		среднее	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2
<b>Кущение</b>								
Бессменный посев озимой пшеницы	224	178	199	138	182	128	202	148
Горох	145	107	135	90	97	41	126	83
Пар занятый (горох+овес)	129	88	99	56	81	35	103	60
Кукуруза на силос	136	92	139	79	135	87	136	80
Люцерна на сено	125	94	90	46	112	76	109	72
<b>Колошение</b>								
Бессменный посев озимой пшеницы	204	132	256	149	268	176	243	152
Горох	143	92	117	59	125	68	130	73
Пар занятый (горох+овес)	117	69	98	34	116	43	110	49
Кукуруза на силос	162	110	126	65	189	115	159	97
Люцерна на сено	123	59	118	51	137	73	126	63
<b>Полная спелость</b>								
Бессменный посев озимой пшеницы	152	95	123	91	75	66	117	84
Горох	109	71	95	63	26	20	87	51
Пар занятый (горох+овес)	89	59	82	33	28	25	66	39
Кукуруза на силос	115	89	118	72	49	40	117	67
Люцерна на сено	98	64	101	50	35	28	78	47

\*Примечание: 1 – свободное произрастание сорных растений,  
2 – совместное произрастание сорных и культурных растений.

1993 год характеризовался большой засоренностью посевов, что связано с погодными условиями. В этом же году наблюдается и низкая конкурентная способность озимой пшеницы. Высокая засоренность посевов негативно влияет на развитие растений пшеницы, что приводит к снижению ее конкурентной способности. Так, например, в 1993 году подавление сорняков

в фазе кущения находится в пределах 21–32% в зависимости от предшественника. В 1994 году общая засоренность посевов озимой пшеницы снижается, конкурентная же способность ее возрастает. Объясняется это тем, что в период, приходящийся на фазу кущения озимой пшеницы, осадков в этом году выпало больше нормы, что положительно сказалось на вегетации культуры и увеличении количества растений. Вследствие снижения засоренности и формирования большего количества растений озимой пшеницы конкурентная способность ее довольно высокая. Подавление сорняков составило 31–49%. Сравнивая показатели по предшественникам, можно отметить, что на бессменных посевах конкурентная способность озимой пшеницы ниже, чем по остальным предшественникам. Подавление сорняков по годам на бессменных посевах составляет 21; 31 и 30% по сравнению с максимальными значениями по занятому пару – 32; 44 и 57%. Горох, кукуруза на силос и люцерна занимают промежуточное положение.

К фазе колошения конкурентная способность озимой пшеницы возрастает. В 1993 году максимальное подавление сорняков наблюдается по предшественнику люцерна – 52%. Значительное угнетение сорняков происходит и по занятому пару – 41%. В 1994 году получены аналогичные данные, но подавление несколько повышается и составляет по занятому пару 65%, по люцерне – 57%. В 1995 году наибольшее угнетение сорняков озимой пшеницей по гороху и занятому пару. Самое низкое подавление сорняков на бессменных посевах: 41 и 34%.

Конкурентная способность озимой пшеницы к полной спелости снижается. В среднем по годам подавление находится в пределах от 38% – по люцерне до 23% – по кукурузе на силос. Максимальное угнетение сорных растений по занятому пару – 60%, меньше всего на бессменных посевах – 26%. Обусловлено это той причиной, что к концу вегетации происходит усыхание листьев нижнего яруса, вследствие чего увеличивается доступ света к сор-

ным растениям, и некоторые виды в этих условиях активно вегетируют. Масса сорняков в эту фазу выше, чем в кущение и колошение. В этих условиях произрастают такие виды, как василек синий, амброзия полыннолистная, осот полевой, лютик полевой. При малой численности их на квадратном метре они способны формировать обширную вегетативную массу. То есть озимая пшеница обладает достаточно высокой конкурентной способностью, проявляющейся в угнетении сорных растений. Конкурентная способность культуры находится в прямой зависимости от предшественника, погодных условий и фазы развития.

Из литературных данных известно, что сельскохозяйственные культуры обычно испытывают недостаток в почве двух, трех и более питательных веществ, без устранения дефицита которых они не могут полноценно развиваться и обеспечивать высокую продуктивность. В засоренных посевах культурные растения значительно хуже обеспечены питательными веществами и влагой.

Проведенные исследования указывают на то, что озимая пшеница, являясь доминантом агрофитоценоза, оказывает достаточно сильное влияние на сорняки. Максимальное угнетение сорняков достигается в фазу колошения по занятому пару и составляет 65%. На бессменных посевах конкурентная способность озимой пшеницы проявляется слабее, угнетение сорняков находится в пределах 12–40%, в зависимости от года исследования и фазы развития культуры.

Если же рассматривать влияние сорняков на культуру, то оно проявляется слабее, за исключением бессменных посевов, где оно максимальное: от 18% – в фазу кущения до 12% – в полную спелость, тогда как минимальные показатели по предшественнику люцерна – от 12 до 3% в зависимости от года исследования. Достаточно малое снижение количества растений озимой пшеницы при совместном произрастании с сорными растениями наблюдается и по занятому пару (таблица 10).

Таблица 10 – Конкурентная способность сорной растительности  
в зависимости от предшественника озимой пшеницы, шт./м<sup>2</sup>

Предшественник	Годы							
	1993		1994		1995		среднее	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2
<b>Кущение</b>								
Бессменный посев озимой пшеницы	292	258	406	335	300	267	333	287
Горох	326	297	221	382	397	360	381	346
Пар занятый (горох+овес)	328	301	469	437	410	369	402	369
Кукуруза на силос	316	283	424	370	415	371	285	341
Люцерна на сено	332	313	442	404	426	389	400	369
<b>Колошение</b>								
Бессменный посев озимой пшеницы	257	198	302	229	252	199	270	209
Горох	274	225	326	258	320	281	307	255
Пар занятый (горох+овес)	289	241	336	272	341	288	322	267
Кукуруза на силос	261	213	319	251	321	277	300	247
Люцерна на сено	262	229	345	282	336	298	317	270
<b>Полная спелость</b>								
Бессменный посев озимой пшеницы	224	201	312	271	291	262	276	245
Горох	255	233	360	324	372	342	329	300
Пар занятый (горох+овес)	260	246	379	346	381	357	340	316
Кукуруза на силос	241	226	342	311	407	369	330	302
Люцерна на сено	262	258	418	383	404	381	361	341

\*Примечание: 1 – свободное произрастание озимой пшеницы,  
2 – совместное произрастание культурных и сорных растений.

Особенность ущерба, причиняемого сорняками, по сравнению с ущербом, причиняемым болезнями и вредителями, заключается в том, что они в большинстве случаев являются не паразитами, а конкурентами культурных растений за совместное использование питательных веществ и влагу. Поэтому одной из задач нашей работы мы поставили изучить влияние сорняков на развитие растений озимой пшеницы. Нами установлено, что влияние сорного

компонента агрофитоценоза начинает проявляться с фазы кущения, к колошению возрастает и к полной спелости снижается.

Данные опытов показывают, что в фазу кущения снижение количества растений пшеницы при совместном произрастании с сорняками и на бессеменных посевах составляет 16%, по кукурузе на силос – 10, по гороху – 9, занятому пару – 8 и по люцерне на сено – 6%. К колошению процент подавления озимой пшеницы сорняками максимальный: на 23% снижается число растений озимой пшеницы на бессеменных посевах, на 21 – по кукурузе на силос, на 18 – по гороху, на 17 – по занятому пару, на 13% по люцерне на сено. Аналогичные результаты получены и в фазу полной спелости.

В среднем за годы исследования коэффициент конкурентной способности озимой пшеницы, возделываемой по люцерне, 7,02, по гороху – 5,66, кукурузе на силос – 4,97, пару занятому – 4,34, в бессеменных посевах – 2,25. Вместе с тем коэффициент вредоносности сорняков изменяется прямо противоположно: на бессеменных посевах его значение 0,44, по гороху – 0,17, пару занятому – 0,29, кукурузе на силос – 0,20 и люцерне – 0,14 (рисунок 24).

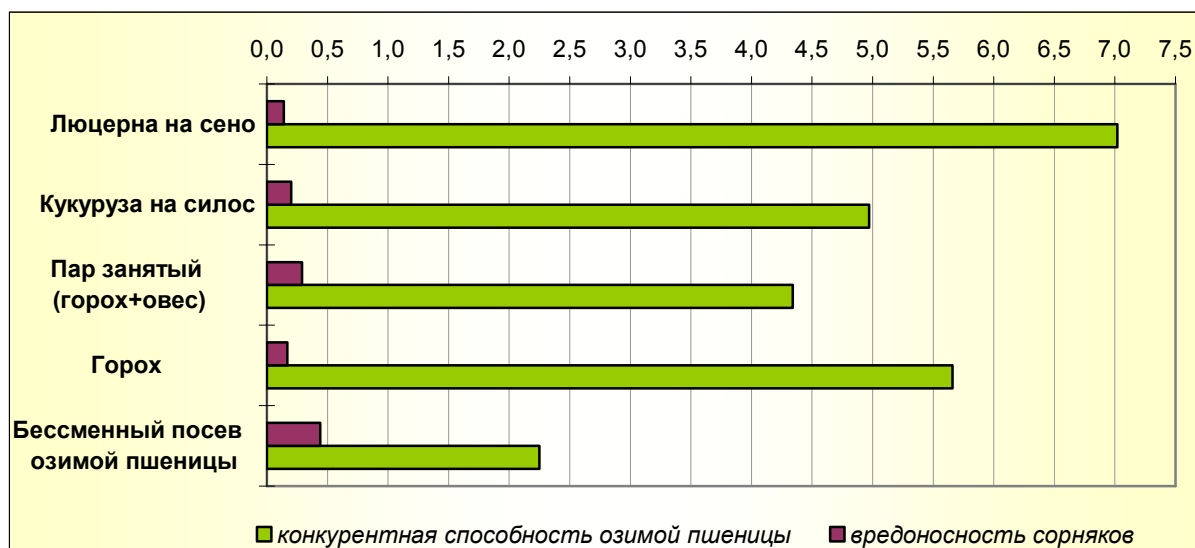


Рисунок 24 – Коэффициент конкурентоспособности в зависимости от предшественников (в среднем за 1993–1995 гг.).

Высокий коэффициент вредоносности сорняков на бессеменных посевах связан с тем, что засоренность здесь максимальная, а количество растений озимой пшеницы наименьшее, по люцерне же наблюдается противоположное

состояние: мощный, развитый стеблестой озимой пшеницы обладает высокой конкурентной способностью. Как известно, люцерна – высококонкурентная культура и использование ее в качестве предшественника озимой пшеницы предполагает достаточно чистые посева последующей культуры. Низкая вредоносность сорняков связана здесь и с технологией возделывания многолетних трав. Однолетние сорные растения на посевах многолетних трав скашиваются до образования семян, а небольшая часть осыпавшихся семян остается на поверхности почвы, при благоприятных условиях прорастает и также до обсеменения уничтожается при уборке трав или обработке почвы.

Данными исследованиями показывается, что наиболее плодотворными агрофитоценотическими исследованиями можно считать такие, которые раскрывают закономерности агрофитоценозов, их структуру, динамику, связи с окружающей средой, взаимоотношения культурных и сорных растений. Одним из центральных вопросов исследования агрофитоценоза является раскрытие закономерностей взаимоотношений культурных и сорных растений, которые могут носить как отрицательный для одного или обоих компонентов, так и нейтральный или даже положительный характер.

Следовательно, ведущая роль в агрофитоценозе принадлежит культурному компоненту, то есть пшенице, которая способна подавлять рост сорняков, при этом большое значение имеет своевременная и качественная обработка почвы. Высокой конкурентной способностью обладают посева озимой пшеницы, возделываемые по гороху, люцерне и занятому пару. Озимая пшеница, возделываемая бессменно, имеет слабую конкурентную способность, при этом действие сорного компонента проявляется интенсивнее, чем по изучаемым предшественникам.



#### **4.4. Влияние элементов агротехнологий на засоренность посевов озимой пшеницы**

Экологические особенности основных видов сорных растений Центрального Предкавказья изучены достаточно подробно, однако при тенденции к минимизации обработки почвы происходит постепенная смена видового состава, многие особенности которой требуют более подробного изучения.

Культурное растение играет ведущую роль в развитии системы взаимоотношений между организмами в агрофитоценозе, и в связи с этим в определении его структуры составными элементами являются: видовые популяции растений, слагающие агрофитоценоз; сезонная их изменчивость в пространстве и во времени; характер распределения растений в пространстве; количественные соотношения между растениями. Доминирующей популяцией любого агрофитоценоза в большинстве случаев является популяция культурного растения, виды которых способны проявлять высокую конкурентную способность, зависящую от множества факторов, в том числе от погодных условий и элементов технологии возделывания культуры, в частности от способа обработки и предшествующей культуры.

Анализируя полученные в ходе наших исследований данные (приложения 16–26), можно констатировать, что как предшествующая культура, так и способ обработки почвы оказывают влияние на формирование биологических групп сорных растений.

Предшествующая культура, являясь технологическим приемом, воздействует на последующую культуру по-разному – либо может способствовать накоплению инфекции, либо, наоборот, подавить или ослабить ее, предоставляя последующей культуре наилучшие фитосанитарные условия агроценоза.

Пар занятый является в этом смысле лучшим вариантом – ранний срок уборки парозанимающей культуры, в качестве которой в наших опытах выступала горохоовсяная смесь, не позволяет обсемениться большинству видов

сорных растений, принадлежащих к биологической группе яровых ранних и поздних сорных растений, и лишь зимующие сорные растения, появляющиеся в осенний период, доминируют в посевах озимой пшеницы. Так, в зависимости от способа обработки почвы количество зимующих видов в фазу весеннего кущения колеблется от 34,1 до 47,9 шт./м<sup>2</sup>, или 33,2–74,4 г/м<sup>2</sup> (рисунок 25), то есть их доля в сорном компоненте агроценоза составляет от 51,7 до 56,3%.

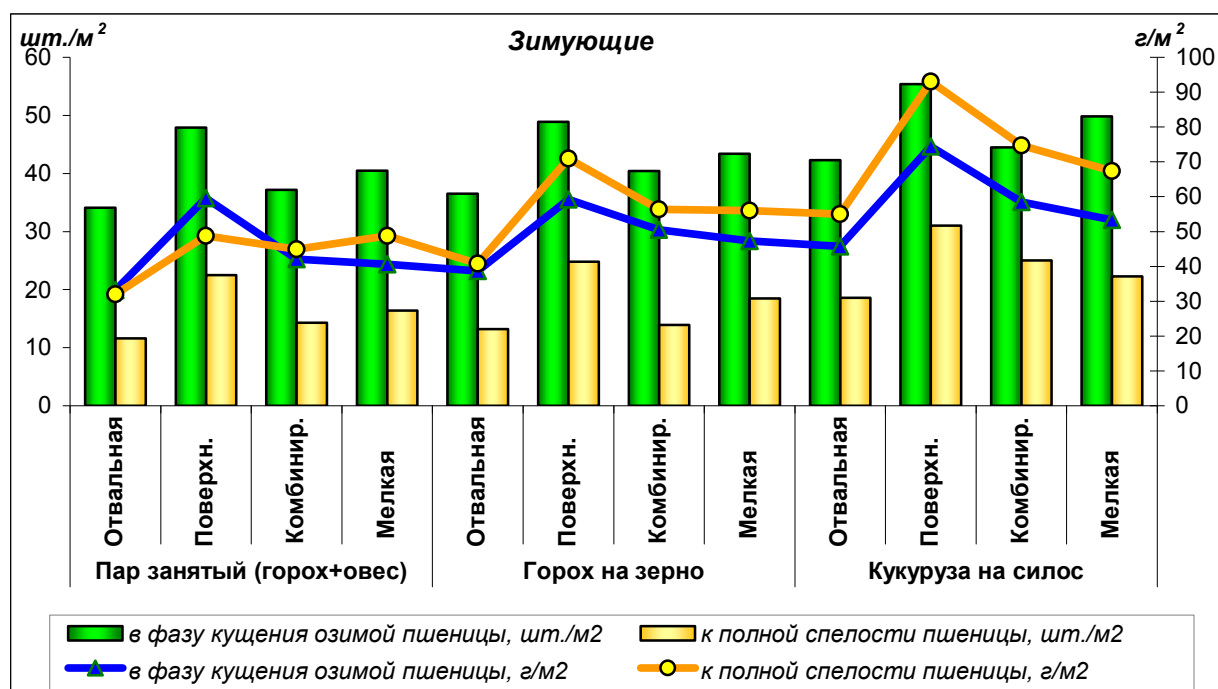


Рисунок 25 – Влияние предшественника и обработки почвы на формирование биологической группы зимующих сорных растений (2000–2013 гг.).

Доля яровых ранних сорных растений составляет в среднем по способам обработки 21,2 шт./м<sup>2</sup>, или 29,9% от всего сорного компонента. Количество яровых поздних сорных растений от фазы кущения к полной спелости возрастает практически вдвое, что связано со второй волной возобновления вегетации сорняков, при этом необходимо отметить, что среди них доминировал злаковый компонент сорного ценоза. В фазу кущения доля яровых поздних видов сорных растений составляет, в зависимости от способов обработки, от 4,6 до 8,6%, к полной спелости – в среднем по способам обработки

яровые поздние сорняки составляют 13,7% от общей засоренности (рисунок 26). Среди данной биологической группы злаковые сорные растения составляют от 30,8% по отвальному способу до 61,9% – на поверхностной обработке. По пару занятому засоренность несущественно возрастает от 64,7 до 90,4 шт./м<sup>2</sup> – в фазу кущения озимой пшеницы до 39,1 до 64,5 шт./м<sup>2</sup> – к фазе полной спелости. При этом увеличивается доля злакового компонента агроценоза – до 71,4%.

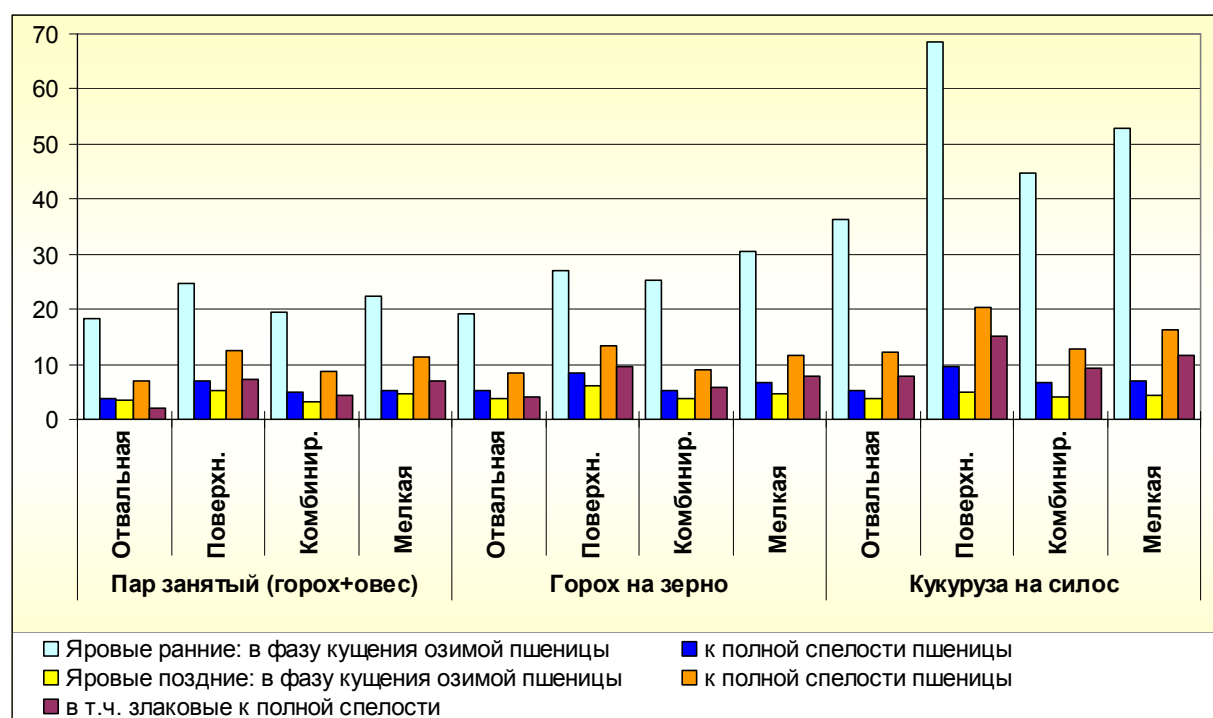


Рисунок 26 – Влияние предшественника и обработки почвы на формирование биологической группы яровых, шт./м<sup>2</sup> (2000–2013 гг.).

Более поздний срок уборки культуры по сравнению с занятым паром способствует росту и развитию однодольных сорняков, вплоть до образования семян, часть из которых попадает в почву, пополняя банк семян, и прорастает в посевах следующей культуры. Засоренность по предшественнику кукуруза на силос возрастает, это касается всех биологических групп сорных растений, особенно яровых поздних, которые типичны для посевов кукурузы на силос. Их количество в посевах озимой пшеницы повышается вдвое в сравнении с возделыванием ее по занятому пару.

Статистическая обработка результатов исследований по преобразованным данным (таблица 11) позволяет установить следующие закономерности.

Предшественники озимой пшеницы, независимо от способов обработки почвы и фазы развития, оказывают существенное влияние на формирование сорного компонента агроценоза. Наибольшая засоренность по сумме сорной растительности, в том числе по биологическим группам, установлена по кукурузе на силос.

Таблица 11 – Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, шт./м<sup>2</sup> (по главным факторам)

Вариант	Биологическая группа сорной растительности				
	зимующие	яровые ранние	яровые поздние	многолетние	Всего
<b>Фактор А – предшественник</b>					
Пар занятый	5,12	3,75	2,56	2,48	13,91
Горох	5,31	3,76	2,66	2,64	14,37
Кукуруза н/силос	5,89	4,85	2,98	2,71	16,43
НСР <sub>095</sub>	0,05	0,07	0,06	0,03	0,03
<b>Фактор В – обработка почвы</b>					
Отвальная	4,95	3,50	2,45	2,34	13,24
Поверхностная	6,09	4,51	3,09	2,93	16,62
Комбинированная	5,23	4,31	2,53	2,36	14,43
Мелкая	4,49	4,17	2,87	2,77	14,30
НСР <sub>095</sub>	0,05	0,09	0,07	0,05	0,03
<b>Фактор С – фаза развития</b>					
Кущение	6,55	5,56	2,06	2,52	14,17
Полная спелость	4,33	2,68	3,41	2,70	13,12
НСР <sub>095</sub>	0,04	0,06	0,05	0,04	0,02

Математическая обработка показывает, что количество сорняков существенно выше по отношению к предшественникам пар занятый и горох. Между количеством яровых ранних сорняков по занятому пару и гороху существенных различий не выявлено (3,75 и 3,76 шт./м<sup>2</sup> при НСР<sub>95</sub> = 0,07 шт./м<sup>2</sup>).

Система обработки почвы оказывает влияние на количество сорной растительности. При поверхностной обработке почвы количество сорняков всех биологических групп по соотношению с отвальной обработкой выше на 1,79 шт./м<sup>2</sup>, в том числе зимующих – на 1,15; яровых ранних – на 1,01; яровых поздних – на 0,67 и многолетних – на 0,59 шт./м<sup>2</sup>. Эта зависимость сохранилась по отношению к комбинированной и мелкой обработкам.

В целом по опыту достоверно установлено, что количество зимующих сорных растений по предшественникам, способам обработки и фазам развития наибольшее, затем по убывающей идут яровые ранние, яровые поздние и многолетние, что связано с проведением предпосевной обработки почвы и применением гербицидов. При анализе данных по частным различиям (приложение 26) установлены такие же зависимости, как и по главным факторам. На вариантах опыта наблюдается увеличение численности яровых поздних и многолетних сорняков к полной спелости при сочетании предшественника и способа обработки. Не установлено доказанных различий в засоренности по предшественнику пар занятый по многолетним сорнякам в фазу кущения при поверхностной и мелкой обработках (3,53 и 3,45 шт./м<sup>2</sup> при НСР<sub>95</sub>=0,13), по предшественнику горох на зерно в полную спелость между поверхностной и мелкой обработкой (3,53 и 3,45 при НСР<sub>95</sub>=0,16), по предшественнику кукуруза на силос в кущение и полную спелость между поверхностной и мелкой обработкой (2,98 и 2,93; 3,00 и 2,94 при НСР<sub>95</sub>=0,13).

Между урожайностью озимой пшеницы, возделываемой по изучаемым предшественникам и засоренностью имеется обратная связь. Об этом свидетельствуют показатели уравнений регрессии. Для гороха они имеют вид  $\hat{y} = 10,4715 - 0,0976X_2$ , кукурузы на силос  $\hat{y} = 14,763 - 0,145X_2$ , занятого пара  $\hat{y} = 12,433 - 0,1252X_2$ . В этих уравнениях коэффициенты регрессии  $b$  отрицательны, а также отрицательны и коэффициенты корреляции.

Так,  $r_1 = -0,692$ ,  $r_2 = -0,689$ ,  $r_3 = -0,5529$ . Судя по коэффициентам корреляции в моделях, сила связи между урожайностью озимой пшеницы и фактором засоренности обратная, по предшественникам примерно одинакова и является средней.

Наряду с предшествующей культурой важную роль в регулировании сорного компонента агроценоза играет обработка почвы. Рациональная и своевременная обработка почвы уменьшает засоренность малолетними и многолетними сорняками на 50–60%. Возросший уровень сельскохозяйственного производства, химизация, применение современной техники открыли новые возможности для поиска путей минимализации обработки почвы, разработки почвозащитных мероприятий и технологий. Минимализация обработки – безотвальная обработка, оставление стерни, мульчирование – изменяют условия существования сорняков. При систематическом безотвальном рыхлении, а также при поверхностных обработках основная масса семян сорняков сосредоточивается в верхнем слое, что и обуславливает более высокую засоренность посевов и вредоносность сорняков. Отказ от механических обработок, по мнению многих ученых, ведет к росту засоренности посевов. Происходят определенные изменения и в видовом составе сорняков. Установлено увеличение в сорном фитоценозе доли злаковых просовидных видов (мышей, просо куриное и др.). Поэтому одним из условий внедрения элементов минимализации обработки почвы является предварительно освоенный достаточно высокий уровень культуры земледелия, чистоты полей, строгое соблюдение технологической дисциплины, проведение полевых работ в оптимальные сроки и с высоким качеством, правильное использование эффективных гербицидов, применение оптимальных доз удобрений и достаточный уровень технологической вооруженности хозяйств.

Вместе с тем минимализация почвообработки рассматривается как одно из важнейших условий экологизации земледелия. При этом особое внима-

ние уделяется мульчированию поверхности почвы, поскольку значение мульчи в какой-то мере приближается к роли степного войлока или лесной подстилки. При использовании мульчирующего земледелия и прямого посева наблюдается возвращение почвенной биоты, повышается микробиологическая активность почвы, что помогает ей быстрее переводить растительные материалы в питательные вещества, а также разлагать загрязняющие почву химические соединения. Ресурсосберегающими приёмами являются уменьшение глубины вспашки, а также замена вспашки поверхностной обработкой под озимые культуры.

По нашим данным (приложения 27 и 28), отвальная обработка почвы способствует снижению засоренности. Так, по пару занятому засоренность посевов озимой пшеницы в фазу кущения составляет 60,1 шт./м<sup>2</sup> при массе 80 г/м<sup>2</sup>, применение комбинированной обработки несколько повышает засоренность – количества до 64,6 шт./м<sup>2</sup> и массы до 104,0 г/м<sup>2</sup> (рисунок 27).

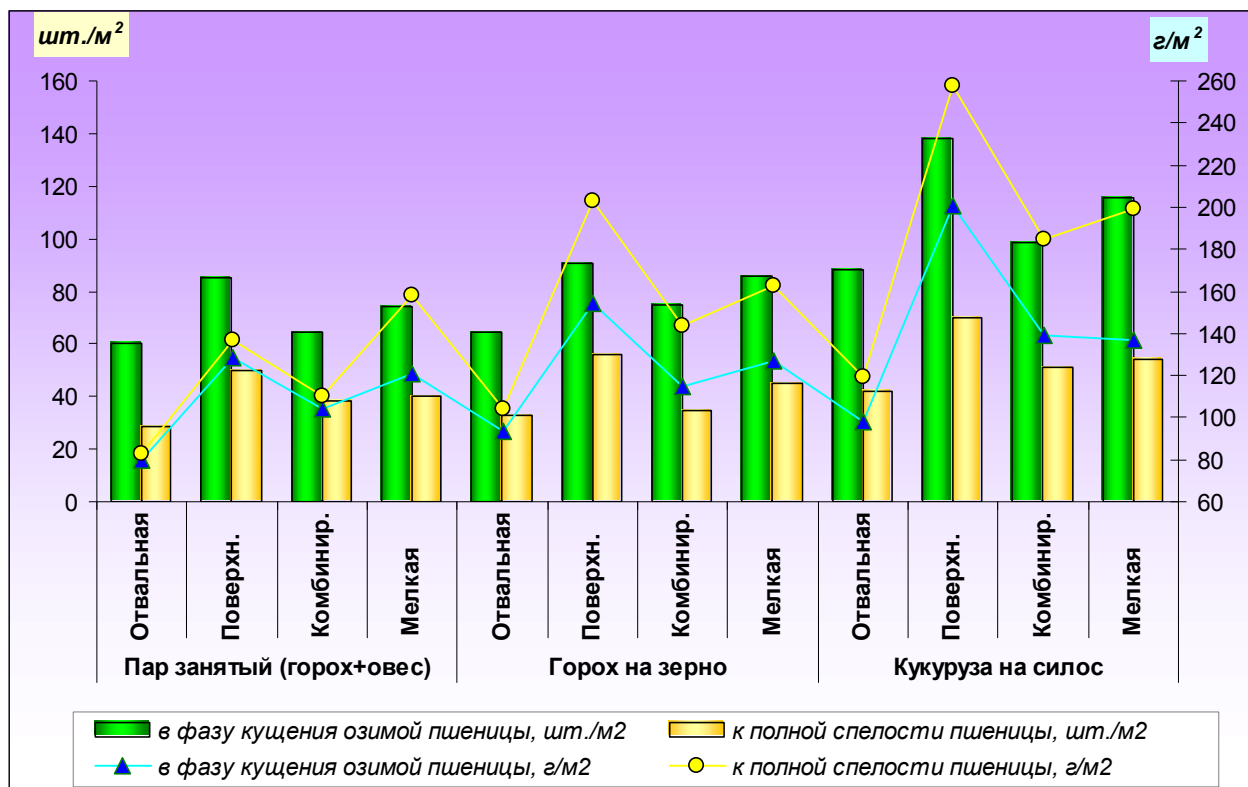


Рисунок 27 – Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от предшественника, способа и приема обработки почвы (2000–2013 гг.).

Уменьшение глубины обработки ведет к засорению посевов, особенно при поверхностной обработке, засоренность в количественном и весовом выражении составляет 85,1 шт./м<sup>2</sup> при массе 120,9 г/м<sup>2</sup>. Данная тенденция прослеживается по всем изучаемым предшественникам, причем засоренность увеличивается от занятого пара к гороху и кукурузе на силос. Фитомасса сорной флоры увеличивается от вспашки (80,0–97,8 г/м<sup>2</sup>) к поверхностным системам обработки (128,4–200,6 г/м<sup>2</sup>).

Особенно возрастает доля злакового компонента. Злаковые сорные растения при использовании поверхностной обработки озимой пшеницы после пара занятого составляют 61,9% от общего количества яровых поздних видов, после гороха – 71,4%, а после кукурузы на силос – 74,9%.

При минимальных обработках значительная часть семян сорных растений остается на поверхности и в верхних слоях почвы. Эти семена подвергаются воздействию биотических и абиотических факторов среды, тем самым приближаясь к условиям, в которых функционируют естественные фитосистемы. Поэтому минимализация обработки почвы имеет огромный неиспользуемый пока потенциал для регулирования и контроля видового состава и количества сорных растений и требует более тщательного подхода к исследованию происходящих процессов и, при необходимости, применения химических средств защиты растений.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в регулировании сорного компонента агроценозов полевых культур большую роль играет предшествующая культура и обработка почвы. Сороочищающей способностью обладают занятые пары, зернобобовые культуры при использовании отвальных и комбинированных способов обработки.



#### 4.5. Вынос основных элементов питания культурным и сорным компонентами агрофитоценоза

Количество и масса сорняков не дают объективной картины о явлении вредоносности сорняков. Для этого необходимо знать содержание в них элементов питания.

Полученные нами данные (приложение 29) свидетельствуют о том, что концентрация элементов питания в сорных растениях находится на одном уровне с культурными, в некоторых – превышает его.

Ведущая роль в ростовых процессах принадлежит азоту. Повышенное азотное питание способствует усиленному росту вегетативных органов, формированию мощного ассимиляционного аппарата. Недостаток же азота приводит к угнетению роста, а в дальнейшем – к снижению урожая и его качества. В наших исследованиях установлено, что в фазу цветения относительное содержание азота в озимой пшенице составляет 2,64%, озимого ячменя 2,36%, подсолнечника 2,6%, несколько меньшее содержание азота в зеленой массе гороха с овсом и кукурузы на силос (рисунок 28).

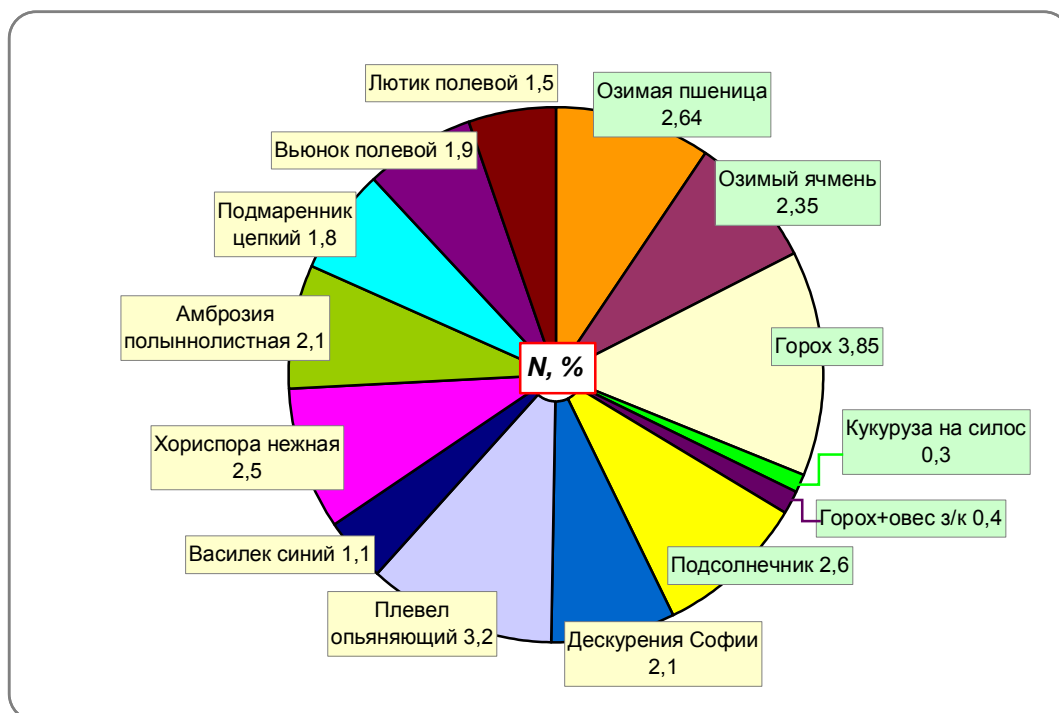


Рисунок 28 – Относительное содержание азота в зеленой массе культурных и сорных растений, %.

Аналогичных значений достигало содержание азота в сорных растениях. Так, в плевеле опьяняющем (*Lolium temulentum L.*) содержалось 3,2%, хориспоре нежной (*Chorispora tenella (Pall.) DC.*) 2,5, амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisifolia L.*) и дескурении Софии (*Descurainia Sophia L.*) 2,1% азота.

Физиологическая роль фосфора и калия состоит в участии синтеза и передвижении органических соединений, обмене энергии, особенно интенсивно происходящих при формировании репродуктивных органов и образовании запасных веществ в товарной части урожая. Если содержание фосфора в сорных растениях достаточно низкое в сравнении с культурными растениями, то калия – в два-три раза выше (рисунок 29).

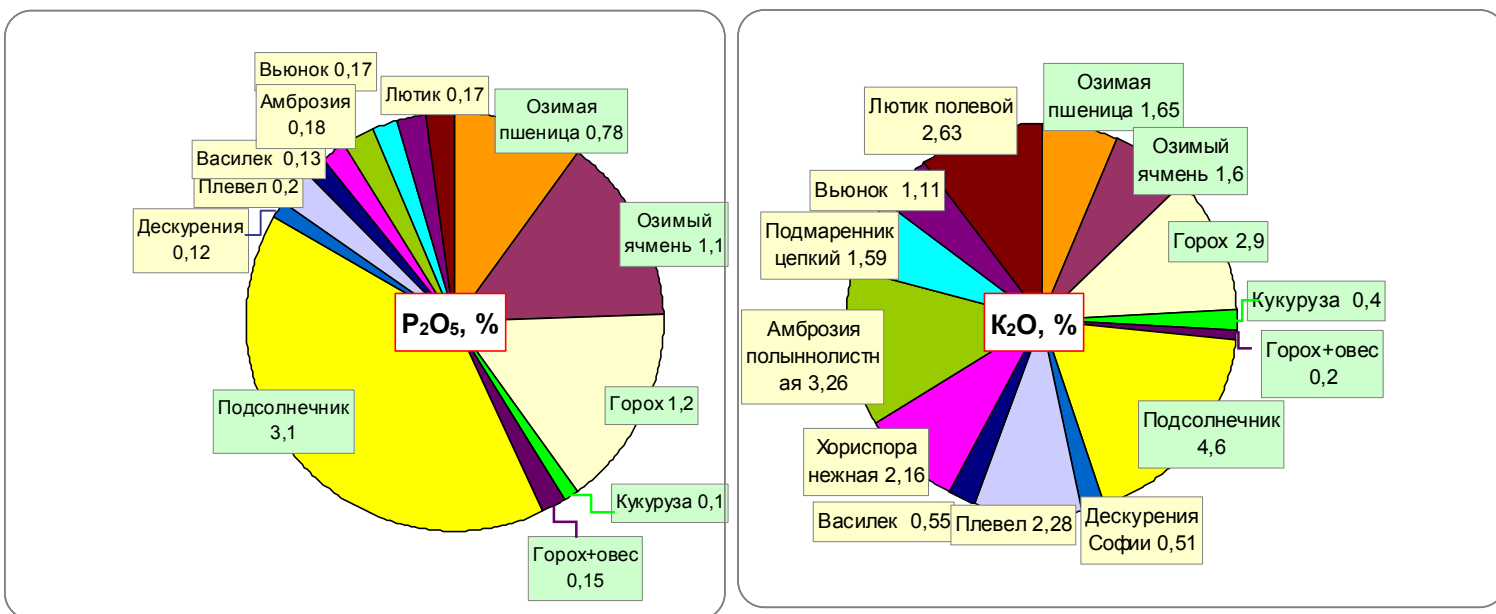


Рисунок 29 – Относительное содержание фосфора и калия в зеленой массе культурных и сорных растений, %.

В сорных растениях содержится также относительно высокое количество серы – от 0,17 до 0,05% (рисунок 30), основное количество ее, как известно, в растениях находится в составе белков (сера входит в состав аминокислот цистеина, цистина и метионина) и других органических соединений – ферментов, витаминов, горчичных и чесночных масел. Сера принимает участие в азотном, углеводном обмене растений и процессе дыхания, синтезе жиров.

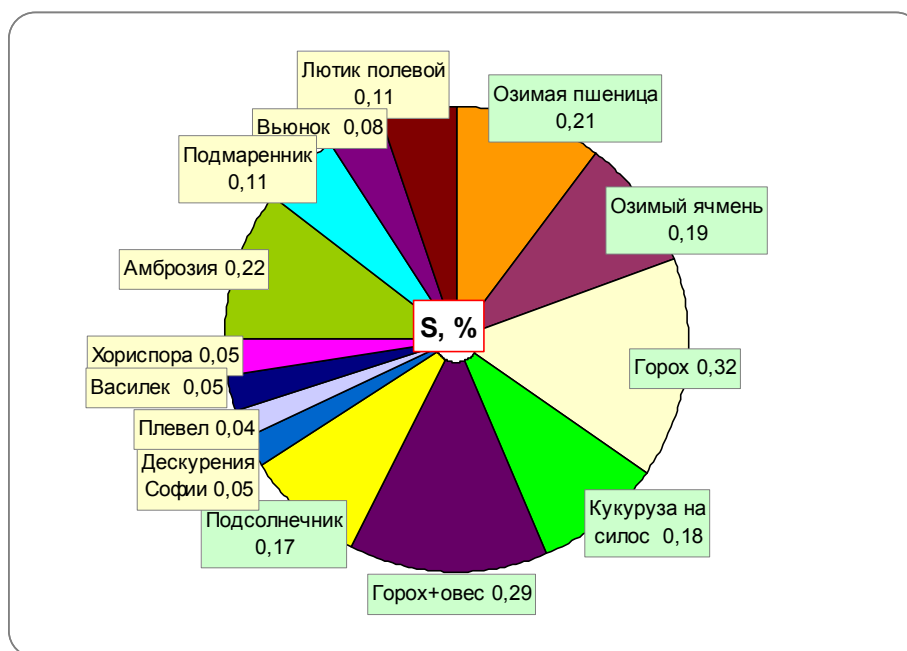


Рисунок 30 – Относительное содержание серы в зеленой массе культурных и сорных растений, %.

Полученные данные (приложение 30) свидетельствуют о том, что сорные растения, произрастающие в агрофитоценозе выносят существенно больше питательных веществ, чем культурные растения, даже при хорошем их развитии. Представленный на рисунке 31 анализ данных показывает, что в среднем культуры севооборота выносят азота 103,6 кг/га, фосфора 51,5, а калия 96,9 кг/га. Основные виды сорных растений произрастающих в посевах полевых культур выносят соответственно азота, фосфора и калия 124,1, 12,9 и 18,9 кг/га, в основном за счет таких видов как плевел опьяняющий (*Lolium temulentum L.*), подмаренник цепкий (*Galium aparine L.*), бодяк полевой (*Cirsium arvense L.*), амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisifolia L.*) и хориспора нежная (*Chorispora tenella (Pall.) DC.*).

Следовательно, сорные растения являются конкурентами культурным растениям в борьбе за факторы жизни, в частности за элементы питания. Потребляя из почвы значительное количество основных элементов питания – макро-, микроэлементов, органогенов, они лишают культурное растение возможности в полной мере использовать питательные вещества для формирования качественного урожая.

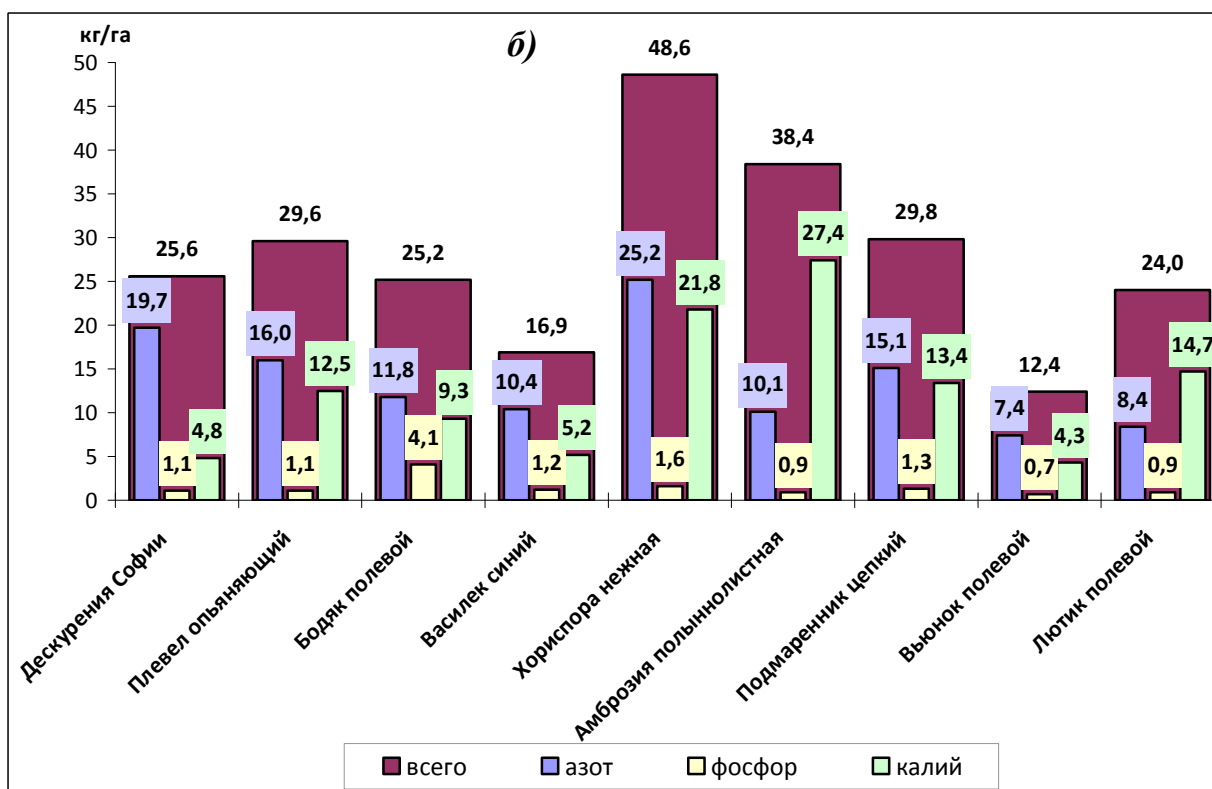
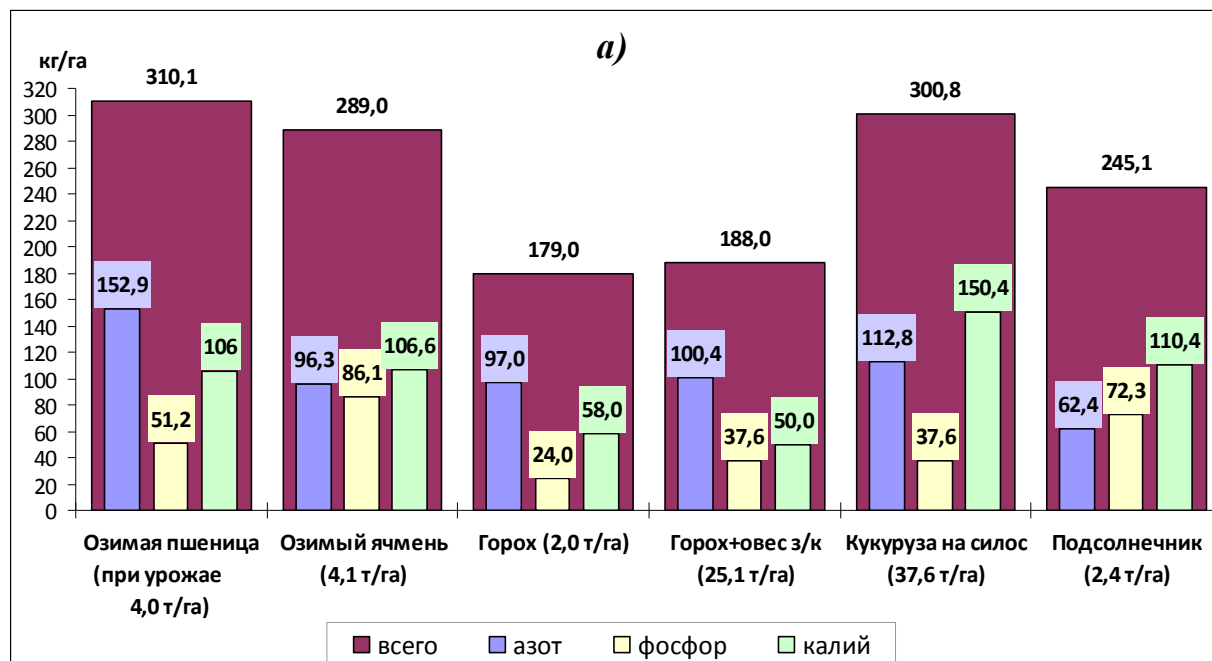


Рисунок 31 – Вынос питательных веществ, кг/га:  
 а) культурными растениями, б) сорняками.

#### **4.6. Аллелопатический механизм взаимовлияния культурного и сорного компонентов агрофитоценоза**

Представленные данные показывают, что вынос с урожаем питательных веществ культурными растениями близок к выносу этих элементов сорными растениями. Однако не всегда целесообразно оценивать полную картину степени вредоносности и снижения урожая сельскохозяйственных культур за счет конкуренции с сорняками. Наряду с конкуренцией между культурными и сорными растениями за питательные вещества, влагу, свет и пространство, существуют также аллелопатические взаимовлияния.

Доля влияния разных факторов в самоорганизацию агрофитоценоза понимается по-разному. Наряду с признанием конкуренции как соревнования за потребление ресурсов существенным фактором организации агрофитоценозов является химическая интерференция – аллелопатия.

Однако остаются невыясненными некоторые вопросы о степени аллелопатического влияния на культурное растение однодольных и двудольных сорных растений.

Проведенные нами лабораторные исследования показывают, что четко прослеживается высокая степень аллелопатического влияния сорных растений, которая проявляется в угнетении процессов прорастания тест-культуры, а также в замедлении темпов прорастания, роста и развития озимой пшеницы. Степень действия экстрактов из сорных растений на прорастание тест-культуры (семена редиса) зависит от вида сорняков и концентрации экстракта.

Аллелопатическая активность водных вытяжек сорных растений при концентрации 1:50 наиболее значительна в отношении всхожести семян тест-культуры (рисунок 32).

Ярко выраженным ингибирующим действием обладают вытяжки из бодяка полевого, вьюнка полевого, одуванчика лекарственного, василька синего, подмаренника цепкого, причем оно начинается уже с минимальных

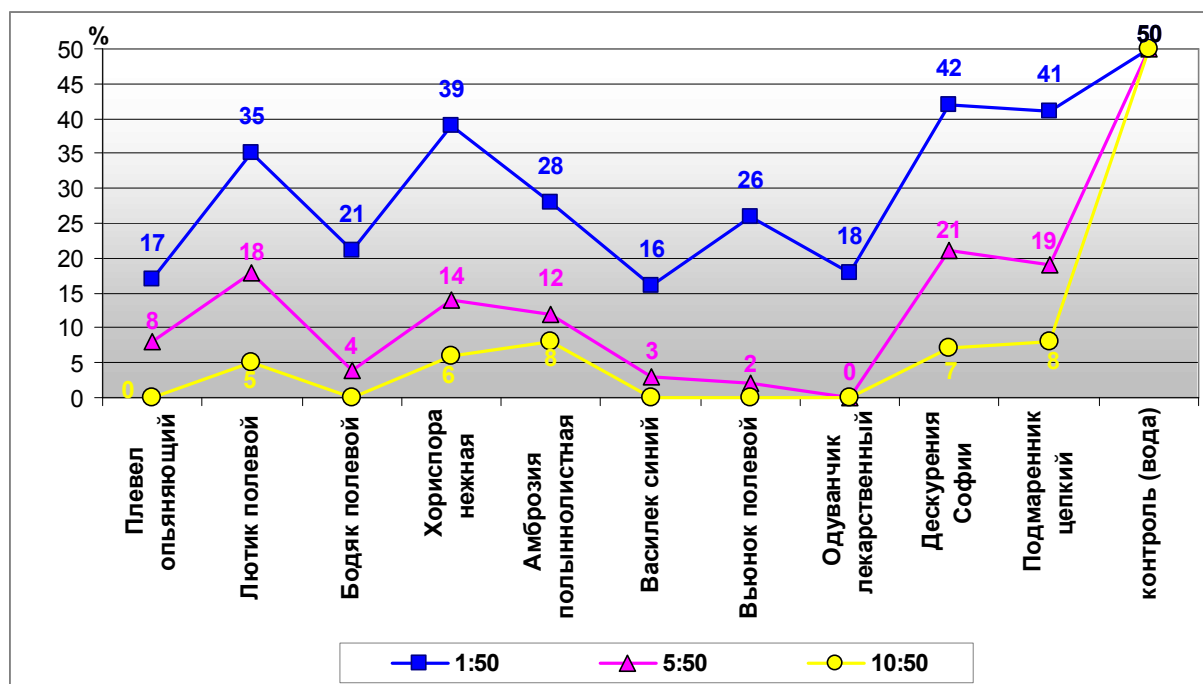


Рисунок 32 – Аллелопатические свойства сорных растений (проросшие семена тест-культуры, %).

концентраций. При соотношении навески сорняка и воды 1:50 проросло от 16 до 21% семян редиса. С увеличением концентрации раствора ингибирование составляет от 90 до 80% по сравнению с контролем. Большинство из перечисленных видов принадлежат к семейству астровых, особенностью которых является то, что в клеточном соке этих растений содержатся вещества гликозидного характера – тараксацин и тараксацерин, каучукоподобные вещества. В корнях одуванчика лекарственного содержатся тритерпены – тараксерол, тараксастерол. Тритерпены являются производными компонентов эфирных масел, растительных гормонов и ферментов терпеновой природы. Установлено, что эфирные масла и их компоненты влияют не только на прорастание семян, но и на рост проростков и их органов, вызывают более глубокие изменения в фотосинтезе, дыхании и других процессах. При соотношении навески сорняка и воды 10:50 угнетение составляет 100%. Особое внимание следует обратить на плевел опьяняющий (*Lolium temulentum* L.), в зерновках которого присутствует грибок *Stromatinia temulenta*, который вырабатывает алкалоид темулин. В большой концентрации он оказывает тормозящий эффект на прорастание семян тест-культуры. Так, ростовой индекс при концентрации

испытуемого раствора 1:50 составляет 0,34, а при 5:50 – 0,16, аналогичные показатели получены при действии василька синего и одуванчика лекарственного, причем последний оказывает более мощный ингибирующий эффект, проявляющийся в том, что уже при соотношении сорняка и воды 5:50 процессы прорастания тест-культуры отсутствуют.

В меньшей степени замедляют процессы прорастания тест-культуры такие виды, как дескурация Софии (*Descurainia Sophia L.*) и хориспора нежная (*Chorispora tenella (Pall.) DC.*). Ростовые индексы тест-культуры под воздействием экстрактов дескурации Софии изучаемых концентраций составляют соответственно 0,84; 0,42 и 0,14 (рисунок 33).

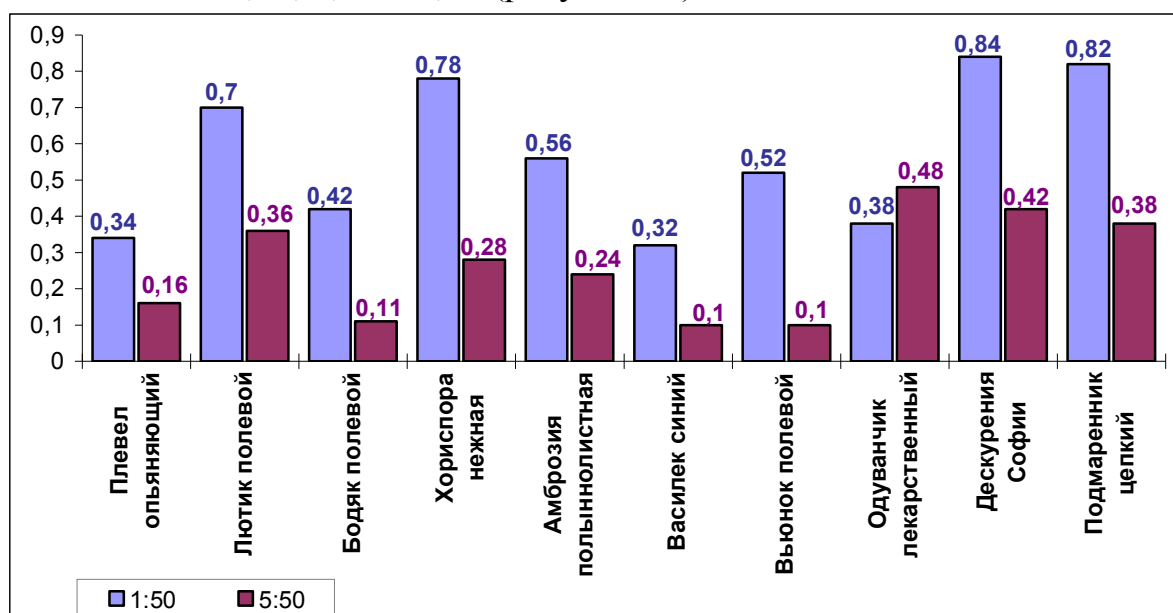


Рисунок 33 – Ростовые индексы тест-культуры под воздействием водных экстрактов сорных растений.

Под воздействием вытяжки из хориспоры нежной они составляют 0,78, 0,28 и 0,12, то есть при концентрации раствора 1:50 их действие близко к контролю.

С целью определения степени воздействия вытяжек из сорных растений на ростовые процессы озимой пшеницы проводилось проращивание семян культуры на водных вытяжках исследуемых видов сорных растений (приложение 31). Нами обнаружено негативное прижизненное влияние однодольных и двудольных сорных растений на проростки пшеницы. При соотношении водных экстрактов 10:50 процессы прорастания зерновок озимой

пшеницы отсутствуют, то есть при высокой засоренности посевов увеличивается концентрация физиологически активных веществ, которые угнетают процессы прорастания озимой пшеницы. При действии водных экстрактов сорных растений происходит снижение роста надземной и корневой части озимой пшеницы по сравнению с контролем, в качестве которого служила вода. Особенно активны виды семейства астровых. Так, если на контроле при соотношении 1:50 длина надземной части растений озимой пшеницы составляет 13,2 см, то вытяжки таких сорных растений, как бодяк полевой, василек синий, вьюнок полевой, одуванчик лекарственный, подмаренник цепкий снижают этот показатель в два раза (рисунок 34).

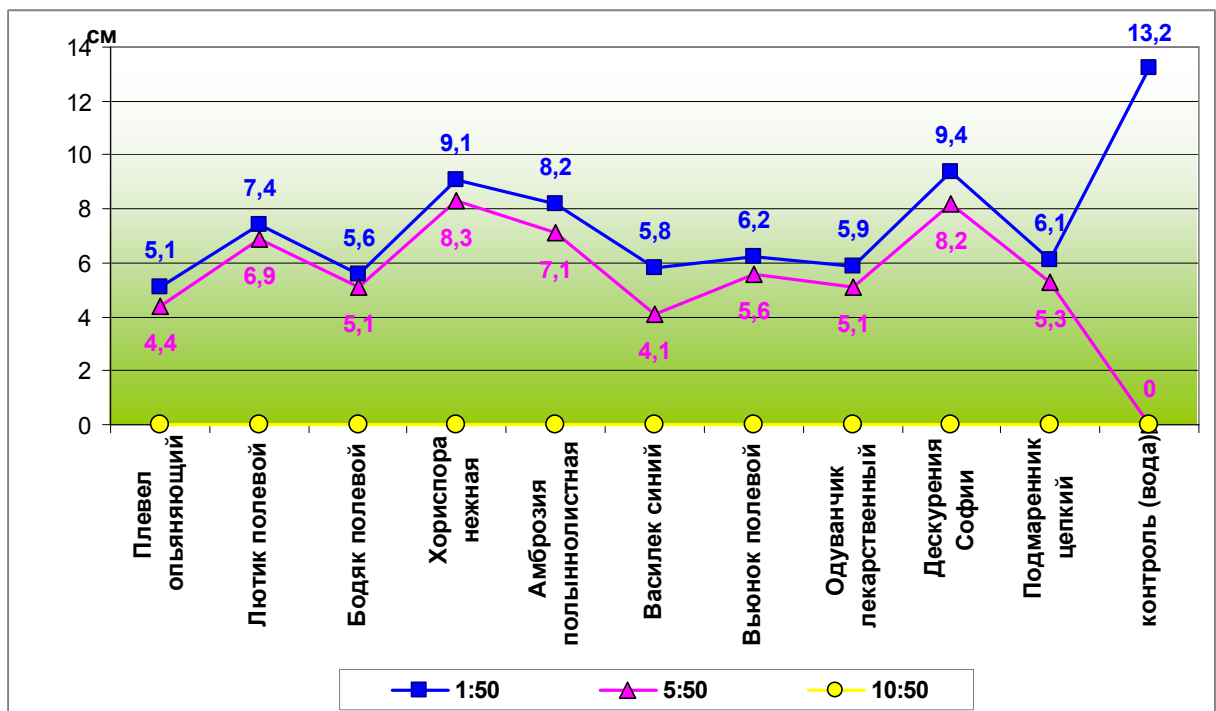


Рисунок 34 – Аллелопатическое влияние вытяжек из сорных растений на рост озимой пшеницы (длина надземной части, см)

При этом многолетние сорные растения – одуванчик лекарственный и бодяк полевой, которые имеют мощную корневую систему и к периоду проведения исследований образовали цветки, в большей степени замедляют процессы роста озимой пшеницы.

При соотношении навески сорняка и воды 5:50 происходит уменьшение длины надземной части от 10 до 30%, но вышеописанные закономерности



сти повторяются. Так, ростовой индекс надземной части озимой пшеницы при воздействии на нее раствора бодяка полевого при соотношении 1:50 составляет 0,42, а при 5:50 – 0,38, при воздействии вытяжки из одуванчика лекарственного ростовые индексы соответственно 0,44 и 0,38, в то время как экстракт хориспоры нежной в меньшей степени угнетает рост надземной части озимой пшеницы, ростовые индексы при вышеуказанных концентрациях 0,69 и 0,63. Плевел опьяняющий также способствует угнетению развития надземной части культуры, при соотношении сорняка и воды 1:50 ростовой индекс 0,38 (рисунок 35).

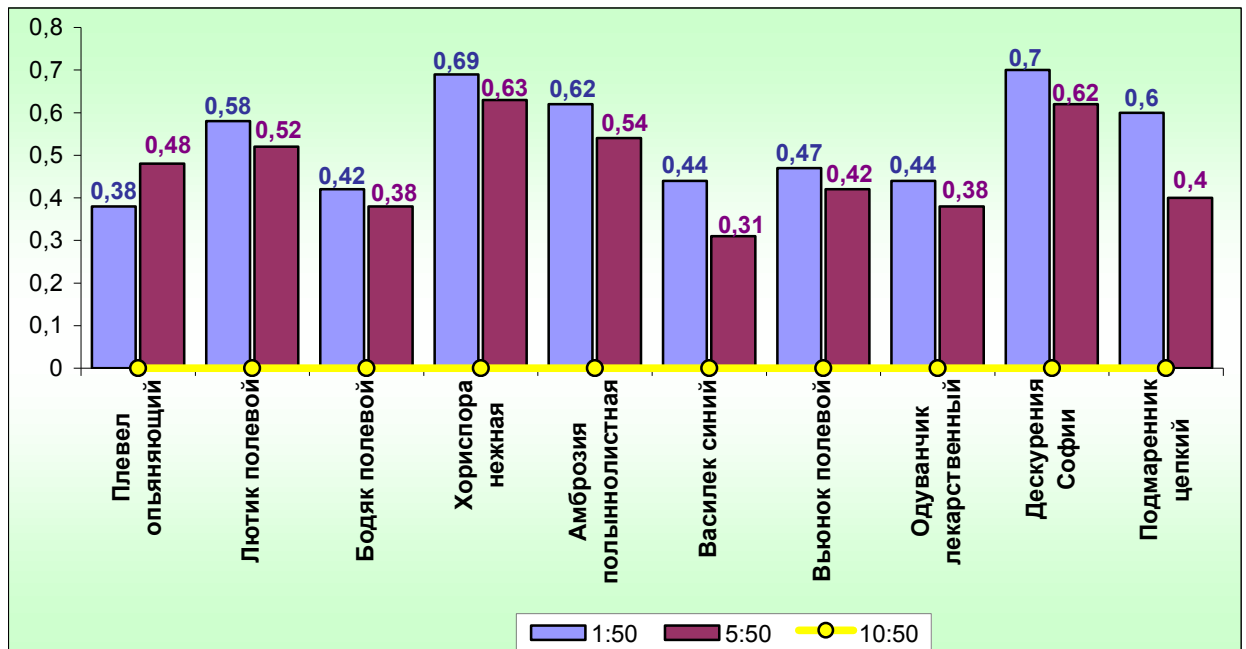


Рисунок 35 – Ростовые индексы надземной части озимой пшеницы под воздействием водных экстрактов сорных растений.

Корневая система растений в большей степени страдает от аллелопатически активных веществ сорных растений, так как корневая система в первую очередь поглощает водный раствор и все находящиеся в нем вещества, в том числе и вредные для растения, в связи, с чем ее угнетение более интенсивно (рисунок 36).

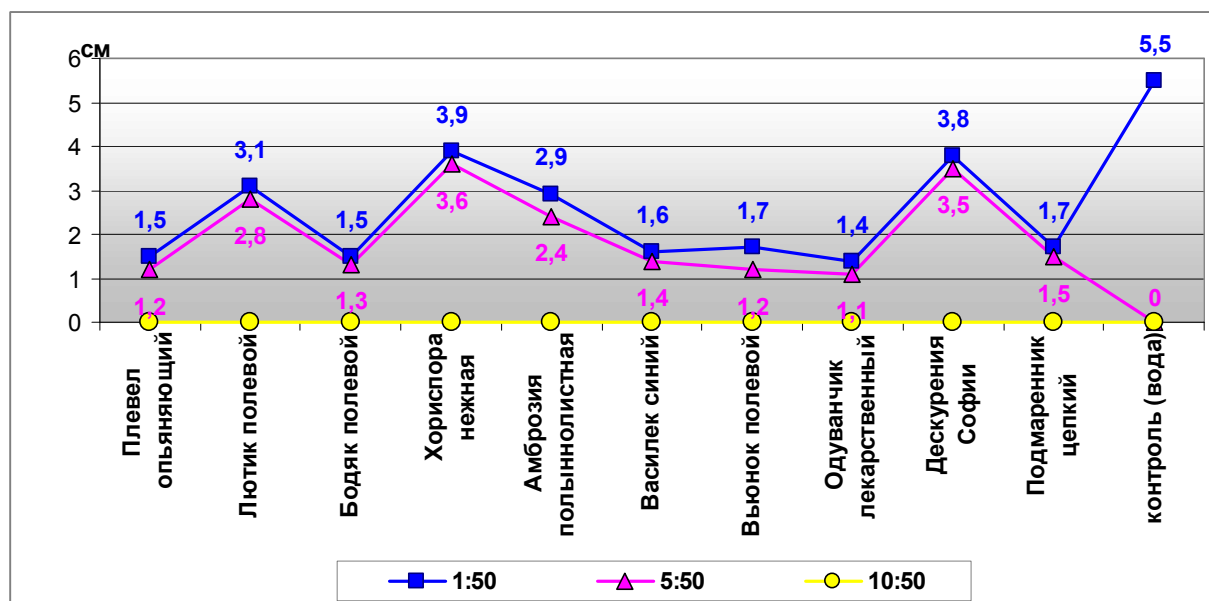


Рисунок 36 – Аллелопатическое влияние вытяжек из сорных растений на рост озимой пшеницы (длина корневой части, см)

Так, ростовые индексы (рисунок 37) под воздействием аллелопатически активных видов составляют от 0,27–0,30 при концентрации раствора 1:50 до 0,1–0,2 при 5:50. Ростовые индексы менее активных видов выше: 0,52–0,70 при низкой концентрации и 0,43–0,63 при более высокой концентрации.

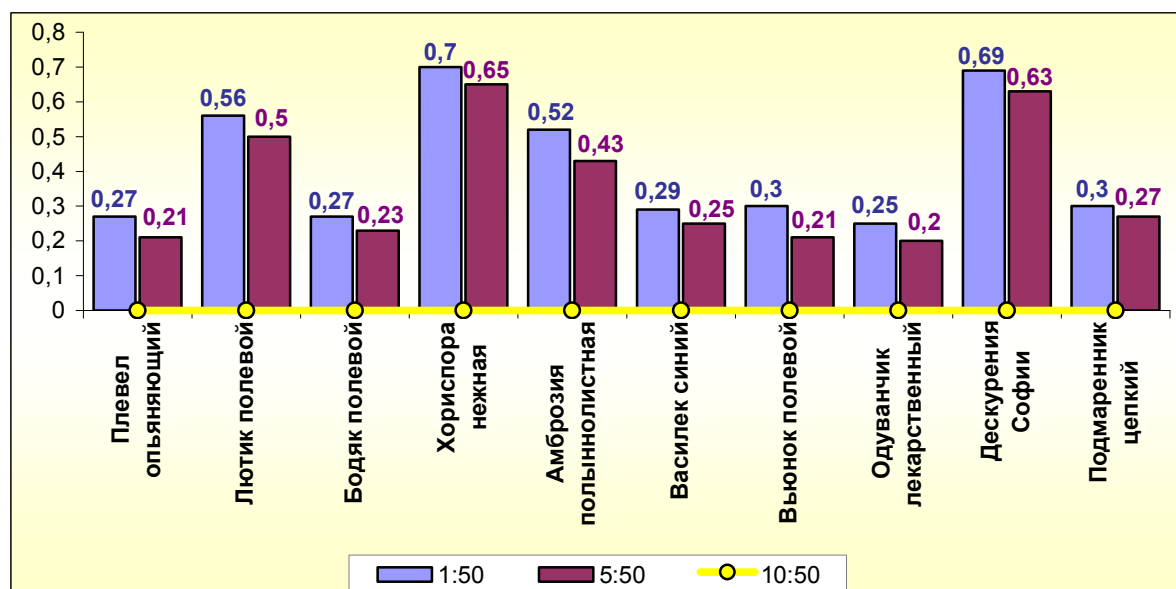


Рисунок 37 – Ростовые индексы корневой части озимой пшеницы под воздействием водных экстрактов сорных растений.

Из вышеописанного можно сделать вывод, что в агроценозе озимой пшеницы вегетируют как аллелопатически активные виды, так и виды, к ко-

торым растения толерантны. Данное положение имеет практическое значение, так как позволяет дифференцированно подходить к системе интегрированных мер борьбы с сорными растениями, в частности вести подбор гербицидов, направленно уничтожая аллелопатически активные виды сорняков.

#### **4.7. Мониторинг распространения грибных болезней полевых культур**

Возделывание сельскохозяйственных культур в севообороте с необходимой пространственной изоляцией для культур в ряде случаев исключает возможность их повреждения, так как многие возбудители болезней, приспособленные к питанию на определенных растениях, при смене культур погибают от недостатка пищи.

Поступающие после уборки культур в почву пожнивно-корневые остатки содержат зачатки болезней. Бессменное возделывание обуславливает поступление в почву однородных по своему составу растительных остатков, что ведет к накоплению инфекций, в частности возбудителей грибных заболеваний, таких как септориоз, бурая ржавчина, корневые гнили.

Супрессивность почвы повышается благодаря возрастанию численности и активности почвенной биоты, в том числе антагонистов. Покоящиеся в почве споры фитопатогенов прорастают под влиянием корневых выделений растений. Оpozнание растений-хозяев происходит химическим путем. Если опознание произошло, то возбудитель проникает в корень, а если нет, то споры погибают под влиянием сапротрофов и антагонистов. В гибели спор возбудителей решающая роль принадлежит антагонистической микрофлоре.

Среди болезней пшеницы септориоз по степени распространения и вредности занимает одно из первых мест.

Из 15 видов гриба *Septoria*, вызывающих пятнистость листьев пшеницы, наиболее часто, по литературным данным, встречается *Septoria tritici* Roberge ex Desm. *S. tritici* поражает листья и листовые влагалища, встречается на стеблевых узлах и колосковых чешуйках. На верхней и нижней сторо-

нах пораженного листа можно обнаружить хорошо заметные черные точковидные пикниды возбудителя.

Особенно интенсивно развитие патогена происходит при наличии осадков, способствующих освобождению спор из пикнид. Возбудитель септориоза – факультативный сапрофит, способный сохраняться и размножаться на омертвевших тканях. Поэтому растительные остатки в поле могут быть не только местом сохранения инфекции, но также и питательной средой для роста гриба. Гриб обитает, размножается и перемещается в тканях флоэмы, нарушая транспорт ассимилянтов. Сахара, образующиеся в процессе фотосинтеза, не могут быть использованы для дыхания и получения энергии, требующейся для роста, до тех пор, пока не попадут через флоэму к точкам роста. Таким образом, патоген, уменьшая площадь синтетической поверхности, содержание хлорофилла, вызывая закупорку флоэмы, может в значительной степени нарушать одну из основополагающих физиологических функций растений – фотосинтез и транспорт метаболитов органических веществ.

Данные, полученные в условиях стационарного опыта (приложение 32), показывают, что распространенность болезни различается по фазам развития озимой пшеницы (рисунок 38).

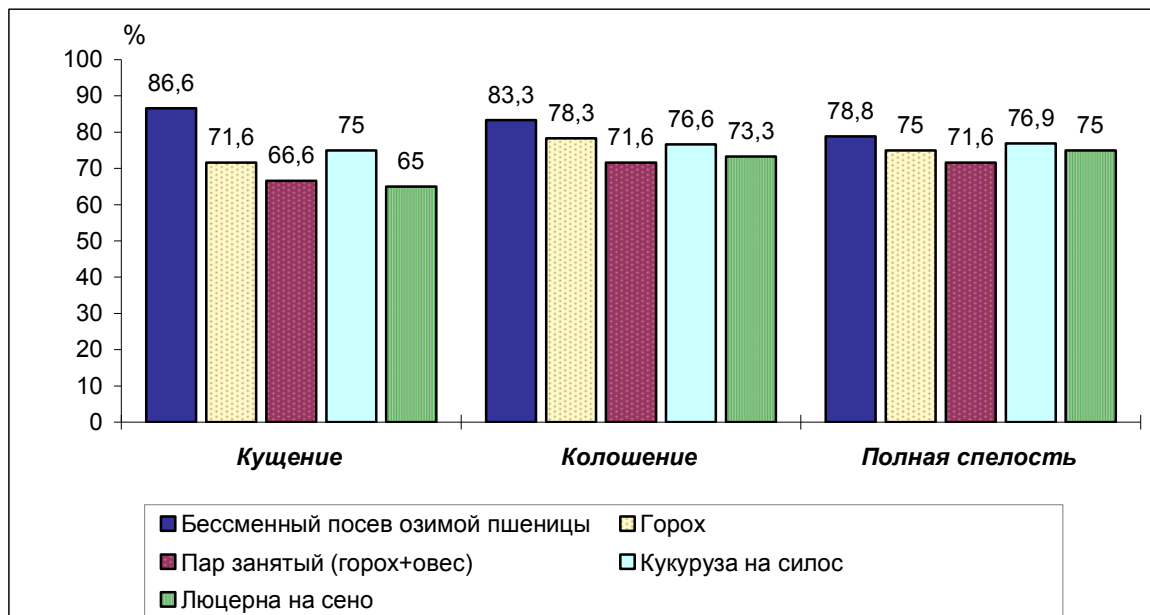


Рисунок 38 – Распространенность септориоза в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников, % (1993–1998 гг.).

Максимальной она была на бессменных посевах: от 86,6% – в фазу кущения до 78,3% в полную спелость. Наименьшее распространение болезни в фазу кущения наблюдается по люцерне на сено (65,0%), в колошение и полную спелость – по занятому пару (71,6%). Данные, полученные при обследовании озимой пшеницы, выращиваемой по гороху и кукурузе на силос, занимают промежуточное положение.

При обследовании посевов озимой пшеницы на наличие симптомов поражения септориозом важно определить не только распространенность заболевания, но и степень его развития, или пораженность болезнью. Экспериментальные данные показывают, что наименьшая пораженность растений озимой пшеницы – в фазу кущения и составляет на бессменных посевах 15,1%, по кукурузе на силос – 13,0, люцерне – 10,1, занятому пару – 9,9 и гороху – 9,5% (рисунок 39). К фазе колошения, вследствие увеличения листовой поверхности, увеличивается и пораженность заболеванием. К полной спелости происходит некоторое снижение степени развития болезни. Это объясняется тем, что нижний ярус листьев отмирает, а на флаг-листе степень развития не превышала экономического порога вредоносности (который составляет для септориоза 20%). Максимальное поражение растений в этот учет на бессменных посевах (17,2%), минимальное – по гороху (10,4%).

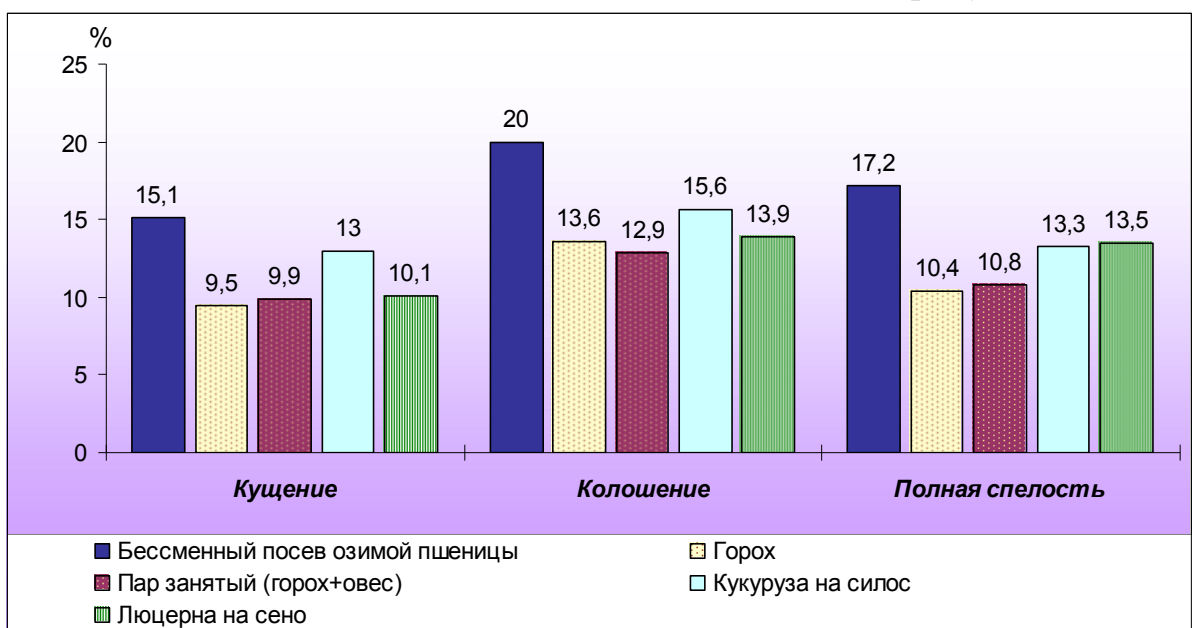


Рисунок 39 – Степень развития септориоза в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников, % (1993–1998 гг.)

**Бурая ржавчина** (возбудитель *Puccinia triticina* Eriks) – весьма вредоносное и распространённое в умеренно влажной зоне заболевание, приводящее к щуплости зерна и снижению продуктивности на 20% и более. Бурая листовая ржавчина в условиях умеренно влажной зоны Ставропольского края развивается по неполному циклу, то есть на одном растении-хозяине. Гриб относится к облигатным паразитам с узкой специализацией. Кроме пшеницы поражает такие сорные растения, как пырей, житняк, мятлик, костёр, овсяницу, присутствующих в период исследований в агрофитоценозе озимой пшеницы, следовательно, косвенно способствует снижению засоренности посевов сельскохозяйственных культур. Сохранению и накоплению инфекции благоприятствует прохладная и влажная погода в августе и сентябре, относительно теплая зима, интенсивное выпадение осадков в первой половине вегетации и в период колошения.

Болезнь проявляется на протяжении всего вегетационного периода, но наиболее интенсивно начиная с фазы колошения (приложение 33). В результате поражения снижается урожай зерна, ухудшается качество, падает всхожесть семян. Из представленных на рисунке 40 данных видно, что развитие болезни зависело от предшественника и несколько различалось по фазам.

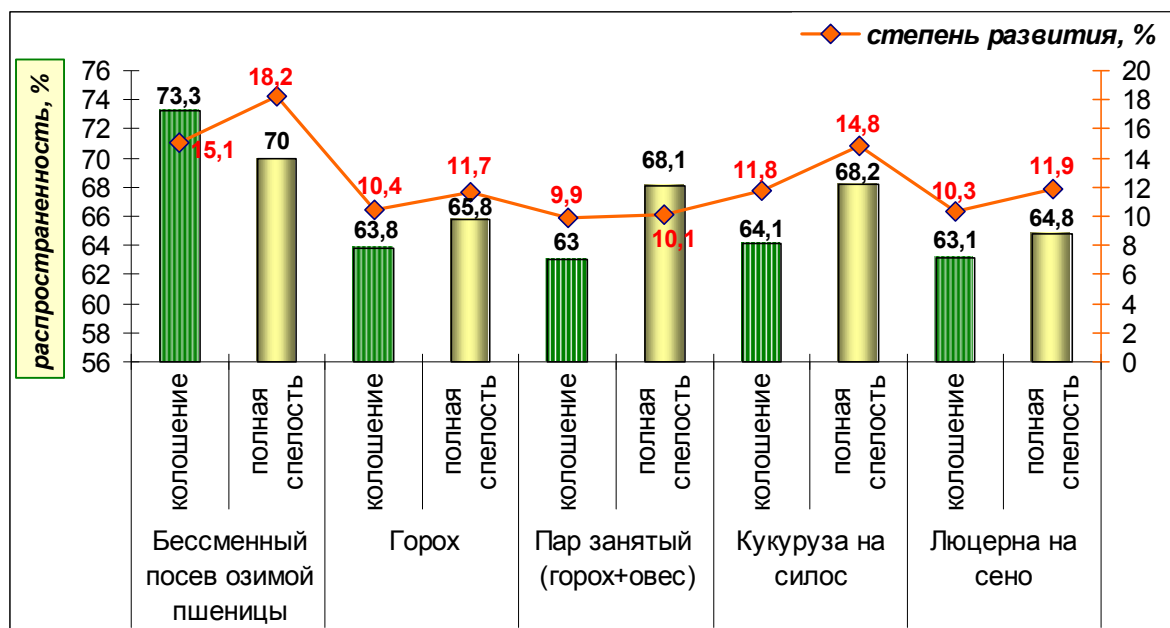


Рисунок 40 – Распространённость и степень развития бурой ржавчиной в зависимости от предшественников озимой пшеницы, % (1993–1998 гг.)

Наибольшая распространенность и степень развития болезни – на бессеменных посевах. И хотя поражение к фазе полной спелости снижается на 3,3% по сравнению с фазой колошения, степень развития болезни возрастает с 15,1% в колошение до 18,2% – в полную спелость.

Это объясняется тем, что инфекционное начало из года в год накапливается на одном месте и сохраняется в виде патогенных спор на растительных остатках. Что же касается предшественников, то наименьшая распространенность (63,0%) и степень развития болезни (9,9%) отмечены по занятому пару. Немного выше эти показатели по остальным предшественникам. В фазу полной спелости распространенность и степень развития болезни увеличивается, но ранее описанные закономерности сохраняются. Менее всего бурой ржавчиной поражалась пшеница, идущая по занятому пару, гороху и люцерне. Предшественники в данном случае не поражаются этим видом возбудителя.

Корневые гнили вызывают несколько видов почвенных фитопатогенных грибов, а также их комплексы. В наших условиях встречалась офиоболезная корневая гниль (возбудитель *Ophiobolus graminis* Sacc.) и церкоспореллезная, или прикорневая гниль (возбудитель *Cercospora herporthricoides* Fron.). Жизненный цикл возбудителей корневых гнилей связан с двумя основными звеньями агрофитоценоза – растением и почвой. Основной источник инфекции корневых гнилей – почва. Предпосылкой эпифитотии обычно служит перенасыщение севооборотов зерновыми культурами, восприимчивыми к заболеванию. Особого внимания заслуживают результаты, полученные при бессеменном возделывании озимой пшеницы. Низкий уровень устойчивости этого агрофитоценоза с течением времени приводит к резкому увеличению численности сообществ возбудителей корневых гнилей. При поражении первичных корней пшеницы возбудителями корневых гнилей часть корней может погибнуть, а оставшиеся имеют пониженную общую и рабочую адсорбирующую поверхность.

Сильно пораженные растения отстают в росте, слабо кустятся, зерно формируется слабее, в начальных фазах развития возможна гибель всходов.

Как показывают наши наблюдения (рисунок 41), наибольшая пораженность озимой пшеницы корневыми гнилями на бессменных посевах. Здесь, благодаря присутствию растения-хозяина, происходит ежегодное обновление и накопление инфекции в почве. Распространенность болезни составляет 97% в фазу колошения и 89% – в полную спелость, степень развития болезни соответственно 34,1 и 37,0%. Наименьшее развитие болезни отмечено по предшественнику горох – 21,8% в колошение и 24,9% – в полную спелость, немного больше эти показатели по предшественникам люцерны и пар занятый.

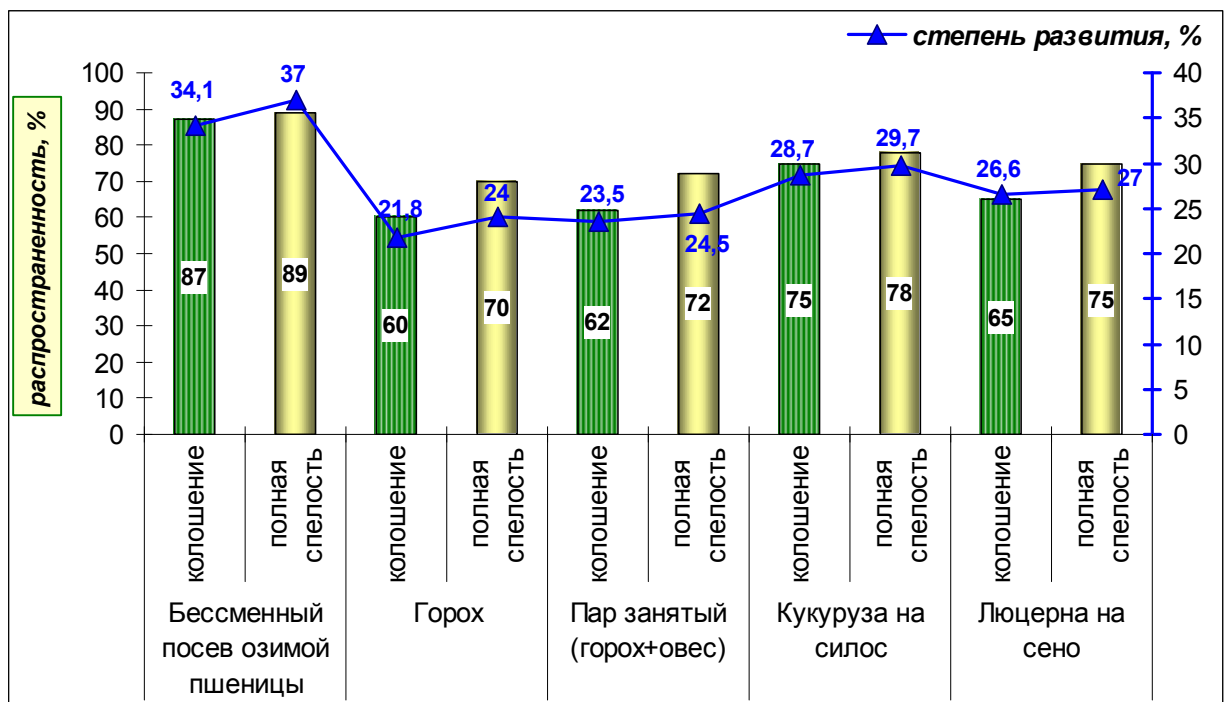


Рисунок 41 – Распространенность и степень развития корневых гнилей в зависимости от предшественников озимой пшеницы, % (1993–1998 гг.).

По кукурузе на силос наблюдается тенденция к увеличению распространенности и пораженности растений корневыми гнилями. Статистическая обработка данных исследований пораженности озимой пшеницы различными болезнями показывает, что разница между предшественниками незначительна, между бессменными же посевами и изучаемыми предшественниками различия достоверны (приложение 34).



Экспериментальные данные доказывают, что на поражение озимой пшеницы некоторыми заболеваниями большое влияние оказывает предшествующая культура. Если она имеет различия по биологии с озимой пшеницей и не поражается болезнями, присущими зерновым культурам, то и озимая пшеница будет иметь меньшее развитие болезни. На бессменных же посевах происходит ежегодное накопление инфекции в почве и растительных остатках благодаря присутствию растения-хозяина, вследствие этого распространенность и вредоносность болезней здесь максимальная. Одним из наиболее обоснованных положений в защите растений является утверждение о значительном влиянии агротехнических приемов на фитосанитарное состояние агроэкосистем. Агротехнический метод наиболее рационально совмещает вопросы защиты растений от сообщества вредных организмов в общей технологии возделывания сельскохозяйственных культур с охраной окружающей среды (В.А. Чулкина и др., 2000).

Исследования, проведенные нами в 2003–2011 годах, позволили выявить определенные закономерности влияния элементов агротехнологий на ход эпифитотических процессов. Поражение и степень развития септориоза в опыте зависело от нескольких факторов – предшествующей культуры, способа или приема обработки почвы и погодных условий (таблица 12).

2003, 2004 и 2009 годы были засушливыми, среднесуточные температуры были на 2...5°C выше средне многолетних, недостаток влаги весной, в период накопления инфекционного начала на всходах и в последующие месяцы снижали пораженность и степень развития болезни. В среднем по предшественникам пораженность составляет от 66,2 до 51,3%, при степени развития болезни от 8,2 до 14,6%.

2005, 2006, 2007, 2008 годы были оптимальными по увлажнению, среднесуточные температуры воздуха были близки к средне многолетним, что несколько повысило развитие болезни – пораженность составляет от 78,3 до 59,0%, при степени развития болезни от 9,3 до 15,4%. В 2010 и 2011 годах весна была дождливой с повышенным температурным режимом, длительный период держалась температура воздуха 22...24°C, что способствовало массовому

Таблица 12 – Влияние предшественников и обработки почвы на распространенность и степень развития септориоза в посевах озимой пшеницы (2003–2011 гг.), %,

Предшест- венник	Обработка почвы	Колошение			Молочно-восковая спелость		
		2003, 2004, 2009	2005–2008	2010, 2011	2003, 2004, 2009	2005–2008	2010, 2011
Кукуруза на силос	Отвальная	63,2/11,1	72,6/12,1	75,8/14,2	65,6/12,3	79,1/13,8	92,7/16,4
	Поверхностная	66,2/13,4	75,4/13,2	80,9/16,2	69,4/14,8	83,4/15,3	97,1/17,9
	Комбинированная	64,3/12,0	73,1/12,1	78,0/14,7	67,5/12,9	78,1/13,0	93,2/16,8
	Мелкая	69,7/14,6	78,3/15,4	86,2/17,3	72,3/16,2	81,4/17,7	99/18,7
Горох на зерно	Отвальная	52,4/9,3	69,5/10,2	71,8/13,4	60,6/12,5	73,0/10,2	90,3/15,1
	Поверхностная	54,5/11,2	72,3/12,4	78,4/14,7	63,5/13,0	77,4/15,7	98,0/16,4
	Комбинированная	53,5/10,6	70,3/11,6	75,6/13,8	62,7/11,8	75,6/12,9	92,7/16,0
	Мелкая	55,7/11,5	74,6/13,0	84,6/16,7	66,2/15,4	79,3/17,7	98,2/19,3
Пар занятый	Отвальная	50,1/8,2	62,6/9,4	67,5/12,2	56,6/11,2	71,4/10,0	84,3/14,7
	Поверхностная	53,2/10,2	66,3/10,7	75,3/13,7	59,3/14,7	75,0/14,9	89,0/16,0
	Комбинированная	51,3/9,5	59,0/9,3	72,6/12,9	59,3/12,3	72,9/12,9	85,2/15,2
	Мелкая	54,7/10,0	67,4/10,1	80,0/13,7	63,7/15,3	78,7/16,9	93,0/18,7

Примечание – распространенность/степень развития болезни, %.

развитию болезни, пораженность составляет от 99 до 84,3%, при степени развития болезни от 18,7 до 15,2%. Развитие болезни различается и по предшественникам. Наименьшая пораженность и степень развития в среднем за период исследований отмечены по пару занятому – 62,6–67,4 и 9,4–10,7% в фазу колошения и в фазу молочно-восковой спелости – 71,4–78,7 и 10,0–16,9%, соответственно (данные приводятся в период, оптимальный по увлажнению).

В большей степени развитие болезни отмечается по кукурузе на силос – в фазу колошения 72,6–78,3 и 12,1–15,4% и в фазу молочно-восковой спелости соответственно 65,6–72,3 и 12,3–16,2%. Данные, полученные по предшественнику гороху на зерно, занимают промежуточное положение.

На динамику септориоза большое влияние оказывает способ обработки почвы. Так, отвальная обработка значительно снижает степень распространения и развития септориоза: 50,1–71,2 и 11,1–13,0% в фазу колошения и в фазу молочно-восковой спелости, соответственно, 71,1–80,1 и 18,6–20,2%. Это объясняется тем, что возбудитель септориоза передаётся преимущественно через пожнивные растительные остатки, а заделка их в почву на глубину 20–22 см значительно снижает вероятность прорастания спор патогена. Данное положение объясняет особенно неблагоприятную фитопатогенную обстановку в вариантах по поверхностной обработке – в фазу колошения степень распространения 71,7–81,8% и степень развития 12,1–17,4%, а в фазу молочно-восковой спелости – 75,7–84,8 и 19,7–25,5%, соответственно.

Катионообменная ёмкость корней, определяющая эффективное поглощение питательных веществ из почвы, существенно снижается. Также нарушается функциональная активность вторичной корневой системы, а именно снижается поглотительная способность, транспорт воды, веществ и метаболитов, что, в конечном счёте, дестабилизирует физиологическое состояние растений, делает их более уязвимыми к неуправляемым абиотическим стрессорам окружающей среды.

Офиоболусная гниль широко распространена в умеренно влажной зоне Ставрополья. Возбудитель – сумчатый гриб *Ophiobolus graminis* Sacc.

Оптимальная температура для развития грибов 5...9°C (переносит морозы до –10°C). На пораженных растительных остатках в почве гриб сохраняет жизнеспособность до 18 месяцев. На озимой пшенице сильное развитие заболевания отмечается, когда осень бывает холодной и дождливой, зима – тёплой, а весна – ранней, с обильными осадками.

Благоприятными погодными условиями для развития патогенов корневых гнилей объясняется высокая степень поражения и распространённости корневых гнилей в 2005–2008 и 2010–2011 годах, когда значения температур зимних месяцев не превышали –0,7°C, а в остальные месяцы были положительными. Также количество осадков с марта по май составило от 178 до 220 мм.

Погодные условия 2003, 2004 и 2009 годов сложились менее благоприятно для развития корневых гнилей, так как степень распространения болезни не превышала в фазу цветения 61,4%, а степень развития – 13,3 % (таблица 13).

При введении в севооборот фитосанитарных предшественников достигается существенное оздоровление почвы от возбудителей инфекций, особенно корневых гнилей. Минимальная степень распространения и поражённость в фазу цветения отмечена по пару, занятому горохоовсяной смесью, на варианте отвальной обработки – 47,3 и 9,0% соответственно, тогда как по гороху эти показатели составляют 48,2 и 9,9%, а по кукурузе на силос 51,6 и 10,4%.

В ряду занятый пар → горох → кукуруза на силос распространённость увеличивается от 47,8 до 59,8%, а поражённость – от 15,5 до 17,9%. Максимальное развитие болезней наблюдается в 2010–2011 годах, достигая 69,0% распространения и 25,1% поражения в варианте, где предшественником служит кукуруза на силос при использовании в качестве основной поверхностной обработки.

Химический состав растительных остатков, скорость их разложения и степень их заделки, что зависит от способа или приема обработки почвы, существенно влияет на поражённость озимой пшеницы корневыми гнилями. Пахота с оборотом пласта сдерживает распространение и развитие обыкновенной

Таблица 13 – Влияние предшественников и обработки почвы на распространенность и степень развития корневых гнилей в посевах озимой пшеницы (2003–2013 гг.), %

Предшественник	Обработка почвы	Цветение			Восковая спелость		
		2003, 2004, 2009	2005–2008	2010, 2011	2003, 2004, 2009	2005–2008	2010, 2011
Кукуруза на силос	Отвальная	51,6/10,4	59,8/17,9	61,1/20,1	64,2/26,0	71,1/28,9	68,8/23,4
	Поверхностная	59,1/11,9	64,3/19,1	67,3/25,0	67,3/28,7	83,4/31,4	69,0/28,3
	Комбинированная	55,0/10,2	62,5/18,8	62,3/21,3	65,2/27,1	74,3/29,7	64,7/25,3
	Мелкая	61,4/13,3	63,9/21,5	69,0/25,1	72,4/29,3	86,3/33,0	71,3/30,0
Горох на зерно	Отвальная	48,2/9,9	51,0/16,8	59,1/19,1	56,5/23,1	54,1/23,4	61,7/21,7
	Поверхностная	51,0/10,9	58,6/15,2	61,5/23,8	62,2/25,5	63,3/25,0	63,3/24,3
	Комбинированная	49,5/9,3	54,6/17,3	60,7/21,0	61,4/24,4	67,0/24,7	62,7/24,9
	Мелкая	53,9/12,7	58,1/19,3	63,6/21,3	63,0/26,10	68,0/27,2	66,0/25,1
Пар занятый	Отвальная	47,3/9,0	47,8/15,5	53,0/18,1	60,4/20,7	56,0/21,1	55,4/20,2
	Поверхностная	50,2/10,5	49,3/18,9	58,7/21,3	64,5/24,3	61,7/24,0	60,2/23,0
	Комбинированная	48,7/9,5	48,7/16,1	54,8/20,7	60,0/21,7	69,7/22,4	59,2/20,0
	Мелкая	52,7/11,2	51,2/19,7	61,3/22,0	62,5/27,5	76,2/27,4	63,9/23,2

Примечание – распространенность/степень развития болезни, %.

корневой гнили. В зонах достаточного увлажнения поверхностные обработки почвы увеличивают интенсивность развития и распространенность. Большое количество растительных остатков на поверхности почвы после поверхностных обработок накапливает значительный инфекционный потенциал. В частности, увеличивается запас возбудителей септориоза и корневых гнилей.

В наших опытах отмечены различия в проявлениях корневых гнилей по вариантам со способами и приемами основной обработки почвы. Так, в среднем по годам исследований более высокую степень распространения и развития в фазу цветения обуславливает мелкая обработка, соответственно 64,7% и 19,9 по предшественнику кукуруза на силос, ниже распространенность и вредоносность болезней по предшественникам горох и горохоовсяная смесь, хотя между собой они различаются мало – 58,5; 17,7 и 55,0 и 17,5%.

Лучшая фитосанитарная обстановка складывается по вспашке, степень распространения составляет по предшественникам кукуруза на силос, горох и занятый пар – 57,5; 52,7 и 49,3%, а развитие болезни – 16,1; 15,2 и 14,2% соответственно, при экономическом пороге вредоносности 10–15%. К концу вегетации наблюдается тенденция к росту инфекции, степень развития болезни по вариантам опыта достигает 20,0–30,0% при распространенности 55,4–86,4, преимущество же остается за отвальной и комбинированной обработкой. Мелкие и поверхностные обработки не позволяют полностью уничтожить почвенный запас инфекции. Отвальный более других способов основной обработки почвы активизирует микробиологические процессы, увеличивая гибель патогенов.

Следовательно, наилучшая фитопатогенная обстановка складывается в посевах озимой пшеницы, возделываемой по пару занятому и гороху на зерно, при использовании в качестве способа основной обработки почвы вспашки и комбинированной обработки почвы.

Таким образом, введение фитосанитарных севооборотов с применением адаптированных систем обработки почвы является наиболее простым, но в то же время фундаментальным способом оздоровления почвы от патогенных инфекционных начал.

## **Глава 5. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ И ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ**

Современные тенденции в земледелии направлены на создание и внедрение рациональных почвозащитных систем обработки почвы. В настоящее время многие кажущиеся совершенно необходимыми приемы обработки почв сложились исторически в целях борьбы с сорняками, хотя и не отвечают биологическим требованиям возделывания культур. В практике сельскохозяйственного производства 30–40% затрат на обработку направлены на борьбу с сорняками. Если оценивать все затраты на борьбу с сорняками, то они составляют 3,5 млрд рублей в год по стране. Вместе с тем интенсивная обработка почвы приводит к ряду нежелательных последствий – распылению почвы, ухудшению ее физико-механических свойств, ускорению разложения гумуса, чрезмерному уплотнению пахотных слоев, иногда усилению засоренности и т.д.

Исследованиями ученых-практиков, проведенными в последние несколько десятков лет, доказано, что минимальная обработка в сравнительно короткий срок восстанавливает в верхних слоях утраченные в ходе распашки свойства почвы, улучшает ее водный режим и служит действенным приемом защиты от водной и ветровой эрозии. Восстановление черноземов в ходе систематической минимальной обработки является не только ресурсосберегающей системой, но и обеспечивает существенную агроэкологическую эффективность производства сельскохозяйственной продукции.

Минимальная обработка – мощный агромелиоративный прием. Она обеспечивает дополнительно 30–50 мм влаги, поэтому стабилизирует земледелие в условиях засухи.

### **5.1. Динамика влажности почвы и формирование ресурсов влаги в зависимости от элементов агротехнологий**

На данном этапе развития научного земледелия в задачи обработки почвы входит создание оптимальных условий для роста и развития культурных растений, при условии одновременного сохранения потенциального почвенного плодородия. В севообороте эффективна система разноглубинной обработки почвы, сочетающая отвальные, безотвальные и комбинированные приёмы в зависимости от гранулометрического состава, влажности, степени солонцеватости, эродированности и засорённости почвы, а также выбора предшественника озимой пшеницы.

В этой связи изучение влияния предшественников и основной обработки почвы на процессы сохранения и накопления влаги почвой вызывает определенный интерес и имеет практическое значение. Как свидетельствуют результаты опытов, выбор способа основной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы после различных предшественников оказывает влияние на водный режим чернозёма выщелоченного.

Установлено, что при беспашотных способах обработки влага накапливается в большей степени, причем преимущество их перед вспашкой сохраняется до фазы полной спелости озимой пшеницы.

Преимущество мелких и поверхностных обработок следует рассматривать как положительный фактор по нескольким причинам. Во-первых, корневая система озимой пшеницы, у которой она в основном сосредотачивается в верхних слоях, будет работать более эффективно. Во-вторых, оптимальная влажность верхних слоев способствует улучшению условий питания растений. В третьих, это в совокупности с мелким посевом должно способствовать образованию вторичной корневой системы. Кроме того, это еще и гарантия более эффективного использования осадков теплого периода года, поскольку в зоне черноземов они чаще всего увлажняют верхний 10–15 см слой почвы.



Кажется парадоксальным, что в условиях черноземов, где в течение вегетации выпадает почти половина годовых осадков, а коэффициент их использования обычно бывает достаточно высоким, растения будут использовать влагу и питательные вещества только из глубоких горизонтов. По этому поводу А.М. Алпатьев (1959) пишет, что биологический эффект осадков теплого периода определяется главным образом глубиной залегания корней растений, рыхление же почвы способствует более глубокому размещению их и поэтому не всегда и не во всех природных условиях считается положительным моментом. Главная цель отвальной вспашки, как считает М.Т. Федоровский (1955), заключается, прежде всего, в перемещении плодородного верхнего слоя почвы в зону вероятного размещения корней. Между тем, по данным И.Б. Ревута (1972), основная масса (70–90%) корней растений располагается в верхней части пахотного слоя. Одна из главных причин глубокого укоренения растений, как отмечает Н.А. Качинский (1965), искусственное изменение почвенных условий, в частности перемешивание пахотного слоя почвы. Поэтому нельзя не согласиться с Н.К. Шиколой и Г.В. Назаренко (1990), по мнению которых глубокое укоренение растений служит мотивировкой глубокой вспашки, является не причиной последней, а ее следствием.

Однако влагу, которая сосредотачивается в верхних слоях почвенного профиля, можно потерять за счет физического испарения, если не будут созданы определенные условия для его предотвращения. Но даже создание оптимального рыхлого поверхностного слоя почвы для уменьшения испарения влаги не обеспечивает высокой защиты почв от расхода влаги, поскольку почвенные частицы, разрушаясь под ударами дождевых капель, образуют корку, в результате резко усиливаются потери влаги из почвы. Надежную защиту почвенных комков от разрушения, а почвы от потерь влаги может обеспечить соломенная мульча, которая легко может быть сформирована именно на бесплужных и особенно нулевых фонах.

Для получения дружных всходов озимой пшеницы необходимо, чтобы запас продуктивной влаги в слое 0–0,20 м составлял 20–40 мм. Запас влаги порядка 15 мм обеспечивает только удовлетворительные всходы

Изучение динамики запасов влаги в наших опытах (приложение 35) показывает, что ее количество различается по предшественникам и способам и приемам основной обработки почвы. Так, перед севом озимой пшеницы запас влаги по всем вариантам обработки был достаточным для получения дружных всходов, однако преимущество остается за поверхностными и мелкими обработками, а по изучаемым предшественникам – за занятым паром (рисунок 42).

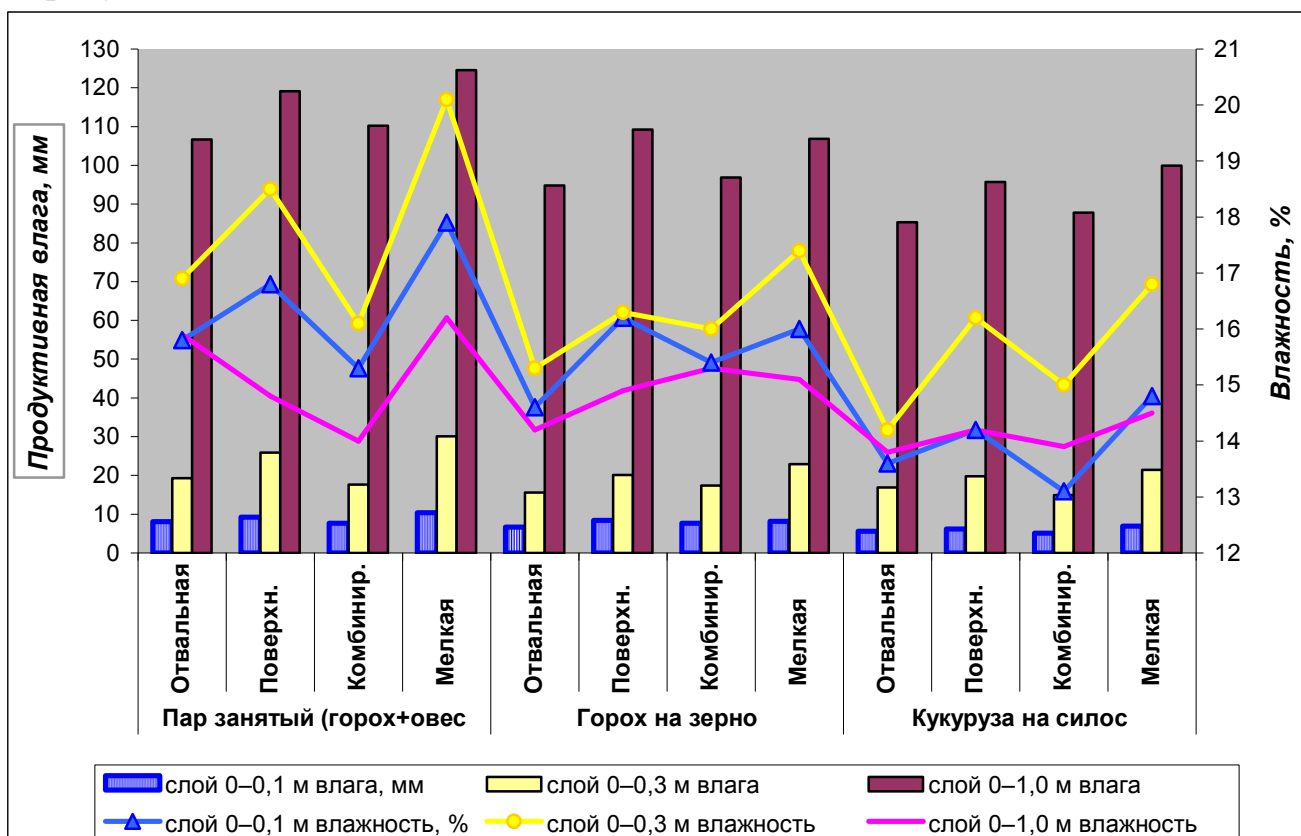


Рисунок 42 – Динамика влажности почвы перед севом озимой пшеницы в зависимости от предшественника и способа основной обработки почвы (2000–2013 гг.).

На варианте с применением отвальной обработки в слое 0–0,3 м содержится 19,3 мм влаги, несколько меньше ее при использовании комбинированной обработки – 17,6 мм, тогда как по поверхностной и мелкой обработке – 25,9 и 30,1 мм. В метровом слое содержится соответственно 106,7; 110,2;

119,1 и 124,6 мм. Подобная закономерность наблюдается также по предшественникам горох и кукуруза на силос. Если в первый период вегетации озимая пшеница в основном расходует влагу из верхних слоёв, то с конца фазы весеннего кушения идёт интенсивное потребление из более глубоких горизонтов почвы.

Расчет запасов продуктивной влаги в критический период водопотребления, в фазу выход в трубку → колошение, показывает (рисунок 43), что по всем способам обработки и предшественникам озимая пшеница обеспечена влагой в оптимальных количествах – от 25,5 мм на варианте комбинированной обработки до 46,7 мм при использовании поверхностной обработки. Различия по содержанию влаги между отвальным и комбинированным способом обработки несут незначительные, но применение поверхностных и мелких обработок достоверно увеличивает запас продуктивной влаги.

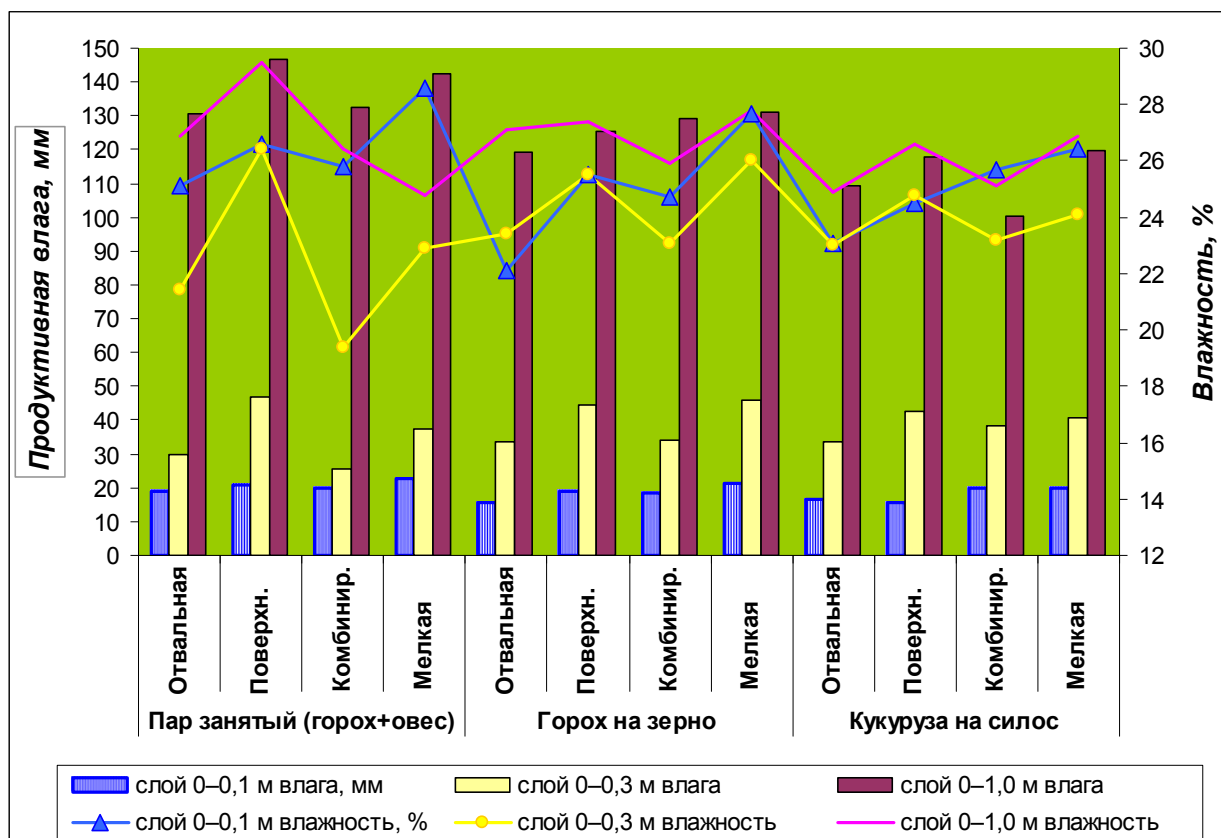


Рисунок 43 – Динамика влажности почвы в фазу выход в трубку → колошение в зависимости от предшественника и способа основной обработки почвы (2000–2013 гг.).

Отвальный способ обработки вследствие проведения такой технологической операции, как оборачивание, способствует испарению влаги из почвы, что в случае короткого периода от уборки предшествующей культуры и посева озимой пшеницы оказывает негативное влияние на накопление влаги в почве.

При поверхностной и мелкой обработке создается наиболее благоприятный водный режим за счет создания рыхлого слоя на поверхности почвы и располагающейся под ним уплотненной прослойки. В этом случае рыхлый поверхностный слой хорошо усваивает атмосферные осадки, а плотная прослойка препятствует диффузному передвижению влаги в атмосферу, что в целом значительно улучшает водный режим почв в зонах недостаточного и неустойчивого естественного увлажнения.

Что касается предшественников, то можно констатировать, что наименьший запас продуктивной влаги – при возделывании озимой пшеницы по кукурузе на силос. Данный факт объясняется тем, что предшествующие культуры потребляют различное количество влаги на формирование вегетативной массы, транспирационный коэффициент у них различный, кроме того, по технологии возделывания и срокам вегетации эти культуры освобождают поле в разное время, поэтому период для подготовки почвы к севу озимой пшеницы и накоплению влаги наибольший после занятого пара и наименьший после кукурузы на силос, что сказывается на показателе влажности почвы к началу сева.

Самым ответственным периодом при выращивании озимой пшеницы, является получение всходов. В течение периода исследований перед севом озимой пшеницы (рисунок 42) в верхнем слое почвы 0–0,10 м после занятого пара в среднем за период исследований влажность наибольшая и составляет в зависимости от способов обработки 15,3–17,9%, после гороха на зерно – 14,6–16,0% и в варианте после кукурузы на силос – от 13,1 до 14,8%,. На появление дружных всходов озимой пшеницы решающее влияние оказывает

влаги, локализованная в слое почвы 0,10–0,30 м. И здесь наблюдается различия по вариантам: после занятого пара влажность составляет от 16,1 до 20,1%, что на 2,7–3,4 % больше, чем после кукурузы на силос, и на 1,5–3,6% больше, чем после гороха на зерно. Более высокие запасы продуктивной влаги перед посевом озимой пшеницы в пахотном слое почвы (0–30 см) накапливаются после занятого горохоовсяной смесью пара при использовании в качестве основной мелкой обработки (30,1 мм), меньшее – после кукурузы на силос по отвальному способу обработки (16,9 мм).

Математическая обработка данных свидетельствует о положительных эффектах взаимодействия предшественника и обработки почвы на влажность почвы слоя 0–10 см  $F_{05} > F_{\text{факт}} 2,29:6,32$ , предшественником и фазой развития озимой пшеницы 2,56 к 8,72, обработкой почвы и фазой развития озимой пшеницы 2,9 к 9,14.

Проведен анализ наличия связи урожайности пшеницы от влажности почвы ( $X_3$ ) по предшественникам. На основе анализа составлены три модели этих связей. Для предшественника кукуруза на силос составлено уравнение регрессии вида  $Y = 6,191 - 0,187X_3$ , занятого пара –  $Y = -11,6834 + 1,0208X_3$ , гороха –  $Y = 1,901 + 0,1708X_3$ . Фактор влажности почвы оказывал положительное влияние на рост урожайности пшеницы при возделывании по гороху и занятому пару. Однако при возделывании ее по предшественнику кукуруза на силос имеется отрицательная тенденция. В данной модели  $b = -0,187$  и  $r_3 = -0,094$ . Объясняется это тем, что культура, выступающая в качестве предшественника, имеет поздний срок уборки и иссушает почву, что отражается на снижении урожайности озимой пшеницы.

Таким образом, соломенная мульча и концентрация влаги в верхних слоях почвы как следствие ресурсосберегающих систем обработки почвы, совместно дополняя друг друга, могут обеспечить наиболее эффективное использование почвенной влаги.

Оставление на поверхности мульчирующего слоя растительных остатков способствует задержанию на полях снега и накоплению почвенной влаги в холодное время года, что в должной мере компенсирует, а часто и превосходит функциональную роль глубокой основной обработки.

Основной фактор интенсификации влагонакопительного эффекта почвы в условиях мульчирующих обработок – повышенная инфильтрация, которая значительно увеличивается главным образом благодаря отсутствию на поверхности почвы уплотненного слоя. Установлено, что минимальная обработка только за счет уничтожения поверхностной корки повышает скорость инфильтрации влаги в почву на 50%.

При сравнении показателей влажности почвы по изучаемым в опыте факторам очевидно, что влагообеспеченность озимой пшеницы зависит в равной степени от способа основной обработки почвы и предшествующей культуры. Полученные результаты подтверждают тот факт, что поверхностные и мелкие обработки способствуют повышенной влажности почвы, а вследствие этого формированию оптимальных ресурсов влаги, наиболее существенным это становится в годы с выпадением осадков ниже нормы.

## **5.2. Строение пахотного слоя почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественника и основной обработки почвы**

Пористость почвы – суммарный объём всех пор между частицами твёрдой фазы почвы и выражается в процентах от общего объёма почвы. Она зависит от гранулометрического состава, структурности, деятельности почвенной фауны, содержания органического вещества, в пахотных слоях – от частоты и приёмов обработки и окультуривания почвы.

Для наилучшего обеспечения растений водой и воздухом и высокой эффективности применения удобрений и других мероприятий для получения высоких урожаев важно, чтобы почвы имели наибольшую капиллярную пористость, заполненную водой, и одновременно пористость аэрации не менее

15% объёма. Исследованиями А.Г. Дояренко (1986) показано, что благоприятным строение пахотного слоя почвы для полевых культур будет тогда, когда некапиллярная пористость составляет 12,5–30%, а капиллярная 37,5–30%, следовательно, отношение первой ко второй может колебаться от 1:1 до 1:3.

Применение в опыте приемов обработки почвы различной интенсивности и глубины обеспечивает неодинаковое строение пахотного слоя почвы.

Дальнейшее расширение соотношения между некапиллярной и капиллярной пористостью нежелательно, так как это приводит к более интенсивному передвижению водяных паров по некапиллярным промежуткам и к усиленной потере влаги из почвы.

На показатели строения пахотного слоя почвы в большей степени оказывает влияние способ обработки почвы, нежели предшествующая озимой пшенице культура. Перед севом культуры величины общей пористости, в том числе капиллярной и некапиллярной, оптимальны, что является следствием проведенной обработки почвы. Вместе с тем имеются некоторые различия (приложение 36).

На варианте с применением отвальной обработки (рисунок 44-а), вследствие перемещения более оструктуренного, с высокой биогенной активностью слоя вверх, значения пористости максимальные – 56,9% (по предшественнику пар занятый), что на 1,7% ниже по сравнению с комбинированной обработкой, на 2,7 – с поверхностным приемом и на 3,3% – с мелкой обработкой.

Применение комбинированной обработки (рисунок 44-б) обеспечивает оптимальную величину общей пористости. Преимущество данного способа состоит в равномерном рыхлении пахотного слоя почвы, а также уменьшении количества проходов техники по полю, что и обеспечивает оптимальное соотношение между различными фазами почв. На данном варианте сложилось соотношение (1:1,5) между капиллярной и пористостью аэрации. Несу-

щественно ниже показатели строения пахотного слоя по поверхностной и мелкой обработке, что в большей степени обусловлено действием растительных остатков, которые оказывают влияние на разуплотнение почвы.

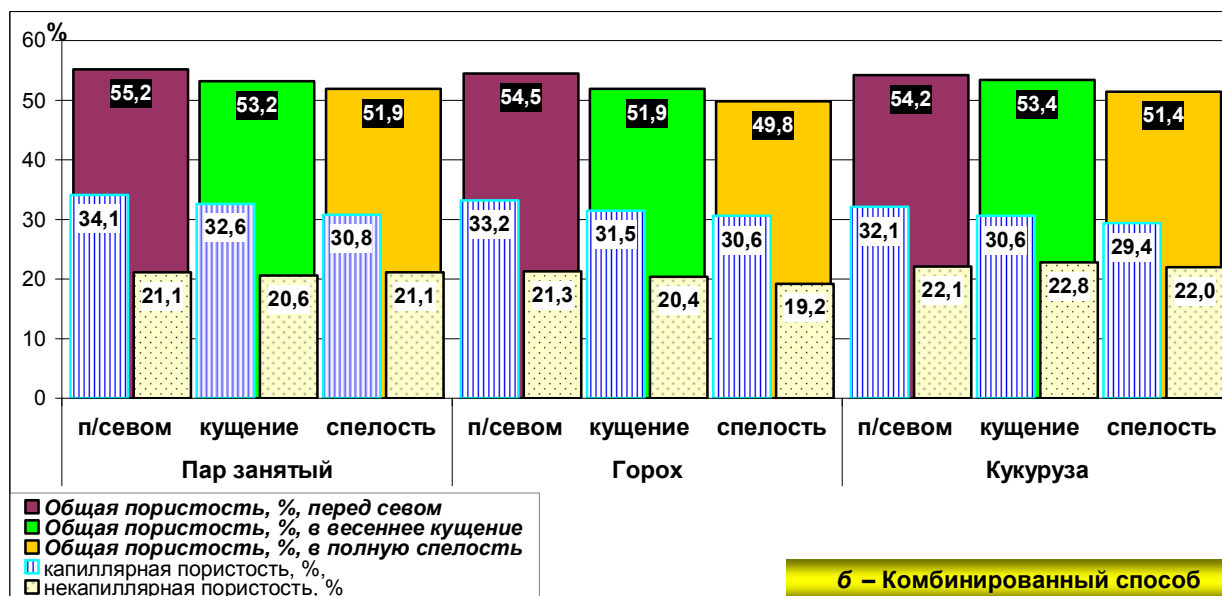
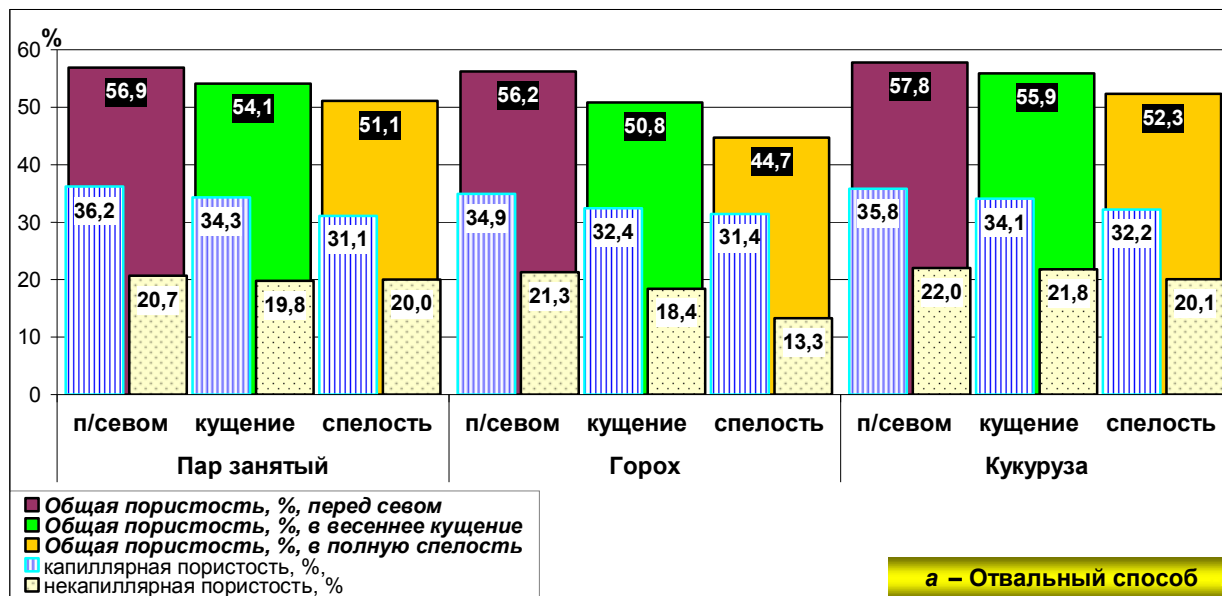


Рисунок 44-а, б – Влияние предшественников и основной обработки почвы на строение пахотного слоя почвы в посевах озимой пшеницы (2000–2013 гг.)

К весеннему кущению происходит некоторое снижение общей пористости вследствие естественного уплотнения, однако по всем вариантам обработки почвы показатели пористости почвы оптимальные – от 54,1 на варианте отвальной обработки до 51,9% – при использовании комбинированной обработки.



Оптимальное строение пахотного слоя почвы отмечено также на вариантах с применением поверхностной и мелкой обработки (рисунок 44-в, г).

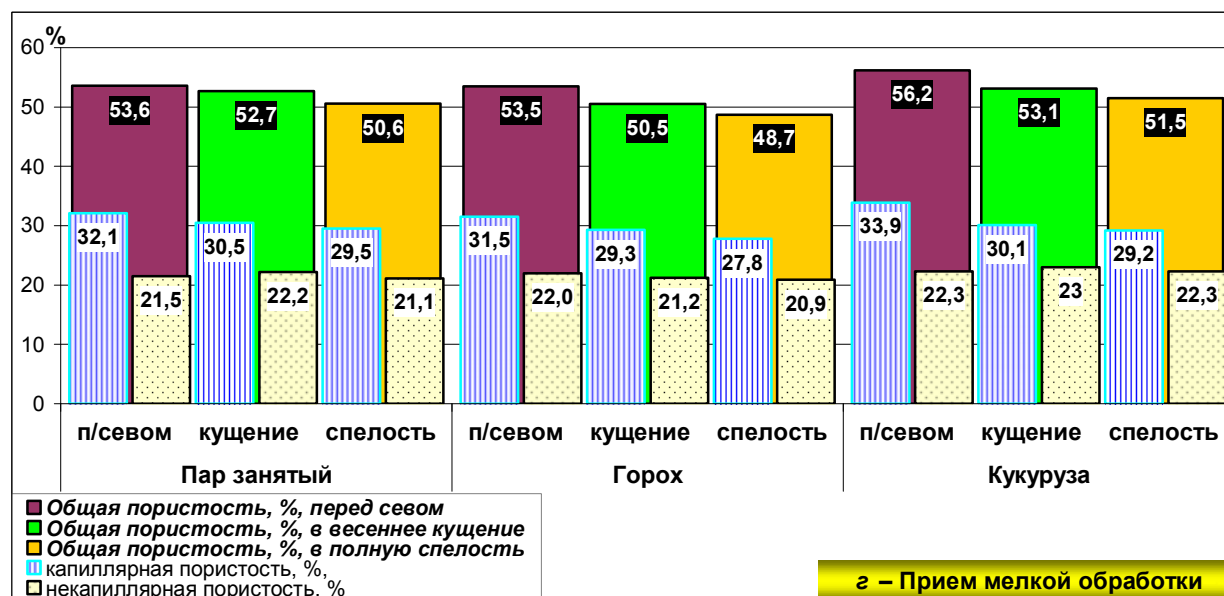
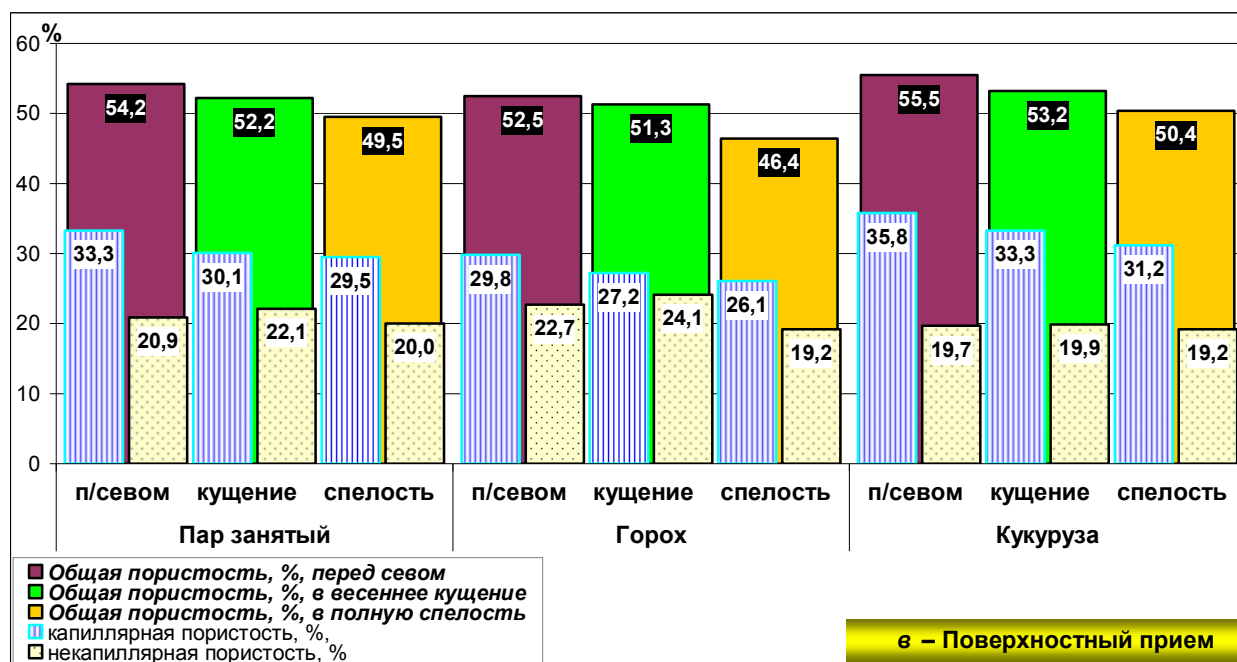


Рисунок 44-в, г – Влияние предшественников и основной обработки почвы на строение пахотного слоя почвы в посевах озимой пшеницы (2000–2013 гг.)

Перед посевом на этих вариантах общая пористость составляет соответственно 54,2 и 53,6%, капиллярная 33,3 и 32,1%. На этих вариантах вышеописанные закономерности прослеживаются: к фазе весеннего кущения и полной спелости пористость почвы снижается, соотношение между капиллярной и некапиллярной пористостью составляет от 1,7 до 1,5, однако необ-

ходимо отметить, что к фазе полной спелости это соотношение сужается до 1,5–1,4.

Анализируя полученные данные по предшественникам, следует отметить, что строение пахотного слоя почвы под озимой пшеницей, распложенной по кукурузе на силос, отличается увеличением общей пористости перед севом на 0,9% в сравнении с размещением ее после занятого пара по отвальной обработке, на 1,2 – по поверхностной обработке, на 0,3% – при комбинированной и на 2,6% – с использованием мелкой обработки, что, на наш взгляд, связано как с действием стержнекорневой системы кукурузы на почву, так и с проведением междурядных обработок почвы во время вегетации культуры.

В литературе всё чаще приводятся данные, свидетельствующие о том, что не только избыточно плотное, но и чрезмерно рыхлое состояние почвы может оказывать вредное влияние на рост растений, заметно снижая их урожайность.

Многие исследователи связывают с чрезмерно рыхлым сложением пахотного слоя резкое увеличение непроизводительных потерь влаги на испарение, считая это главной причиной отрицательного влияния пониженной плотности почв. Избыточно рыхлое сложение пахотного слоя, по-видимому, создает благоприятные условия для накопления элементов плодородия, но использование их корнями растений вследствие уменьшения прочности контакта поверхности корней с почвой затрудняется. Выявлено, что при избыточной рыхлости почвы вследствие нарушения контакта корней с ней заметно ухудшается снабжение растений питательными веществами и в значительной мере снижается их урожайность. Полученные данные позволили сделать выводы о том, что обработка почвы оказывает существенное влияние на формирование оптимальных показателей строения пахотного слоя почвы.

### **5.3. Структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от основной обработки и предшественника озимой пшеницы**

Одним из путей управления плодородием почвы является улучшение структуры и поддержание соответствующего ее структурного состояния, при определенном размере почвенных агрегатов. Опытами многих ученых установлено, что структура почвы имеет большое значение в передвижении воды и при определенных условиях способствует уменьшению испарения ее с поверхности. Почва, имеющая среднекомковатую структуру, испаряет воду меньше, чем почва распыленная и глыбистая. Многие авторы большое значение придавали обработке почвы как способу улучшения структурных качеств. Но многочисленные научные исследования последних лет показывают, что механическая обработка в целом не улучшает, а часто, наоборот, ухудшает структурные качества почвы. И только сокращение (минимализация) способствует формированию оптимальной водопрочной структуры почвы.

Бесструктурная почва, особенно в летне-осенний период, не в состоянии полностью поглотить всю воду атмосферных осадков. Это особенно заметно после сильных дождей, когда по уклону поверхности стекают потоки. Стекающая вода размывает поверхность, сносит поверхностный, наиболее плодородный слой почвы.

Аналогичные результаты по влиянию различных систем обработки почвы на ее структурные качества были получены и в наших опытах.

В результате проведенных исследований (приложение 37) установлено, что наименьшее количество агрономически ценных агрегатов, с преобладанием в глыбистой, а затем пылевидной фракции, отмечается на варианте отвальной обработки по предшественнику пар занятый, где коэффициент структурности перед севом культуры составляет 1,70, в весеннее кущение – 2,73, перед уборкой – 2,31, по гороху он несколько меньше и в зависимости от фазы развития озимой пшеницы равен 1,50; 1,98 и 1,65, по кукурузе на силос – соответственно 1,39; 1,57 и 1,43 (рисунок 45).

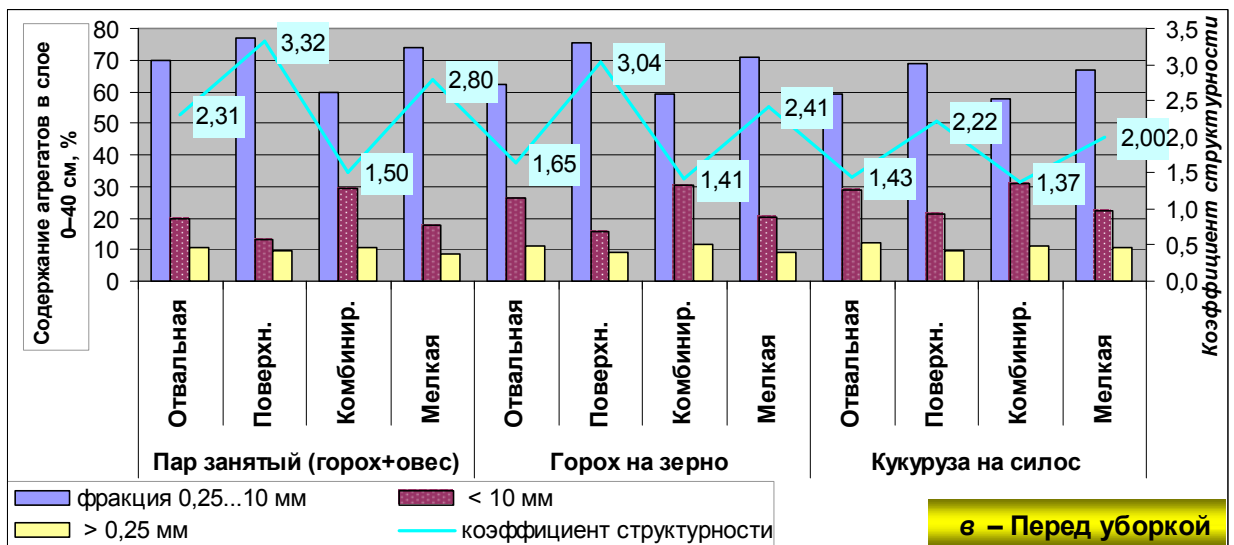
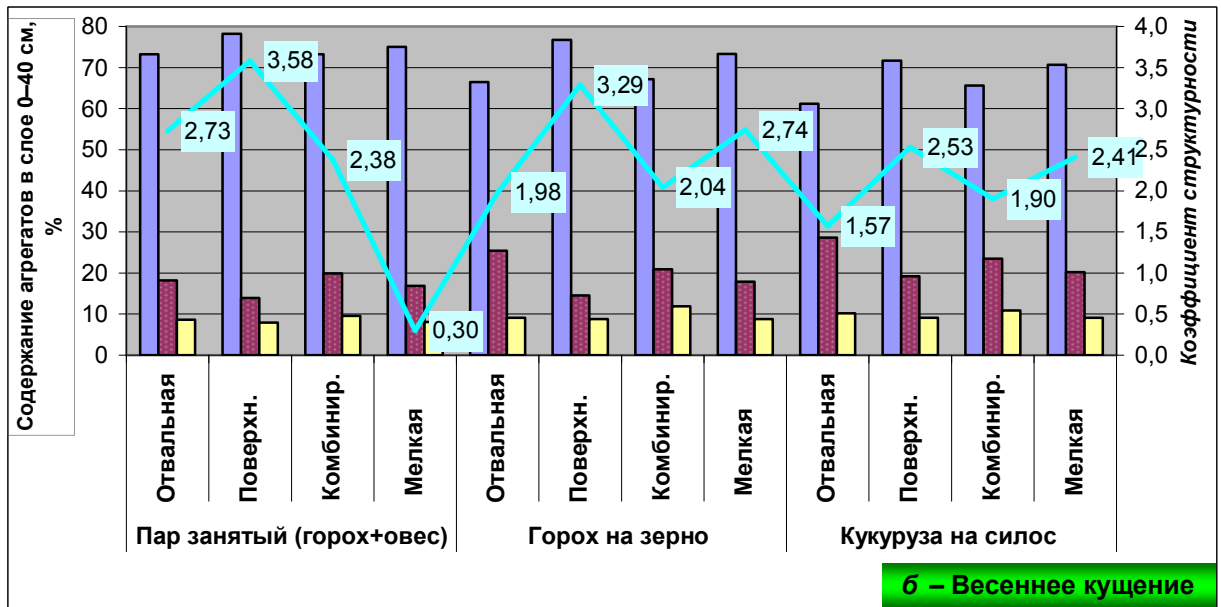
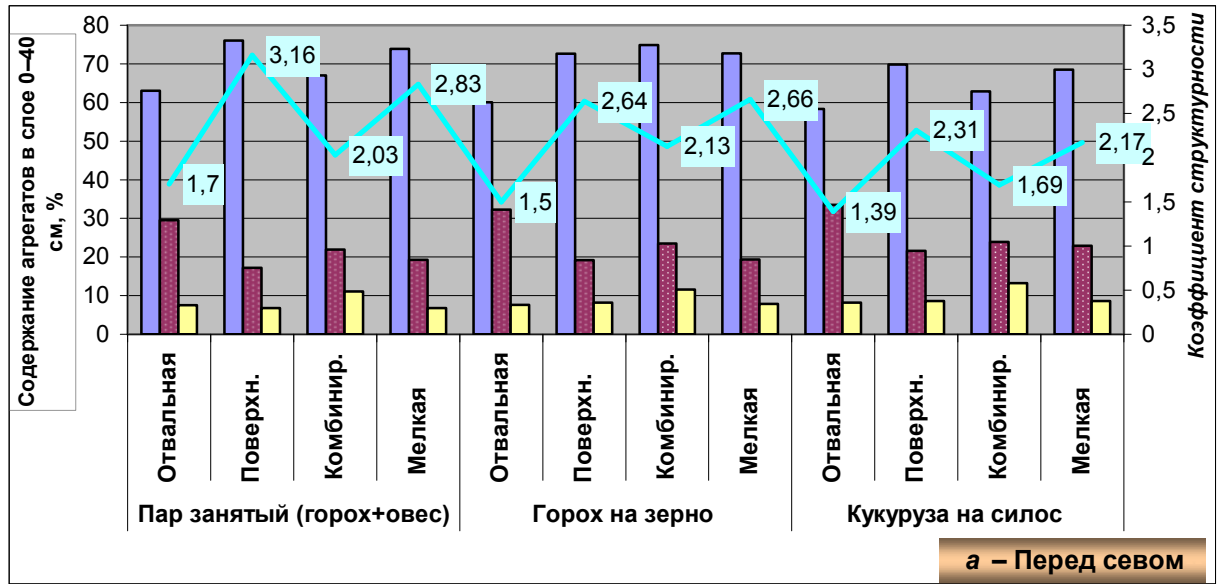


Рисунок 45 – Влияние основной обработки почвы и предшественников на структурно-агрегатный состав (2000–2013 гг.).

Отвальные обработки способствуют образованию глыбистой фракции, которая в дальнейшем разрушается и ведет к образованию пылевидной фракции, к тому же происходит испарение влаги из почвы. Содержание глыбистой фракции перед севом озимой пшеницы, идущей по пару занятому, на варианте отвальной обработки составляет 29,5%, в то время как при поверхностной – 17,2, комбинированной – 21,9, мелкой – 19,3%.

Как следствие, при отвальной обработке в дальнейшем (фаза весеннего кушения и полной спелости) идет образование пылевидной фракции, которая в дальнейшем ведет к ряду неблагоприятных явлений: оседая в нижележащих слоях почвы, она снижает воздухо- и водопроницаемость слоев почв, что ведет к слитизации почвы, при этом снижается активность микроорганизмов.

Рыхлящее воздействие безотвальных почвообрабатывающих орудий на формирование агрономически ценной фракции 0,25–10 мм является более благоприятным по сравнению с отвальным плугом в связи с меньшим давлением на почвенную массу и снижением разрушающего действия на структурные отдельности почвы. Проведение комбинированной обработки способствует активному крошению пахотного слоя почвы, перемешиванию почвенных частиц с растительными остатками, что сопровождается образованием более мелких частиц почвы, при этом отсутствует резкая дифференциация между глыбистой и пылевидной фракцией. Коэффициент структурности в фазу весеннего кушения по пару занятому 2,83, в полную спелость – 2,19. Несколько меньше по предшественнику горох – соответственно 2,13; 2,04 и 1,41, а также по кукурузе на силос – 1,69; 1,90 и 1,37.

При поверхностных технологиях обработки почвы корни растений, пронизывая почву в различных направлениях и разлагаясь, образуют естественные дрены (каналы), посредством которых происходит водно-воздушное движение в почве, вследствие чего она становится рыхлой, не утрачивая своей капиллярности. Образованный на поверхности органический слой из растительных остатков привлекает червей, восстанавливает работу почвенной

микрофлоры, обогащающей почву азотом из воздуха и другими элементами питания при переработке органических веществ. Все эти факторы находятся в тесной связи с оструктурированием почвы, а в целом приводит к оптимизации агрофизических свойств почвы.

Коэффициент структурности при проведении мелкой обработки перед посевом 2,83 – по пару занятому, 2,66 – в фазу весеннего кущения, 2,17 – в фазу полной спелости. В весеннее кущение по всем предшественникам и способам обработки почвы происходит увеличение агрономически ценной фракции, что связано с выпавшими осадками в осенний, зимний и ранневесенний период, а также в результате процессов промерзания и оттаивания почвы происходит размывание глыб, при этом наблюдается тенденция незначительного увеличения количества пылевидно фракции. Коэффициент структурности при проведении мелкой обработки 3,0 – по пару занятому, 2,7 – в фазу весеннего кущения, 2,4 – перед уборкой культуры.

Лучшим в отношении формирования агрономически ценной фракции является использование в качестве основной поверхностной обработки. Измельчение и заделка растительных остатков на глубину до 15 см способствует их частичному разложению и перераспределению в более глубокие почвенные слои, в результате чего образуется среднекомковатая зернистая структура почвы. По пару занятому перед посевом культуры коэффициент структурности 3,16, по гороху 2,64, по кукурузе на силос 2,31. В фазу весеннего кущения – соответственно 3,58; 3,29 и 2,53, к полной спелости в силу вышеописанных причин он снижается (рисунок 45).

Следовательно, в улучшении структуры пахотного слоя почвы при минимальной обработке существенное значение отводится прежде всего поверхностной заделке с накоплением в данной части почвенного профиля значительного количества пожнивных и корневых остатков. Немаловажная роль в этом отношении принадлежит микроорганизмам и почвенной микрофлоре, что в результате приводит к повышению энзиматической активности почвы.

#### **5.4. Водопрочность структуры почвы в зависимости от основной обработки почвы и предшественника озимой пшеницы**

Огромное производственное значение прочности структуры почвы было установлено еще в конце XIX века П.А. Костычевым: «Если почва может образовывать комки или принимать комковатую структуру, то с хозяйственной точки зрения важно знать, как долго может сохраняться эта структура при хозяйственных и естественных условиях данной почвы, или, другими словами, важно знать, насколько прочна эта структура». Прослеживается довольно убедительная зависимость эрозионной устойчивости полей севооборотов от способа обработки почвы. Оставленная на поверхности или заделанная поверхностно дисковыми орудиями солома надежно выполняет почвозащитную функцию, особенно в межвегетационный период. В ходе предпосевной обработки почвы солома измельчается и перемешивается с почвой, образуя специфическую почвенно-соломистую мульчу, которая при дефиците навоза может практически полностью заменить функцию источника органических удобрений. Минимализация обработки с поверхностной заделкой органических удобрений в значительной степени повышает содержание в верхних слоях почвы агрономически ценных водопрочных агрегатов.

Оптимизация показателей структуры верхних слоев почвы при минимальной обработке объясняется прежде всего поверхностной заделкой органических удобрений и накоплением в данной части почвенного профиля значительного количества пожнивных и корневых остатков. Немаловажная роль в этом отношении принадлежит микроорганизмам и почвенной фауне.

Водопрочность структуры почвы в стационарном опыте (таблица 14) характеризуется по Бахтину и Долгову как «отличная» и «хорошая». Вместе с тем она различается по предшественникам и способам обработки почвы, а также изменяется по фазам развития озимой пшеницы. Перед севом водопрочность ниже по сопоставлению с весенним кущением и полной спелостью.

Таблица 14 – Водопрочность структуры почвы в зависимости от основной обработки и предшественников озимой пшеницы (2000–2013 гг.), %

Предшественник, А	Обработка почвы, В	Водопрочность, %		
		перед севом	весеннее кущение	полная спелость
Пар занятый (горох+овес з/к)	Отвальная	60,1	62,3	63,4
	Поверхностная	72,4	76,1	78,2
	Комбинированная	63,2	64,9	65,3
	Мелкая	75,8	79,0	80,2
Горох на зерно	Отвальная	59,3	61,2	62,1
	Поверхностная	70,9	72,3	74,8
	Комбинированная	60,9	63,3	64,2
	Мелкая	73,2	74,7	75,9
Кукуруза на силос	Отвальная	53,7	55,5	57,3
	Поверхностная	65,4	66,8	67,3
	Комбинированная	55,9	58,7	61,2
	Мелкая	71,1	72,8	74,5
НСР по опыту		4,06	3,78	4,27
НСР <sub>05,А</sub>		2,33	1,89	2,29
НСР <sub>05,В</sub>		2,69	2,18	2,71
Sx,%		2,59	2,03	2,78

На варианте отвальной обработки в среднем по предшественникам она самая низкая – 57,7%, при комбинированной обработке – 60, поверхностной – 69,6, а при мелкой – 73,4%. К фазе весеннего кущения происходит некоторое ее увеличение – от 2 до 2,3%, аналогичное увеличение произошло и в фазу полной спелости. Эти данные позволяют сделать вывод, что почва сразу после проведения обработки подвержена распылению и обладает низкой водопрочностью, в процессе вегетации озимая пшеница развивает мощную корневую систему, которая делит почву на мелкие комки, уплотняет их, а по мере отмирания корней и образования гуминовых веществ придает им прочность.

Одним из недостатков отвальной обработки почвы является то, что при обороте пласта наверх выносятся биологически активный, более разрыхленный слой, который в сильной степени подвержен водной эрозии. Пониженное содержание водопрочных агрегатов служит также причиной запыливания пашни, то есть образования корки. Вред, причиняемый коркой, общеизвестен. На



участках, свободных от культурных растений, корка способствует усиленному испарению влаги из почвы, затрудняет проникновение в почву атмосферного воздуха, что резко замедляет аэробные биологические процессы.

Сохранение растительных остатков в верхних слоях почвы при поверхностных обработках способствует защите почвы от солнечного перегрева, лучше аккумулирует осадки, уменьшает испаряемость. В таких условиях работа микроорганизмов активизируется, активно разлагаются растительные остатки и в почву поставляются ионы кальция и магния. Всё это способствует формированию водопрочной структуры. Так, по предшественнику пар занятый водопрочность почвы составляет 72,4% перед севом, 76,1% – в фазу весеннего кущения, 78,2% – в полную спелость. По гороху эти показатели соответственно 70,9; 72,3 и 74,8 %, по кукурузе на силос – 65,4; 66,8 и 67,3%.

Важным фактором водопрочности структуры верхних слоев почвы на фоне минимальной обработки является повышенное содержание здесь не только растительных остатков, но и гумусовых веществ, включая детрит. Мелкая обработка обеспечивает максимальную водопрочность почвы, в среднем по предшественникам она составляет от 80,2 до 71,1 %.

Что касается фактора предшествующей культуры, то преимущество занятых паров и зернобобовых перед пропашными культурами очевидно.

Корневые остатки гороха и смеси его с овсом богаты азотом, что способствует образованию гуминовых веществ, которые, в свою очередь, склеивают почвенные частицы и не дают им разрушиться. Поэтому после этих предшественников формируется водопрочная структура почвы. В зависимости от способа обработки водопрочность почвы в посевах озимой пшеницы, идущей по занятым парам, составляет от 80,2% по мелкой обработке до 60,1% – по отвальной, по гороху эти показатели соответственно 75,9–59,3%, по кукурузе на силос – от 74,5 до 53,7%.

Кукуруза – пропашная культура, возделывается с широкими междурядьями, в которых почва в процессе вегетации культуры может подвергаться разрушению. Положительной стороной этой культуры является хорошо

развитая корневая система, которая способствует структурообразованию. Полученные данные доказаны с помощью математической обработки – разница в показателях водопрочности как по предшественникам, так и по способам обработки не выявлена.

Следовательно, минимальная обработка почвы способствует значительному увеличению корненасыщенности пахотного слоя почвы, что обуславливает заметное повышение водопрочности.

### **5.5. Влияние предшественников и основной обработки на плотность почвы в посевах озимой пшеницы**

Одной из основных задач обработки почвы является оптимизация плотности сложения почвы в соответствии с требованиями возделываемых культур.

В связи с широким использованием новой энергонасыщенной техники и почвообрабатывающих орудий в современном земледелии наметились тенденции пересмотра классических подходов к формированию систем обработки почвы. Применение плуга как основного орудия всё больше подвергается критике. Более рациональной признаётся система минимализированной обработки. В практике современного земледелия минимализация связывается с исключением из технологии возделывания сельскохозяйственных культур глубокой отвальной обработки почвы. Однако при этом зачастую остаются без должной оценки севообороты в целом, выводы делаются на основе данных по одной культуре, продуктивность пашни вообще не анализируется.

Ресурсосберегающими приемами могут являться уменьшение глубины вспашки до 10 см, а под пропашные культуры – до 20 см, замена вспашки поверхностной обработкой под озимые культуры.

В результате проведенных исследований установлено, что плотность почвы пахотного слоя различается в зависимости от способов ее обработки и предшественника в севообороте (приложение 38). В наших исследованиях

наибольшим изменениям подвержен показатель плотности в пахотном слое и незначительным – в более глубоких слоях, где как сами культуры, так и агротехнические приемы их возделывания оказывают незначительное влияние.

Выявлено, что на изменение показателей плотности почвы в большей степени влияет способ или прием обработки почвы, нежели предшествующая культура. Плотность почвы 0–0,1 м слоя по изучаемым предшественникам различается и находится в пределах 1,14–1,17 г/см<sup>3</sup> перед севом культуры, 1,21–1,25 – в весеннее кущение, а к полной спелости озимой пшеницы достигает 1,35–1,43 г/см<sup>3</sup> (рисунок 46).

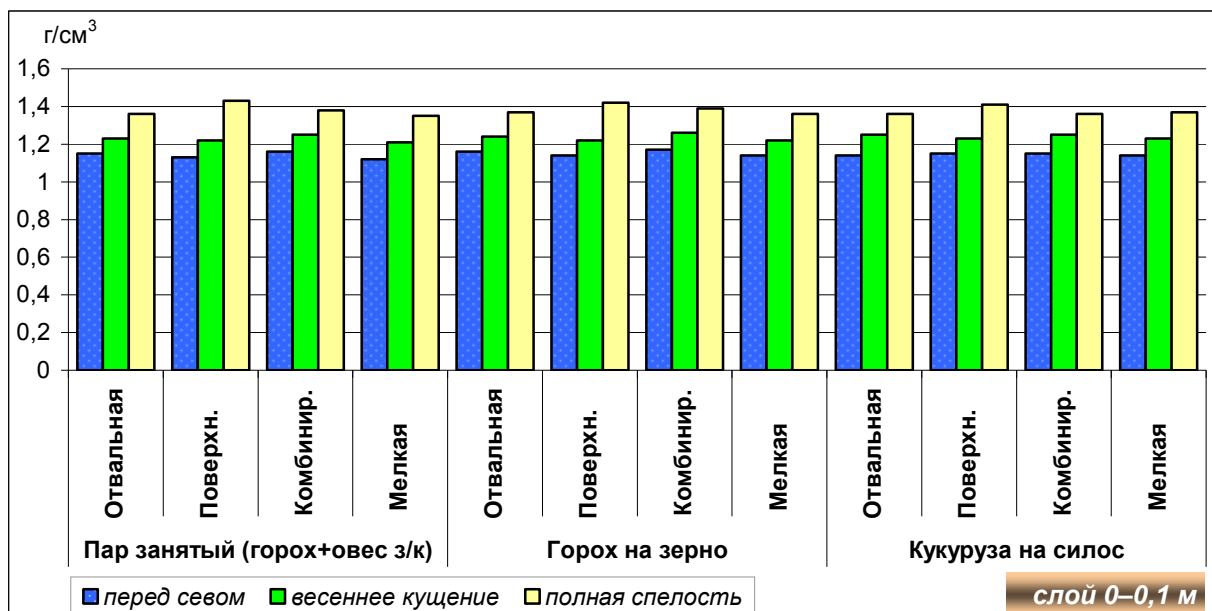


Рисунок 46 – Плотность почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников и основной обработки (2000–2013 гг.), г/см<sup>3</sup>.

Плотность почвы в целом по пахотному 0–0,3 м слою, как правило, возрастает. При этом в верхнем слое 0–0,1 м почва перед севом культуры достаточно рыхлая и обеспечивает оптимальные условия для появления дружных и своевременных всходов, развития корневой системы озимой пшеницы. Показатели плотности, которые на варианте размещения озимой пшеницы по пару занятому составляют 1,12 г/см<sup>3</sup> при использовании мелкой обработки, 1,13 – при поверхностной, возрастают с применением комбинированной обработке

до 1,16 и на варианте с отвальной обработкой – до 1,15 г/см<sup>3</sup>. Более высокие показатели плотности почвы при мелких и поверхностных обработках обусловлены сосредоточением максимального количества органического вещества, плотность которого меньше, чем минеральной части, причем эта тенденция сохраняется и при определении плотности почвы в слое 0,1–0,2 м (рисунок 47), растительные остатки, перераспределяясь в нижележащие слои, оструктурируют почву и обеспечивают оптимальные параметры агрофизических свойств почвы, в том числе и плотность.

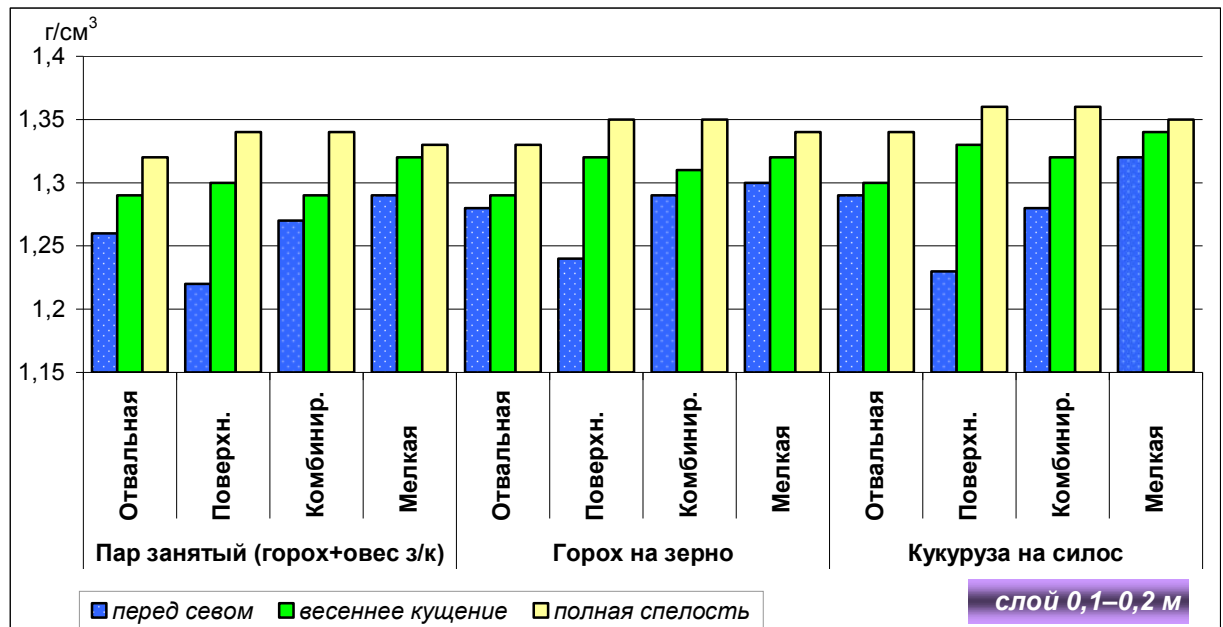


Рисунок 47 – Плотность почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников и основной обработки (2000–2013 гг.), г/см<sup>3</sup>.

В слое почвы 0,1–0,2 м плотность почвы перед севом озимой пшеницы выше на 0,9–0,22 г/см<sup>3</sup>, чем в слое 0–0,1 м. Это, прежде всего, зависит от сил гравитации, так как верхний слой почвы оказывает давление на нижерасположенный. В слое 0,2–0,3 м, который в процессе подготовки почвы под сев озимой пшеницы не обрабатывается, плотность почвы составляет от 1,37 до 1,41 г/см<sup>3</sup> (рисунок 48).

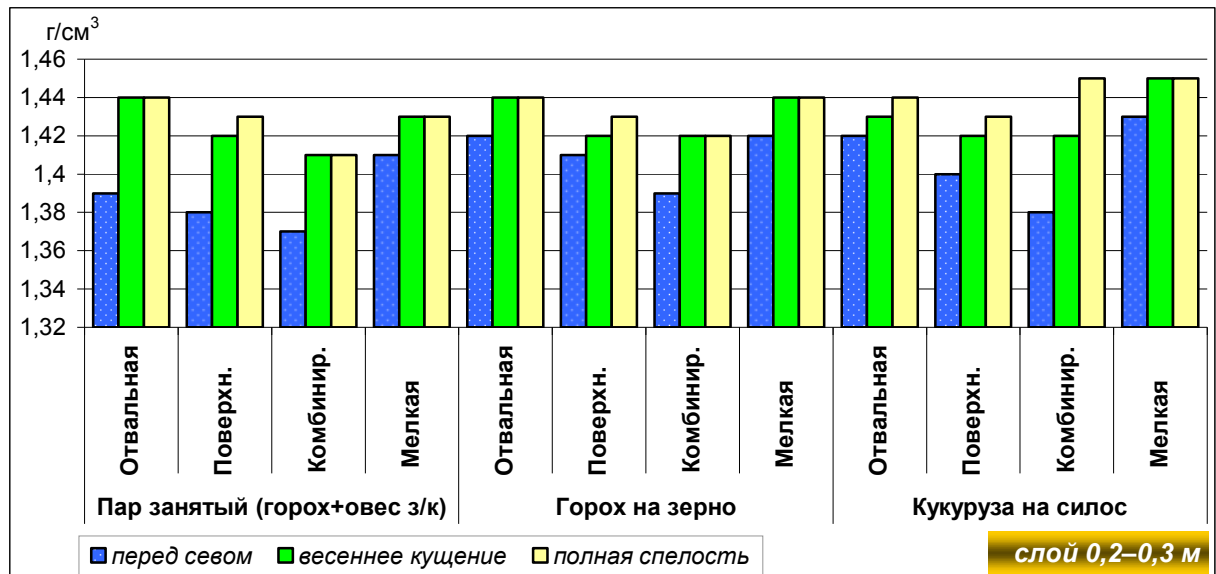


Рисунок 48 – Плотность почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников и основной обработки (2000–2013 гг.), г/см<sup>3</sup>.

Причем на варианте с отвальной обработкой плотность почвы выше в сравнении с другими вариантами. Это связано с тем, что при вспашке образуется пылевидная фракция, которая при воздействии на почву рабочими органами почвообрабатывающих орудий и машин попадает в подпахотный слой почвы и формирует уплотненный слой, закупоривая поры почвы. Также на подпахотный слой почвы оказывает уплотняющее действие двигающаяся по полю тяжелая техника. В результате формируется так называемая «плужная подошва», которая плохо пропускает воду, сорбируя ее на своей поверхности. Воздух не проникает в этот слой, так как в ней нет пор, а поэтому и корневая система растений тоже в нем практически не распространяется, а локализуется в разрыхленном пахотном слое. Ограниченность распространения корневой системы растений, в связи со сформированной плужной подошвой, приводит к угнетению растений, особенно при воздушной засухе, что ведет к недобору урожая выращиваемых культур.

Высокая плотность почвы нижележащего слоя зависит также от отсутствия в выщелоченном черноземе структурообразователя – ионов кальция, которые вымыты в нижние слои. Такая плотность почвы указывает на ее слистость, обработка почвы сопровождается большими затратами энергии при

механическом воздействии на неё рабочими органами почвообрабатывающих машин, образующими глыбистость, которая слабо поддается разрыхлению. Очевидно, что описанные тенденции прослеживаются в фазу весеннего кущения и в полную спелость озимой пшеницы.

В фазу весеннего кущения плотность почвы существенно повышается и составляет в слоях 0–0,1 и 0,1–0,2 м соответственно от 1,21 до 1,25 и 1,29–1,32 г/см<sup>3</sup>.

В фазу полной спелости озимой пшеницы при возделывании её по гороху плотность почвы значительно увеличивается, что указывает на то, что данная почва слитая и склонна к уплотнению и переуплотнению.

Что касается предшественников, заслуживает внимания также общая тенденция к увеличению плотности пахотного слоя почвы под пропашными культурами, что объясняется продолжительным периодом вегетации, когда поверхность почвы остается открытой, а также значительным увеличением кратности проходов по полю машинно-тракторных агрегатов. Если слой почвы рыхлый, то грунтовые воды не смогут подтягиваться вверх, так как капилляры будут разрушены. В связи с этим влагосберегающими являются элементы минимальной обработки почвы, а в севообороте – система послойной обработки почвы.

Сопоставляя полученные данные, мы имеем возможность обосновать основные моменты минимализации обработки чернозема выщелоченного под основные полевые культуры. Использование отвального способа в качестве основной обработки предпочтительно проводить под пропашные культуры, вместе с тем целесообразно в отдельных случаях заменить его на менее ресурсозатратные безотвальные обработки.

Ресурсосберегающие системы обработки почвы, базирующиеся на чередовании отвальной и безотвальной обработок и безотвальном разноглубинном рыхлении, обеспечивают снижение энергетических затрат, себестоимости продукции, способствуют увеличению продукции в энергетическом

эквиваленте, окупаемости затрат и оптимальному коэффициенту энергетической эффективности.

В подобных условиях расширенное воспроизводство плодородия пахотных черноземов в интенсивном земледелии должно осуществляться прежде всего в направлении восстановления на поверхности (подобно почвам целины) богатого органическим веществом мульчирующего слоя, состоящего из растительных остатков различной степени гумификации.

Воспроизводство агрофизических параметров плодородия черноземов, как утверждает В.В. Медведев (1985), достигается при создании и поддержании оптимальных параметров структурного состава и плотности сложения при условии дифференциации последних по глубине корнеобитаемого слоя и их устойчивости во времени.

Есть все основания считать, что прием, отвечающий вышеизложенным требованиям к плотности сложения пахотного слоя черноземов, – это минимальная и прежде всего бесшумная минимальная обработка. Такая обработка, о чем свидетельствуют представленные данные, не только поддерживает высокую устойчивость почв к переуплотнению, но и обеспечивает восстановление оптимальных физических параметров пахотного слоя обрабатываемых черноземов.

В целом плотность сложения черноземных почв на фоне длительной минимальной обработки, как показали наши исследования, не выходит за пределы оптимального значения и по ряду параметров превосходит сложение в условиях вспашки, что делает глубокую механическую обработку в этих условиях излишней.

## **Глава 6. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

### **6.1. Оценка продуктивности зернопропашного севооборота в зависимости от применяемых технологий возделывания полевых культур**

Анализируя данные многолетнего стационарного опыта, представленные в таблице 15, а также в приложениях можно сделать заключение, что на формирование урожайности большее влияние оказывает способ обработки, нежели предшествующая культура. Максимальная урожайность культур севооборота получена на варианте отвальной обработки по предшественнику занятый пар при рекомендованной системе удобрений. Урожайность культур севооборота на варианте комбинированной и поверхностной обработки мало различается и соответственно составляет по предшественникам: занятый пар – 4,1 и 3,9 т/га, горох – 3,9 и 3,7, кукуруза на силос – 3,4 и 3,5 т/га. При мелкой обработке урожайность снижается: по занятому пару получено 3,6, по гороху – 3,5, по кукурузе на силос – 3,2 т/га.

Уровень питания также оказывает влияние на продуктивность севооборота. Установлено преимущество рекомендованной системы удобрений: выход кормовых единиц на варианте отвальной обработки 4,8 т/га, комбинированной – 4,4, поверхностной – 4,3, мелкой – 3,8 т/га, тогда как на варианте биологизированной системы (таблица 16) эти показатели, соответственно, 4,9; 4,3; 4,3 и 3,6 т/га. Заметны также различия по содержанию переваримого протеина: на варианте отвальной обработки сбор протеина составляет 0,52 т/га, комбинированной – 0,50, поверхностной – 0,48 и мелкой – 0,41 т/га, тогда как по биологизированной системе – соответственно 0,40; 0,43; 0,46 и 0,38 т/га.



Таблица 15 – Продуктивность зернопропашного севооборота 2000–2013 гг. при рекомендованной системе удобрений (данные многолетнего стационарного опыта опытной станции СтГАУ)

Культура	Обработка почвы											
	Отвальная, 20–22 см			Разноглубинная			Комбинированная, 20–22 см, 25–27 см			Мелкая, 8–10 см		
	Урожайность, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор протеина, т/га	Урожайность, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор протеина, т/га	Урожайность, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор протеина, т/га	Урожайность, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор протеина, т/га
Горох+овес з/к	26,1	4,4	1,1	23,6	4,0	0,96	31,1	5,3	1,31	19,4	3,3	0,79
Озимая пшеница	4,8	5,8	0,58	4,1	4,9	0,50	3,9	4,6	0,47	3,6	4,2	0,43
Озимый ячмень	4,6	5,2	0,37	4,3	4,9	0,35	4,2	4,7	0,34	3,4	3,8	0,27
Кукуруза на силос	39,7	7,9	0,56	38,1	7,6	0,53	37,2	7,4	0,52	35,6	7,1	0,49
Озимая пшеница	3,9	4,7	0,47	3,4	4,1	0,41	3,5	4,2	0,42	3,2	3,8	0,38
Горох	2,2	2,6	0,44	2,1	2,4	0,41	1,9	2,2	0,38	1,8	2,1	0,35
Озимая пшеница	4,3	5,2	0,52	3,9	4,7	0,47	3,7	4,4	0,44	3,5	4,2	0,42
Подсолнечник*	2,1	2,5	0,19	1,9	2,3	0,17	1,9	2,3	0,17	1,7	2,1	0,15
С 1 га:		4,8	0,52		4,4	0,48		4,4	0,50		3,8	0,41

Примечание: \*2003, 2004 гг. – яровой рапс, с 2010 г. – подсолнечник.

Таблица 16 – Продуктивность зернопропашного севооборота 2000–2013 гг. при биологизированной системе удобрений (данные многолетнего стационарного опыта опытной станции СтГАУ)

Культура	Обработка почвы											
	Отвальная, 20–22 см			Разноглубинная			Комбинированная, 20–22 см, 25–27 см			Мелкая, 8–10 см		
	Урожайность, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор протеина, т/га	Урожайность, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор протеина, т/га	Урожайность, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор протеина, т/га	Урожайность, т/га	Выход кормовых единиц, т/га	Сбор протеина, т/га
Горох+овес з/к	22,3	3,8	0,91	21,1	3,6	0,86	19,1	3,2	0,78	16,9	2,9	0,69
Озимая пшеница	4,4	5,2	0,52	3,9	4,7	0,48	3,9	4,7	0,47	3,4	4,1	0,41
Озимый ячмень	4,7	5,3	0,37	4,2	4,8	0,34	4,1	4,6	0,33	3,5	4,0	0,28
Кукуруза на силос	39,8	7,96	0,56	38,2	7,6	0,53	37,3	7,5	0,52	35,6	7,1	0,49
Озимая пшеница	3,7	4,4	0,44	3,4	4,1	0,41	3,4	4,1	0,41	3,0	3,6	0,36
Горох	2,5	2,9	0,48	2,4	2,8	0,47	2,3	2,6	0,44	1,9	2,3	0,38
Озимая пшеница	4,1	4,9	0,49	3,8	4,6	0,46	3,5	4,2	0,42	3,1	3,7	0,37
Подсолнечник*	1,8	2,2	0,16	2,2	2,6	0,20	1,6	1,9	0,14	1,5	1,8	0,13
С 1 га:		4,6	0,49		4,4	0,46		4,1	0,43		3,7	0,38

Примечание: \*с 2010 г. – подсолнечник.

Математическая обработка данных (таблица 17) показывает несущественные различия в урожайности между предшественниками пар занятый и горох, по сравнению с ними размещение озимой пшеницы по кукурузе на силос дает достоверное снижение урожайности при рекомендованной системе удобрений.

Таблица 17 – Влияние предшественников, основной обработки почвы и систем удобрений на выход кормовых единиц и урожайность озимой пшеницы и (2002–2013), т/га

Предшественник, А	Обработка почвы, В	Урожайность, т/га		Выход кормовых единиц, т/га	
		Система удобрений:			
		рекомен- дованная	биологизи- рованная	рекомен- дованная	биологизи- рованная
Пар занятый	Отвальная	4,8	4,4	5,8	5,2
	Поверхностная	4,1	3,9	4,9	4,7
	Комбинированная	3,9	3,9	4,6	4,7
	Мелкая	3,6	3,4	4,2	4,1
Горох	Отвальная	4,3	4,1	5,2	4,9
	Поверхностная	3,9	3,8	4,7	4,6
	Комбинированная	3,7	3,5	4,4	4,2
	Мелкая	3,5	3,1	4,2	3,7
Кукуруза на силос	Отвальная	3,9	3,7	4,7	4,4
	Поверхностная	3,4	3,4	4,1	4,1
	Комбинированная	3,5	3,4	4,2	4,1
	Мелкая	3,2	3,0	3,8	3,6
НСР <sub>05</sub> , по опыту	АФф<F05 0,07:6,61	1,08	1,00	1,36	1,67
НСР <sub>05</sub> , А	ВФф>F05 65,1:5,41	0,54	0,50	0,68	0,84
НСР <sub>05</sub> , В		0,62	0,58	0,79	0,97
Sx,%		1,02	0,99	1,08	1,99

На варианте с биологизированной системой удобрений достоверных различий в урожайности озимой пшеницы, возделываемой по изучаемым предшественникам, не выявлено. Что касается изучаемых способов и приемов обработки почвы, то можно констатировать преимущество отвального способа обработки перед мелкой и поверхностной обработкой. Между комбинированным способом, поверхностной и мелкой обработкой существенных

различий не выявлено. Аналогичная тенденция прослеживается и по выходу кормовых единиц.

**Обработка данных методом ковариационного анализа доказывает, что разности между средними значениями по вариантам существенны на 5%-ном уровне значимости по вариантам способов обработки почвы.**

Также математически доказано, что между предшественниками разница несущественна, так как  $F_{05}=6,61$ , а  $F_{\phi}=0,074$ ;  $F_{\phi} < F_{05}$ , то есть все изучаемые предшественники способствуют получению высокой урожайности озимой пшеницы.

Следовательно, в зоне умеренного увлажнения Центрального Предкавказья наибольший выход зерновых и кормовых единиц, а также переваримого протеина обеспечивает возделывание озимой пшеницы по предшественникам занятый пар и горох с применением в качестве основного способа обработки отвального и безотвального.

## **6.2. Качество сельскохозяйственной продукции**

Исследования качества зерна озимой пшеницы проводили после уборки урожая. Полученные данные (таблица 21) показывают, что наилучшая характеристика стекловидности – в зерне озимой пшеницы, возделываемой по пару занятому: на варианте с отвальным способом стекловидность 68,7%, комбинированной обработкой – 55,3, поверхностной – 54,9, мелкой – 54%. По этой же предшествующей культуре сравнительно выше масса 1000 зёрен – 40,6...36,8 г и натура – 742...788 г/л. Необходимо отметить, что чётких различий по влиянию предшественников на качество урожая не выявлено, в большей степени заметны различия в показателях качества по способам основной обработки почвы. Так, например, на варианте отвального способа обработки по пару занятому количество клейковины составляет 28,3%, по гороху – 27,9, а кукурузе на силос –

27,8%. Среди способов основной обработки почвы преимущество сохраняется за отвальной и комбинированным способами, по которым качество клейковины зерна во все годы исследований соответствовало первой группе.

Таблица 21 – Качество зерна озимой пшеницы (2000–2013 гг.)

Предшеств- венник	Обработка почвы	Масса 1000 зёрен, г	Натура, г/л	Стекловид- ность, %	Количество клейковины, %
Кукуруза на силос	Отвальная	35,9	766	56,9	27,8
	Поверхностная	34,4	727	55,3	25,5
	Комбинированная	35,5	753	53,3	27,2
	Мелкая	34,8	739	51,8	24,9
Горох на зерно	Отвальная	39,4	773	57,2	27,9
	Поверхностная	35,9	743	55,7	26,3
	Комбинированная	39,1	744	54,8	27,5
	Мелкая	36,1	734	53,7	25,1
Пар занятой	Отвальная	40,6	788	58,7	28,3
	Поверхностная	37,8	757	54,9	26,6
	Комбинированная	40,5	762	55,3	27,9
	Мелкая	36,8	742	54,0	25,9

Как известно, существенное влияние на качественные показатели урожая оказывают болезни растений. Их воздействие зависит от масштабов поражения и повреждения растений, сроков появления и биологической устойчивости растений озимой пшеницы.

Так, корневые гнили влияют на все элементы урожая, но особенно на массу 1000 зёрен, число зёрен в колосе, а поражение бурой ржавчиной, септориозом и мучнистой росой вызывает резкое снижение интенсивности фотосинтеза и уменьшение накопления ассимилятов, что ухудшает усло-

вия налива зерна и отрицательно влияет на массу 1000 зёрен и урожайность.

Масса зерновок зависит от санитарного состояния верхних листьев и колоса в период цветения и созревания, поскольку это влияет на продолжительность работы ассимиляционного аппарата и количество новых ассимилятов, идущих на формирование зерна, а они сильно страдают при повреждении пшеничным трипсом, хлебной пьявицей и злаковыми тлями.

Таким образом, возделывание озимой пшеницы по занятому пару и гороху с отвальной обработкой в качестве основной обработки почвы обеспечивает получение максимальной прибавки урожая и зерна хорошего качества, а использование поверхностной обработки, напротив, ухудшает качество зерна и снижает возможную величину урожая.

Управление формированием элементов урожая с применением методов агробиологического контроля является важнейшей составляющей технологии возделывания озимой пшеницы на современном этапе.

## **Глава 7. СВЯЗЬ С ПРОИЗВОДСТВОМ. СЕВООБОРОТ КАК ФАКТОР БИОЛОГИЗАЦИИ В ВОСПРОИЗВОДСТВЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Одним из самых мощных факторов в земледелии является научно обоснованный севооборот, который позволяет наиболее эффективно использовать потенциальное плодородие почвы, существенно повысить биоклиматический потенциал полей, сохранить плодородие почвы, обуславливает получение в большом количестве производимой продукции.

### **7.1. Влияние предшественников на запас продуктивной влаги**

Исследования проводились на черноземах обыкновенных в 2010–2012 гг., в различные фазы роста, развития озимой пшеницы и в период подготовки почвы под посев озимой пшеницы. Влажность почвы является одним из основных факторов плодородия. Под влажностью понимают количественное содержание воды в почве. Одним из наиболее важных показателей является запас продуктивной влаги в пахотном и метровом слоях (таблица 22).

Таблица 22 – Запас продуктивной влаги в почве в посевах озимой пшеницы перед севом озимой пшеницы, мм

Предшественник	Слой, м	
	0–0,2	0–1,0
Чёрный пар	30,3	118,9
Горох + овёс	21,2	100,3
Эспарцет на сено	17,6	95,3
Эспарцет (сидерат)	15,6	88,4
Кукуруза н/с	16,8	104,4
Горох на зерно	16,6	92,9
Соя на зерно	15,1	91,2
Подсолнечник	9,3	82,7

Наибольший запас продуктивной влаги отмечается по чёрному пару и составляет 30,3 мм, что на 9,1 больше, чем по занятому пару и выше, чем по остальным предшественникам. Наиболее низкий запас продуктивно влаги отмечается по подсолнечнику и составляет 9,3 мм, что в 3,3 раза меньше, чем по чёрному пару, в 2,3 раза – чем по занятому пару и в 1,8–1,6 раза – чем по остальным предшественникам.

Что касается запаса продуктивной влаги в метровом слое, то наибольшее ее количество отмечается по чёрному, занятому парам, а также по эспарцету на сено, гороху на зерно и сое на зерно и соответственно составляет 118,9; 100,3; 95,3; 92,7 и 91,2 мм соответственно. Наименьший запас продуктивной влаги отмечается по подсолнечнику – 82,7 мм. Наиболее благоприятные условия складываются по чёрному и занятому парам.

В фазу весеннего кущения озимой пшеницы наибольший запас продуктивной влаги в 0,2-метровом слое отмечается по чёрному и занятому парам и составляет 20,6 и 19,4% соответственно, несколько меньший запас продуктивной влаги по предшественникам эспарцет на сено, горох на зерно, соя на зерно, и составляет 16,8; 12,7 и 12,3% соответственно (таблица 23).

Таблица 23 – Запас продуктивной влаги в почве в посевах озимой пшеницы в фазу весеннего кущения озимой пшеницы, мм

Предшественник	Слой, м	
	0–0,2	0–1,0
Чёрный пар	20,6	100,4
Горох + овёс	19,4	98,6
Эспарцет на сено	16,8	93,9
Эспарцет (сидерат)	12,7	70,5
Кукуруза н/с	12,3	70,4
Горох на зерно	16,6	90,5
Соя на зерно	16,2	86,9
Подсолнечник	11,8	69,1



Что касается метрового слоя, то там прослеживается та же тенденция. Наибольшие значения отмечаются по парам – 100,4 и 98,6 мм соответственно. Также необходимо отметить такие предшественники, как эспарцет на сено, горох на зерно и соя на зерно.

В фазу полной спелости запас продуктивной влаги по чёрному пару составляет 15,2 мм, по занятому пару 14,4 мм, по эспарцету на сено, гороху на зерно и сое на зерно колеблется от 13,0 до 13,8 мм. Наибольший запас продуктивной влаги в слое 0–0,2 м отмечается по чёрному пару, несмотря на то что по сравнению с её запасом в фазу цветения он уменьшился почти вдвое. В метровом слое запас продуктивной влаги колеблется от 42,0 до 68,4 мм. Наименьшее значение отмечается по подсолнечнику (таблица 24).

Таблица 24 – Запас продуктивной влаги в почве в посеве озимой пшеницы в фазу полной спелости озимой пшеницы, мм

Предшественник	Слой, м	
	0–0,2	0–1,0
Чёрный пар	15,2	68,4
Горох+овёс	14,4	67,2
Эспарцет	13,8	61,6
Эспарцет (сидерат)	10,0	53,0
Кукуруза н/с	9,8	53,7
Горох на зерно	13,4	60,0
Соя на зерно	13,0	59,1
Подсолнечник	7,2	42,0

## 7.2. Роль сельскохозяйственных культур в оптимизации агрофизических показателей почвенного плодородия

Содержание агрономически ценных агрегатов по всем предшественникам в период подготовки почвы под сев озимой пшеницы колеблется от 72,5 до 79,8%, что свидетельствует о благоприятном строении пахотного слоя. Наибольшее значение отмечается по эспарцету на сено (таблица 25).

Количество водопрочных агрегатов, соответствующее отличной водопрочности структуры, отмечается по таким предшественникам, как чёрный пар, эспарцет на сено, эспарцет на сидерат, горох на зерно и соя (более 70%). Количество водопрочных агрегатов, соответствующее хорошей водопрочности структуры, отмечается по занятому пару (горох + овёс) и подсолнечнику и колеблется в пределах 55–70%, а самое низкое содержание водопрочных агрегатов отмечается по кукурузе на силос – 45,8%, что соответствует неудовлетворительной водопрочности структуры. Коэффициент структурности колеблется в пределах от 2,6–3,9.

Таблица 25 – Структура пахотного слоя в период подготовки почвы под посев озимой пшеницы (сентябрь 2010)

Культура	Размеры агрегатов, %			Водопрочность, %	Коэффициент структурности
	< 10	0,25–10	> 0,25		
Чёрный пар	23,5	75,3	3,2	71,5	2,8
Горох + овёс	21,6	74,8	3,6	76,3	3,0
Эспарцет на сено	17,3	79,8	2,9	78,7	3,9
Эспарцет на сидерат	24,1	75,0	0,9	81,2	3,0
Кукуруза на силос	27,1	72,5	0,4	55,8	2,6
Горох на зерно	20,3	78,5	1,2	83,9	3,6
Соя на зерно	21,8	76,2	2,0	80,2	3,2
Подсолнечник	20,9	76,5	2,6	66,9	3,2

Из приведённых выше данных видно, что на момент подготовки почвы под посев озимой пшеницы наиболее благоприятные условия складываются

по таким предшественникам, как чёрный пар, эспарцет на сено и сидерат, горох на зерно и соя.

Наибольшая плотность по всем предшественникам севооборота отмечается в слое 10–20 см. В фазу кущения количество агрономически ценных агрегатов колеблется от 65,0 до 76,0%. Наибольшее количество отмечается по эспарцету на сено и составляет 76,0% (таблица 26). Также необходимо отметить, что высокие показатели имеют такие предшественники озимой пшеницы, как чёрный пар – 71,6% и подсолнечник – 72,0%. По этим же предшественникам и наибольшие коэффициенты структурности: по эспарцету на сено – 3,1, а по чёрному пару и подсолнечнику – 2,5 и 2,7 соответственно.

Таблица 26 – Структура пахотного слоя почвы в посеве озимой пшеницы в фазу кущения

Предшественник	Размеры агрегатов, %			Водопрочность, %	Коэффициент структурности
	< 10	0,25–10	> 0,25		
Чёрный пар	27,4	71,6	1,0	59,2	2,5
Горох +овёс	32,0	67,0	1,0	67,5	1,7
Эспарцет на сено	23,0	76,0	1,0	67,7	3,1
Эспарцет на сидерат	24,2	72,0	3,8	64,5	2,6
Кукуруза на силос	28,0	70,4	1,6	47,7	2,4
Горох на зерно	33,6	65,8	10,6	63,3	1,4
Соя на зерно	32,0	65,0	3,0	61,7	1,8
Подсолнечник	25	72,0	1,0	44,2	2,7

Количество водопрочных агрегатов почти по всем предшественникам соответствует хорошей водопрочности структуры и колеблется от 59,2 до 67,7%. По кукурузе на силос и подсолнечнику количество водопрочных агрегатов составляет 47,7 и 44,2%, что соответствует удовлетворительной водопрочности структуры.

В фазу цветения количество агрономически ценных агрегатов колеблется от 54,6 до 76,7%, что свидетельствует о вполне удовлетворительном

состоянии строения пахотного слоя (таблица 27). Наибольшее количество отмечается по кукурузе на силос и составляет 76,7%.

По всем предшественникам количество водопрочных агрегатов соответствует отличной водопрочности структуры и колеблется от 71,6 до 93,9%. Наибольший коэффициент структурности (2,6) отмечается по кукурузе на силос.

Таблица 27 – Структура пахотного слоя почвы в посеве озимой пшеницы в фазу цветения

Предшественник	Размеры агрегатов, %			Водопрочность, %	Коэффициент структурности
	< 10	0,25–10	> 0,25		
Чёрный пар	42,3	54,6	3,1	79,4	1,2
Горох +овёс	34,3	64,7	0,9	85,7	1,8
Эспарцет на сено	41,0	56,1	2,9	84,8	1,3
Эспарцет на сидерат	49,1	59,3	2,6	88,3	0,9
Кукуруза на силос	22,2	76,7	1,1	71,6	2,6
Горох на зерно	56,3	60,8	2,9	89,0	0,7
Соя на зерно	35,8	63,2	1,0	93,9	1,7
Подсолнечник	30,7	64,5	4,8	74,1	0,5

В фазу полной спелости наибольшее количество агрономически ценных агрегатов отмечается по эспарцету на сидерат в качестве предшественника и составляет 62,3% (таблица 28). По чёрному пару, занятому пару, эспарцету на сено, кукурузе на силос и подсолнечнику содержание водопрочных агрегатов колеблется от 55,0 до 67,7%, что соответствует хорошей водопрочности структуры, по эспарцету на сидерат, гороху на зерно и сое на зерно содержание водопрочных агрегатов соответствует отличной водопрочности структуры и составляет 78,1; 76,9 и 73,9% соответственно. Наибольший коэффициент структурности (2,6) отмечается по подсолнечнику.

Таблица 28 – Структура пахотного слоя почвы в посевах озимой пшеницы в фазу полной спелости

Предшественник	Размеры агрегатов, %			Водопрочность, %	Коэффициент структурности
	< 10	0,25 – 10	> 0,25		
Чёрный пар	39,1	56,4	4,5	55,0	1,3
Горох +овёс	38,1	59,1	2,8	65,9	1,4
Эспарцет на сено	52,0	61,5	6,5	67,7	0,7
Эспарцет на сидерат	46,7	62,3	1,0	78,1	1,1
Кукуруза на силос	35,4	58,1	6,5	62,2	1,4
Горох на зерно	37,4	61,4	1,2	76,9	1,6
Соя на зерно	49,1	60,8	10,1	73,9	0,7
Подсолнечник	23,5	61,7	4,8	64,5	2,6

Таким образом, проведённые исследования указывают на то, что предшественник оказывает существенное влияние на агрофизические факторы плодородия почвы. Наиболее благоприятное влияние оказывает занятый пар (горох+овёс на сено), эспарцет на сено и сидерат, горох на зерно. Что касается пропашных предшественников, то они менее благоприятны для озимой пшеницы, чем бобовые предшественники.

### **7.3. Фитосанитарная обстановка в посевах озимой пшеницы, возделываемой по различным предшественникам**

#### **7.3.1. Засоренность почвы семенами сорняков и посевов озимой пшеницы сорными растениями**

При разработке соответствующей системы борьбы с сорняками необходимо, наряду с показателями засоренности посевов, располагать данными о потенциальной засоренности почвы. Действительное наличие семян сорняков в почве определяют таким отношением, как очищение почвы от их запасов к возможности их пополнения. Периодические учеты количественного и видового состава семян сорняков позволяют разрабатывать мероприятия, ускоряющие очищение почвы от них и уменьшающие их новое поступление.

Пахотный слой почвы на обрабатываемых землях всегда насыщен семенами сорных растений. Высокая засоренность почвы — это результат неправильной обработки почвы, несвоевременного ухода за посевами и других факторов.

Совершенствование мероприятий по борьбе с сорной растительностью в посевах озимой пшеницы обуславливает необходимость изучения потенциальной засорённости почвы семенами сорных растений и влияния на неё предшественников и способов основной обработки почвы. Для этого нами определялся запас семян сорняков в почве по всем вариантам опыта.

Проведенные учёты наличия семян сорняков в различных слоях почвы перед посевом озимой пшеницы показывают различное их содержание в зависимости от предшествующей культуры. По всем вариантам отмечено, что возрастает засоренность верхнего 0–10 см слоя почвы по сравнению со слоями 10–20, 20–30 см (таблица 29).

Таблица 29 – Потенциальная засоренность почвы перед посевом озимой пшеницы, 2010 г.

Предшественник	Слой почвы, см	Запас семян, млн шт./га
Пар чистый	0–10	8,2
	10–20	6,9
	20–30	2,1
Горох + овес на зеленый корм	0–10	30,2
	10–20	12,2
	20–30	5,9
Эспарцет на сено	0–10	32,3
	10–20	14,3
	20–30	6,6
Эспарцет на сидерат	0–10	39,8
	10–20	16,5
	20–30	7,1
Кукуруза на силос	0–10	86,3
	10–20	22,1
	20–30	9,7
Горох на зерно	0–10	45,1
	10–20	17,1
	20–30	7,4

Окончание таблицы 29

Соя на зерно	0–10	48,2
	10–20	19,1
	20–30	8,2
Подсолнечник на маслосемена	0–10	64,9
	10–20	26,3
	20–30	13,7

В процессе проведенных исследований выявлено, что потенциальная засоренность почвы семенами сорняков находится в прямой зависимости от фактической засоренности предшествующей культуры. Наименьший запас семян сорняков в почве наблюдается по предшественнику пар чистый – в слое 0–10 см насчитывалось 8,2 млн шт./га. По бонитировочной шкале, определяющей степень засоренности почвы семенами сорняков, она характеризуется как слабая.

Ранняя уборка парозанимающих культур гороха с овсом на зеленый корм, эспарцета на сидерат и сено позволяет снизить поступление семян в верхний слой почвы по сравнению с другими предшественниками, но в сравнении с паром чистым она возрастает практически в пять раз, хотя в сравнении с остальными изучаемыми показателями запас семян сорняков здесь минимальный. Это связано с тем, что семена большинства сорных растений не успевают обсемениться к уборке данных культур, лишь некоторые виды формируют семена, которые и попадают на поверхность почвы. Степень засоренности характеризуется как средняя.

Фактическая засоренность пропашных культур – подсолнечника и кукурузы на силос – достаточно высока, что связано с появлением второй волны засоренности, в связи с чем в почву поступило значительно большее количество семян сорных растений. После кукурузы на силос их потенциальный запас возрастает до 86,3 млн шт./га, а после подсолнечника – до 64,9 млн шт./га, и степень засоренности характеризуется как высокая..

В нижележащих слоях почвы запас семян сорняков за вегетацию культур уменьшается скорее всего за счет их минерализации как органического вещества почвы, за счет естественной гибели, поедания почвенной фауной, а

также в силу того, что обработка почвы проводится на глубину до 20 см. Определенной закономерности в данном процессе в зависимости от предшественников не прослеживается.

Таким образом, предшественники оказывают регулирующее воздействие на засоренность как обрабатываемого слоя почвы, так и подпахотного. В целом в слое почвы 0–30 см отмечена наименьшая потенциальная засоренность. Выявленная закономерность позволяет акцентировать внимание на усилении защитных мероприятий против сорной растительности при возделывании пропашных культур, чтобы снизить попадание семян сорняков в почву.

В посевах озимой пшеницы засоренность существенно снижается в сравнении с проведенными учетами в посевах предшествующих культур, что свидетельствует о высокой конкурентной способности озимой пшеницы, вместе с тем наблюдается зависимость ее от предшествующей культуры.

Засоренность посевов озимой пшеницы, возделываемой по пару чистому, минимальная и составляет 3 экземпляра на метре квадратном при массе 4,1 г, то есть находится на уровне фитоценотического порога вредоносности. Несколько больше она по пару занятому и эспарцету – 9 штук при массе 8,4 г/м<sup>2</sup> (таблица 30).

Таблица 30 – Засоренность посевов озимой пшеницы (фаза кущения), шт./ м<sup>2</sup> / г./ м<sup>2</sup>

Культура	Повторность			Средний уровень
	1	2	3	
Пар чистый	5/7,2*	3/4,3	1/3,1	3/4,1
Подсолнечник	15/11,2	16/10,9	12/8,1	14/10,1
Эспарцет на сено	10/8,9	11/9,3	9/7,2	9/8,4
Эспарцет на сидерат	11/7,1	10/7,5	12/9,1	11/7,9
Кукуруза на силос	17/12,5	16/9,8	14/8,5	16/10,2
Горох+овес з/к	9/8,6	8/7,3	11/9,2	9/8,4
Горох	16/11,4	14/8,2	13/8,4	14/9,3
Соя на зерно	19/13,9	9/6,0	12/8,2	13/9,4

\* Примечание: в числителе указано количество сорняков, в знаменателе – масса.



Далее уровень засоренности увеличивается от 11 штук при 7,9 г на квадратном метре по эспарцету на сидеральные удобрения до 14 экземпляров при массе 9,3 г по гороху и 13 шт. и 9,4 г – по сое. Возделывание озимой пшеницы по пропашным предшественникам подсолнечнику и кукурузе на силос увеличивает засоренность в 2–3 раза в сравнении с паровыми предшественниками. Связано это с тем, что посеы пропашных и зернобобовых культур были в большей степени засорены и многие виды сорных растений осеменялись до уборки культуры, попали в почву и проросли на следующий год. Наиболее распространенные виды – коровяк обыкновенный (*Verbascum thapsus L.*), мачок рогатый (*Glaucium corniculatum L.*), вероника плющелистная (*Veronica hederifolia L.*), подмаренник цепкий (*Galium aparine L.*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis L.*).

В последующие фазы вегетации посеы были чистыми от сорных растений.

#### **7.4. Влияние предшественников на распространение и степень развития септориоза озимой пшеницы**

На Юге России повсеместное развитие получили такие болезни озимой пшеницы, как пятнистости листьев, которые в условиях изменяющихся агрометеорологических условий приобретают всё большую значимость. По данным П.Д. Стамо (2008), в 2007 г. распространение и вредоносность септориоза отмечалась на 75,6% посевов озимых культур. В 2008 г. площадь заражения составила 52%, септориоз снижает урожайность до 40%, при этом значительно ухудшается и качество зерна.

Севооборот является важнейшим средством борьбы с болезнями, особенно с теми из них, инфекционные начала которых сохраняются в почве или на растительных остатках. Конструирование севооборотов с задействованием механизмов саморегуляции фитосанитарного состояния эффективно как против почвенных, так и наземно-воздушных или листостеблевых вредных организмов.

**Септориоз пшеницы.** Возбудители – в основном грибы *Septoria nodorum* Berk. S. *Triticici* Ret D. Болезнь поражает все надземные органы растений, в том числе колос и зерно в нем. На пораженных органах образуются светлые желтые, бурые или коричневые пятна с темным ободком и без него, на которых формируются мелкие черные пикниды с пикноспорами. Листья засыхают, стебли буреют и часто перегибаются, зерно становится щуплым.

Пикноспоры прорастают в каплях влаги при температуре 9...28°C. Гриб зимует в форме пикнид и мицелия на растительных остатках, в семенах, на посевах озимых, падалице, сорняках (овсяница, мятлик и другие).

Заболевание широко распространенное и вредоносное. При поражении пшеницы септориозом уменьшается ассимиляционная поверхность листьев, отмечается недоразвитость колоса. Потери урожая при умеренном развитии болезни могут составлять 10–15%, при эпифитотийном 30–50%.

Оценку степени развития септориоза на растениях проводили путем учета площади поражения листьев, занятой септориозными пятнами, с использованием стандартной шкалы, пораженность учитывали в процентах.

К фазе восковой спелости озимой пшеницы распространение септориоза в верхнем ярусе листьев не превышает 25% после таких предшественников, как чистый и занятый пар, соя, подсолнечник.

В посевах после бобовых предшественников гороха, эспарцета на сено и сидерат септориозом охвачено более значительное число растений, распространенность колеблется от 26,7% после эспарцета на сено до 31,0% после заделки этой культуры на сидерат. После кукурузы на силос распространение септориоза составляет 47,% и является максимальным, здесь же установлена и наиболее высокая интенсивность развития болезни по сравнению с другими предшественниками, которая составляет 3,6% (таблица 31).

Таблица 31 – Влияние предшественников на распространение и степень развития септориоза на озимой пшенице

Предшественник	Септориоз верхнего яруса листьев	
	распространенность, %	степень развития болезни, %
Пар чистый	25,0	0,7
Пар занятый (горох+овес на зеленый корм)	24,5	1,5
Эспарцет на сено	26,7	1,6
Эспарцет на сидерат	31,0	2,0
Кукуруза на силос	47,0	3,6
Горох	28,3	2,1
Соя	25,0	1,9
Подсолнечник	22,0	1,4

После чистого пара на листьях отмечены единичные пятна, установлена степень развития 0,7%. После предшественников сои, гороха и эспарцета на сидерат различия по степени развития септориоза незначительны и колеблются в пределах 1,9–2,1%. Надо отметить, что после подсолнечника, который относят к неудовлетворительным предшественникам, инфекция развивается на озимой пшенице менее интенсивно, степень развития составляет 1,4% и близка к показателю после занятого пара.

Таким образом, в посевах озимой пшеницы после изученных предшественников степень развития септориоза отмечена в виде единичных или незначительного количества пятен и находится в пределах 0,7–3,6% в зависимости от предшественников.

### **7.5. Поступление растительных остатков в почву после различных предшественников**

Биохимические круговороты веществ в естественных экосистемах и агроценозах различны. В естественных – они близки к замкнутому типу и представляют собой управляемый сложившимся биоценозом механизм улавливания, аккумуляции, перераспределения и потребления энергии организмами и почвами. В этих условиях почвы удерживают колоссальное количество потенциальной энергии, равное ее содержанию в биомассе, и накапливают запасы питательных веществ на многие поколения растений. Практически вся биологическая продукция остается, разлагается и минерализуется на поверхности и внутри почвы. Лишь небольшая ее часть в виде органо-минеральных соединений уходит вместе с водными и воздушными потоками и включается в геологический круговорот планеты.

Сельскохозяйственное производство коренным образом меняет механизм функционирования природных экосистем. Прежде всего, отчуждается до 80% всей биологической продукции в качестве продовольствия, фуража, топлива или органического сырья. Это приводит к разомкнутости круговорота химических элементов, вовлеченных в цикл, и к изменению баланса энергии в экосистеме. Поэтому возникает постепенное обеднение почвенного покрова запасами потенциальной энергии и важными элементами минерального питания.

Почвы Ставропольского края по запасам перегноя и важнейших элементов питания растений способны в течение столетий обеспечить урожаи сельскохозяйственных культур, даже без внесения удобрений. В этом случае шла бы неуклонная убыль почвенного плодородия вплоть до полной деградации почв и потери способности производить урожай. Рост урожаев при этом исключается, так как он возможен лишь на фоне повышения плодородия почв. Поэтому необходимо вести сельскохозяйственное производство,

обеспечивающее систематическое возвращение в почву, по крайней мере, того количества элементов, которое выносится с урожаем.

Количество и качество растительного материала, поступающего в почву, влияют на ее агрономические свойства и фитосанитарную ситуацию. Масса растительных остатков, остающихся на поле после уборки, зависит от культуры, условий, технологии возделывания и других показателей.

Исследования, проведенные в опыте по количеству оставляемых растительных остатков предшественников, подтверждают регулируемую роль предшественника в этом отношении.

Учеты проводились весной, в фазу кущения озимой пшеницы. Для корректной интерпретации данных по слоям почвы необходимо подчеркнуть, что основная обработка почвы после всех предшественников проводилась на глубину 10–12 см тяжелой дисковой бороной.

В верхнем слое почвы содержание пожнивных и корневых остатков, поступивших в почву после эспарцета на сидерат, максимальное – 27,8 ц/га, после эспарцета на сено их масса уступает предыдущему показателю на 6,1 ц/га (рисунок 49).

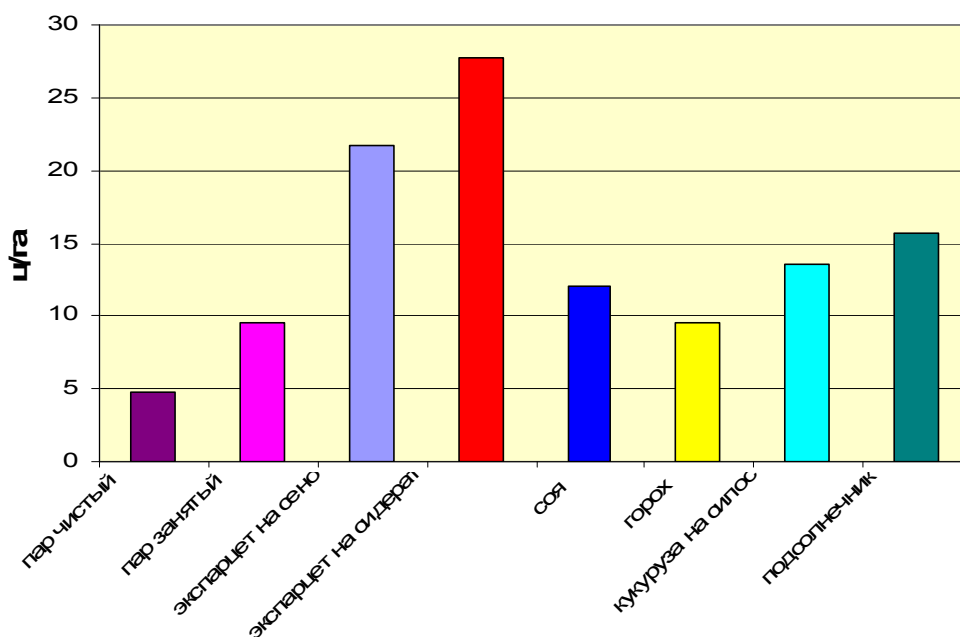


Рисунок 49 – Масса растительных остатков предшественников в фазу кущения озимой пшеницы в слое почвы 0–10 см, (ц/га)

После однолетних бобовых культур количество неразложившихся растительных остатков значительно ниже, к этому времени после сои их масса составляет 12,1 ц/га, а после гороха – 9,6 ц/га.

Масса корневых и надземных растительных остатков пропашных предшественников подсолнечника и кукурузы на силос находится в пределах 15,7 и 13,5 ц/га соответственно культурам.

Пар чистый значительно уступает по этому показателю остальным предшественникам, в верхнем слое содержится 4,8 ц/га неразложившейся органической массы.

Как показывают учеты, с увеличением глубины количество растительных остатков снижается на 30–60%, но четко прослеживается закономерность по предшественникам, установленная в верхнем слое почвы (рисунок 50). Данный факт объясняется тем, что при мелкой обработке почвы под озимую пшеницу в слой почвы 0–10 см попадают стерневые и корневые остатки, в слой 10–20 см – корневые и частично стерневые остатки, а в слой 20–30 см – только корневые остатки.

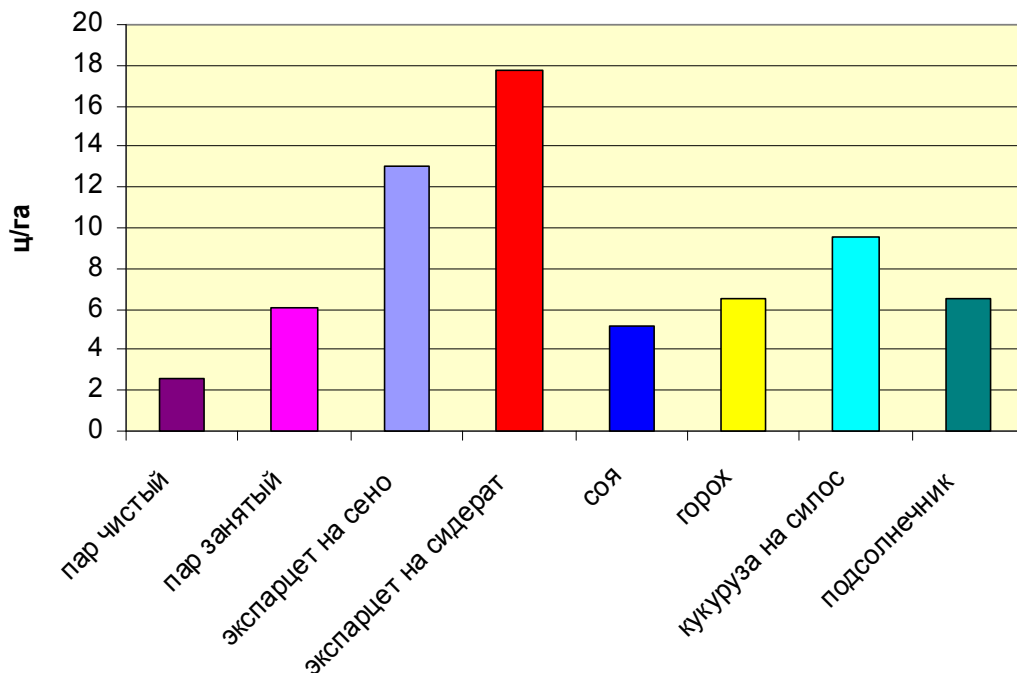


Рисунок 50 – Масса растительных остатков предшественников в фазу кущения озимой пшеницы в слое почвы 10–20 см, (ц/га)

Масса растительных остатков после эспарцета на сидерат и на сено снизилась на 40,1 и 36,0% соответственно, после сои – на 57,0%, после подсолнечника – на 58,6%.

При увеличении глубины почвы до 20–30 см содержание растительных остатков по сравнению с вышерасположенными слоями почвы продолжает снижаться, но темпы его снижения менее значительные, чем в предыдущем случае (рисунок 51). Масса растительных остатков после подсолнечника снизилась всего на 20%, в то же время после кукурузы на силос – на 50%, а после чистого пара с глубиной увеличивается масса растительных остатков на 34,6%, скорее всего, это обусловлено снижением темпов минерализации.

В жизни почвы – её генезисе и развитии плодородия – огромная роль принадлежит не только гумусовым веществам, но и неразложившимся органическим остаткам и промежуточным низкомолекулярным соединениям. Органические остатки содержат значительное количество элементов питания (азот, фосфор, калий, серу, магний, микроэлементы), освобождающихся при минерализации и используемых растениями и микроорганизмами. Органические остатки также являются источником углекислого газа для растений.

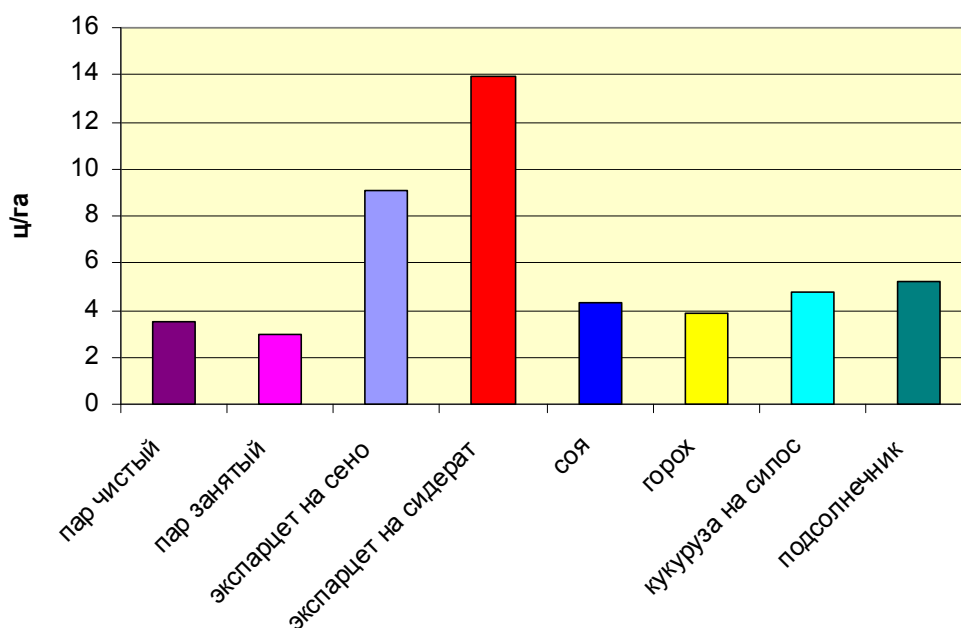


Рисунок 51 – Масса растительных остатков предшественников в фазу кущения озимой пшеницы в слое почвы 20–30 см, (ц/га)

Суммарно в почве в слое 0–30 см содержание корневых и пожнивных растительных остатков после эспарцета, используемого на сидерат как зеленое удобрение, к фазе кущения в почве содержалось 59,5 ц/га растительных остатков (рисунок 52).

После эспарцета на сено содержание органических остатков в почву снизилось на 26,4% и составило 43,8 ц/га. Результаты проведенных опытов подтверждают тот факт, что многолетние травы являются признанными лидерами по накоплению органического вещества в почве.

Еще древние римляне называли люцерну, клевер, эспарцет и вику «улучшающими» культурами. Некоторые виды растений могут поддерживать целые ассоциации грибов-микоризообразователей, способствующих мобилизации труднодоступных питательных веществ.

Минимальное количество органических остатков в почве содержалось после чистого пара, их масса составляет 10,9 ц/га.

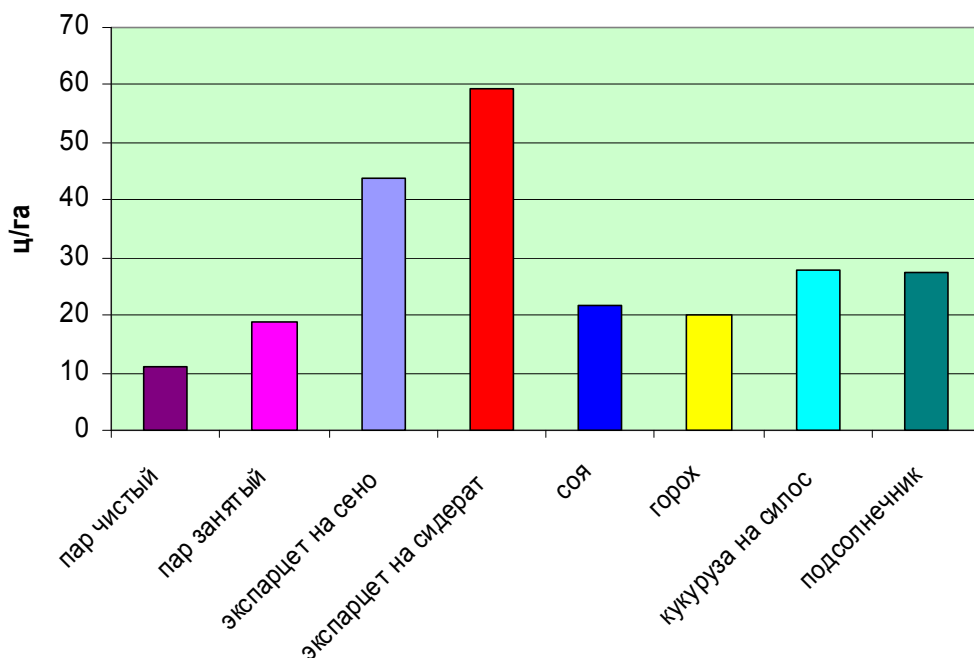


Рисунок 52 – Масса растительных остатков предшественников в фазу кущения озимой пшеницы в слое почвы 0–30 см, (ц/га)



Разницы по содержанию органических остатков в почве после предшественников подсолнечника и кукуруза на силос не установлено: 27,4 и 27,9 ц/га соответственно.

После зернобобовых предшественников – сои, гороха и пара занятого (горох+овес на зеленый корм) – масса растительных остатков колеблется в пределах 18,7 и 21,6 ц/га и мало различается по культурам.

Таким образом, при использовании на сидеральное удобрение эспарцета в слое почвы 0–30 см к фазе кущения озимой пшеницы сохраняется до 59,5 ц/га растительных остатков, которые в процессе минерализации будут источником питательных веществ для культуры. Эспарцет на сено уступает по этому показателю на 26,8%.

После чистого пара содержание растительных остатков на 81,7% ниже, чем после эспарцета на сидерат, что свидетельствует о высоких темпах минерализации растительных остатков в поле чистого пара.

### **7.6. Целлюлозолитическая активность почвы**

Сельскохозяйственная культура в некоторой степени определяет физические параметры почвы, а также количество и качество поступающих растительных остатков, разлагаемых микроорганизмами и являющихся источниками формирования органического вещества почвы.

Направленность почвенных процессов может быть охарактеризована таким показателем, как интенсивность разложения целлюлозы.

Тканевые образцы мы закладывали в фазу весеннего кущения и перед уборкой извлекали, именно за этот период интенсивность деятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов наиболее активна. В результате проведенных исследований выявлено, что после пара чистого интенсивность разложения целлюлоза самая низкая и составляет по слоям 01–10, 10–20, 20–30 см соответственно 32; 24 и 12%. Связано это с тем, что в период парования минерализация органического вещества происходит достаточно быстро,

и к моменту вегетации озимой пшеницы источник питания для микроорганизмов отсутствует, это является одним из недостатков чистого пара, выступающего в качестве предшественника (таблица 32).

Таблица 32 – Интенсивность разложения целлюлозы

Культура	Степень разложения волокна, %		
	Слой почвы, см		
	0–10	10–20	20–30
Пар чистый	32	24	12
Горох+овес	54	46	24
Эспарцет на сено	44	42	36
Эспарцет на сидерат	60	42	28
Кукуруза на силос	44	28	24
Горох на зерно	60	42	34
Соя на зерно	60	48	46
Подсолнечник	36	34	20

Последствие таких культур, как горох+овес на зеленый корм, эспарцет на сено и сидерат, горох на зерно заключается в том, что растительные остатки этих предшественников обладают высокой влажностью и повышенным содержанием азота, что способствует повышению активности микроорганизмов. В слое 0–10 см процент разложения полотна составил от 60 до 44%.

Менее активно шло разложение целлюлозы по предшественникам кукуруза на силос и подсолнечник, что связано, вероятно, с более широким соотношением C:N

Необходимо отметить, что образцы волокна находились в почве три месяца, которые характеризовались умеренным увлажнением, тем не менее целлюлозная активность в слое почвы была ниже в связи с меньшим промачиванием, а также с меньшим количеством растительных остатков.

Следовательно, на интенсивность разложения целлюлозы влияет как сельскохозяйственная культура, так и погодные условия.

### 7.7. Влияние культур севооборота на структуру урожая и урожайность озимой пшеницы

Анализ данных, представленных в таблице 33, показывает, что наибольшее количество всходов растений озимой пшеницы по предшественнику чистый пар – 335 шт./м<sup>2</sup>. Количество растений перед уборкой составляет 265, что на 21–22% меньше, чем в начале вегетации. Очевидно, что число растений сократилось из-за вымерзания зимой и потери растений от неблагоприятных условий весной и летом. Число продуктивных стеблей по предшественнику чистый пар составляет 658 шт./м<sup>2</sup>, что повлияло на коэффициент продуктивной кустистости – 2,5. Незначительные отличия наблюдаются и по предшественнику занятый пар. Наименьшее количество растений перед уборкой наблюдается по предшественнику подсолнечник – 245 шт./м<sup>2</sup> из 318 в начальный период вегетации. Потеря растений за зимне-весенний период составляет 23%. Бобовые предшественники способствуют сохранению большего количества растений озимой пшеницы перед уборкой: горох – 255 шт./м<sup>2</sup>, эспарцет на сидераты – 248, эспарцет на сено – 255, соя – 258 шт./м<sup>2</sup>.

Таблица 33 – Структура урожайности озимой пшеницы в зависимости от предшественников

Предшественники	Количество на 1 м <sup>2</sup>				Длина колоса, см	Кол-во зерен в колосе, шт.	Масса зерна в колосе, г	Масса 1000 зерен, г
	всходов	растений перед уборкой	продуктивность стеблей	продуктивность кустистости				
Пар занятый	331	265	658	2,5	7,5	28,9	1,4	47,2
Пар чистый	335	264	672	2,5	7,9	36,1	1,5	48,8
Горох	330	255	649	2,5	7,5	29,4	1,3	46,9
Эспарцет (сидераты)	320	248	607	2,4	6,5	28,2	1,2	45,0
Эспарцет (сено)	330	255	648	2,5	7,4	32,0	1,3	46,8
Кукуруза на силос	321	248	551	2,2	6,4	28,2	1,2	44,6
Соя	319	258	636	2,4	6,6	28,4	1,2	45,2
Подсолнечник	318	245	546	2,2	6,7	28,0	1,1	43,3

Максимальная длина колоса отмечается у растений озимой пшеницы, возделываемой по предшественникам чистый и занятый пар, – 7,9 и 7,5 см соответственно. По бобовым предшественникам озимая пшеница формирует колос длиной 6,4–7,5 см.

Несмотря на то что длина колоса по предшественнику подсолнечник составляет 6,7 см, количество зерен в колосе (масса колоса и масса 1000 зерен) меньше, чем на других вариантах, где колос короче, но масса зерна в колосе и масса 1000 зерен больше. Например, при длине колоса (предшественник подсолнечник) 6,7 см масса зерна в колосе составляет 1,1 г, количество зерен – 28,0 шт. и масса 1000 зерен – 43,3 г. На другом варианте (предшественник соя) длина колоса меньше, но количество зерен в колосе 28,4 шт., масса колоса 1,2 г, масса 1000 зерен достигает 45,2 г.

Таким образом, на массу зерна в колосе повлияли такие факторы, как предшественник и погодные условия, которые складывались в период роста и созревания.

Урожайность озимой пшеницы (таблица 34) складывается таким образом: лидером зерновой продукции является озимая пшеница по предшественнику чистый пар (72,2 ц/га), высокое качество продукции является обобщающим показателем вложения материальных, трудовых и финансовых затрат. В условиях развития товарного рынка качество продукции становится мощным фактором конкуренции, а уровень качества контролирует сам рынок. По натуре зерна превышение отмечено на варианте по предшественнику черный пар – 742 г/л, тогда как по предшественникам кукуруза и подсолнечник – 730 и 712 г/л соответственно. Что касается общей стекловидности, то зерно озимой пшеницы по разным предшественникам имеет примерно одинаковую стекловидность (54–58%), с некоторым снижением вариант, где предшественником выступает подсолнечник (43%).

Содержание белка характеризует не только пищевую ценность зерна, но и его технологические свойства, так как белки способны поглощать и удерживать большое количество воды. На всех вариантах содержание белка

колебалось в пределах от 13,9% (подсолнечник), 14,6–15,3% (бобовые) до 15,37–15,39 (пары). Содержание клейковины соответствует стандарту. Уровень клейковины находится в пределах 25,7–28,3.

Таблица 34 – Урожайность озимой пшеницы и основные показатели качества зерна в зависимости от предшественников

Предшественник	Урожайность, ц/га	Натура, г/л	Стекло-видность, %	Белок, %	Влажность, %	Клейковина
Пар чистый	72,2	738	60	15,4	10,5	27,7
Пар занятый	68,6	742	58	15,4	10,9	27,7
Горох	66,4	732	54	15,8	10,7	28,3
Эспарцет (сидераты)	63,8	737	52	14,6	10,7	25,7
Эспарцет (сено)	66,6	735	54	15,1	10,6	27,0
Соя	64,1	739	50	15,7	10,7	28,4
Кукуруза н/силос	59,3	720	52	14,1	10,6	27,2
Подсолнечник	56,7	712	43	13,9	10,8	23,7

По чистому и занятому парам, бобовым предшественникам создаются более благоприятные условия для роста и развития озимой пшеницы, что положительно сказывается на сборе зерна с единицы площади и качестве зерна озимой пшеницы. Если в 2011 году урожайность зерна озимой пшеницы по этим предшественникам находилась в пределах 63,8–72,2 ц/га, то по пропашным – только 56,7–59,3 ц/га, при одновременно более высоком выходе белка.

## Глава 8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Расчет экономической эффективности показал, что максимальный уровень рентабельности озимой пшеницы получен по отвальному способу обработки с рекомендованной системой удобрений (таблица 35) и составил по предшественникам горох+овес на зеленый корм, горох, кукуруза на силос соответственно 139,1; 116,9 и 105,5%. Наряду с тем, что производственные затраты на 1 гектар здесь наибольшие и составляют по занятому пару 17060,6 руб., по гороху – 16921,4, а по кукурузе на силос – 16128,2 руб., но и полученная прибыль на один гектар здесь максимальная – 23739,4; 19628,6 и 17021,8 рубля соответственно по изучаемым предшественникам.

По поверхностной обработке уровень рентабельности несколько ниже и составил по занятому пару 116,9%, гороху – 106,8 и кукурузе на силос – 89,6%, на варианте комбинированной обработки уровень рентабельности 100,1; 90,2 и 88,3%, а при мелкой обработке соответственно 91,2; 87,1 и 78,5%.

При биологизированной системе удобрений вышеописанные закономерности повторяются, с той разницей, что уровень рентабельности снижается по изучаемым способам обработки до 22,7–12,4%, так как при более высоких затратах труда на один гектар и производственных затратах получена меньшая урожайность (таблица 36).

Следовательно, в зоне умеренного увлажнения на черноземе выщелоченном высокую рентабельность производства обеспечивает возделывание озимой пшеницы по предшественникам занятый пар, горох и кукуруза на силос с использованием в качестве основной обработки отвального способа.

Таблица 35 – Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы, возделываемой по различным редшественнымникам при рекомендованной системе удобрений

Показатели	Обработка почвы											
	Отвальная обработка почвы			Разноглубинная обработка почвы			Комбинированная обработка почвы			Мелкая обработка почвы		
	Горох + овес з/к	Кукуруза на силос	Горох	Горох + овес з/к	Кукуруза на силос	Горох	Горох + овес з/к	Кукуруза на силос	Горох	Горох + овес з/к	Кукуруза на силос	Горох
Урожайность с 1 га, т	4,8	3,9	4,3	4,1	3,4	3,9	3,9	3,5	3,7	3,6	3,2	3,5
Цена реализации 1 т, руб.	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0
Денежная выручка с 1 га, руб.	40800,0	33150,0	36550,0	34850,0	28900,0	33150,0	33150,0	29750,0	31450,0	30600,0	27200,0	29750,0
Затраты труда на 1 га, чел.-ч.	22,5	21,1	22,4	21,1	19,8	21,1	21,6	20,4	21,6	21,0	19,8	20,8
Затраты труда на 1 т, чел.-ч.	4,7	5,4	5,2	5,2	5,8	5,4	5,5	5,8	5,8	5,8	6,2	6,0
Производственные затраты на 1 га, руб.	17060,6	16128,2	16921,4	16065,9	15243,3	16031,6	16570,2	15799,0	16535,9	16005,1	15233,9	15898,3
Себестоимость 1 т продукции, руб.	3554,3	4135,4	3935,2	3918,5	4483,3	4110,7	4248,8	4514,0	4469,2	4445,9	4760,6	4542,4
Прибыль на 1 га, руб.	23739,4	17021,8	19628,6	18784,1	13656,7	17118,4	16579,8	13951,0	14914,1	14594,9	11966,1	13851,7
Уровень рентабельности, %	139,1	105,5	116,0	116,9	89,6	106,8	100,1	88,3	90,2	91,2	78,5	87,1

Таблица 36 – Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы, возделываемой по различным редшественнымникам при биологизированной системе удобрений

Показатели	Обработка почвы											
	Отвальная обработка почвы			Разноглубинная обработка почвы			Комбинированная обработка почвы			Мелкая обработка почвы		
	Горох + овес з/к	Кукуруза на силос	Горох	Горох + овес з/к	Кукуруза на силос	Горох	Горох + овес з/к	Кукуруза на силос	Горох	Горох + овес з/к	Кукуруза на силос	Горох
Урожайность с 1 га, т	4,4	3,7	4,1	3,9	3,4	3,8	3,9	3,4	3,5	3,4	3,0	3,1
Цена реализации 1 т, руб.	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0	8500,0
Денежная выручка с 1 га, руб.	37400,0	31450,0	34850,0	33150,0	28900,0	32300,0	33150,0	28900,0	29750,0	28900,0	25500,0	26350,0
Затраты труда на 1 га, чел.-ч.	26,8	25,4	26,5	25,4	24,1	25,4	26,0	24,7	25,7	25,1	24,6	25,1
Затраты труда на 1 т, чел.-ч.	6,1	6,9	6,5	6,5	7,1	6,7	6,7	7,3	7,3	7,4	8,2	8,1
Производственные затраты на 1 га, руб.	17280,8	16504,7	17117,7	16373,9	15585,5	16356,7	16912,5	16124,1	16754,2	16223,4	16055,5	16172,0
Себестоимость 1 т продукции, руб.	3927,5	4460,7	4175,1	4198,4	4584,0	4304,4	4336,5	4742,4	4786,9	4771,6	5351,8	5216,8
Прибыль на 1 га, руб.	20119,2	14945,3	17732,3	16776,1	13314,5	15943,3	16237,5	12775,9	12995,8	12676,6	9444,5	10178,0
Уровень рентабельности, %	116,4	90,6	103,6	102,5	85,4	97,5	96,0	79,2	77,6	78,1	58,8	62,9



## ВЫВОДЫ

1. В условиях Центрального Предкавказья при переходе к минимализации обработки почвы во второй ротации зернопропашного севооборота жизненные формы сорных растений представлены 55,1% гемикриптофитов, 38,1% терофитов и 6,8 % геофитов. По сопоставлению с третьей ротацией севооборота произошло снижение доли терофитов на 13,6%, тогда как доля гемикриптофитов и геофитов увеличилась соответственно на 8,8 и 4,8%, что свидетельствует о том, что однолетние виды с усилением техногенных элементов агротехнологий не способны оказывать конкуренцию более сильным видам, в основном относящимся к многолетним сорным растениям, а также большое распространение получили злаковые виды.

2. В течение двух полных ротаций зернопропашного севооборота видовой состав сорных растений представлен следующими семействами: Asteraceae – 18,5%, Brassicaceae – 25,7, Polygonaceae – 12,7, Chenopodiaceae – 11,3%. В результате систематического интенсивного антропогенного воздействия в агрофитоценозе стали произрастать сорные растения семейства Poaceae, которые занимают 13,3% сорного компонента сообщества. Остальные виды принадлежат к следующим семействам: Lamiaceae 6,9%, Fumarioideae – 5,8, Caryophyllaceae – 2,5, Amaranthaceae – 1,5, Ranunculaceae – 1,8% с преобладанием сложных типов засоренности: корнеотпрысково-малолетнего и корнеотпрысково-корневищно-малолетнего, в которые входят наиболее опасные корнеотпрысковые сорные виды.

3. Статистической обработкой методом математического анализа выявлена высокая корреляционная зависимости между запасом семян сорняков в слое 0–10 см и фактической засоренностью посевов озимой пшеницы. Коэффициент корреляции по предшественнику пар занятый равен +0,787, кукурузе на силос – +0,782, люцерне – приближается к единице, что свидетельствует о высокой тесноте связи.

Потенциальный запас семян сорных растений в почве на глубине 10–20 и 20–30 см не влияет на фактическую засоренность посевов озимой пшеницы, коэффициент корреляции по всем предшественникам не превышал +0,198.

4. Минимализация в обработке почвы ведет к увеличению засоренности посевов, в количественном и весовом выражении она составляет 85,1–137,8 шт./м<sup>2</sup> при массе 120,9–200,6 г/м<sup>2</sup>, что выше в сравнении со вспашкой на 25,0–49,8 шт./м<sup>2</sup> и 48,4–102,2 г/м<sup>2</sup> в зависимости от предшественников. При этом существенно возрастает доля злакового компонента. Злаковые сорные растения при использовании поверхностной обработки озимой пшеницы после пара занятого составляют 61,9% от общего количества яровых поздних видов, после гороха – 71,4%, а после кукурузы на силос – 74,9%. Фитомасса сорной флоры увеличивается от вспашки (80,0–97,8 г/м<sup>2</sup>) к поверхностным системам обработки (128,4–200,6 г/м<sup>2</sup>). Минимизация обработки почвы требует более тщательного подхода к исследованию происходящих процессов и при необходимости применения химических средств защиты растений.

5. Влияние предшественников озимой пшеницы на подавление сорно-полевой растительности определяется конкурентной способностью озимой пшеницы. Коэффициент конкурентной способности озимой пшеницы возрастает от 4,34 до 7,02 по предшественникам пар занятой, кукуруза на силос, горох, люцерна, в бессменных посевах 2,25, вместе с тем коэффициент вредоносности сорняков изменяется прямо противоположно: на бессменных посевах его значение 0,44, по гороху – 0,17, пару занятому – 0,29, кукурузе на силос – 0,20 и люцерне – 0,14.

6. Сорные растения обладают высокой аллелопатической активностью, которая проявляется в угнетении ростовых процессов озимой пшеницы. Ингибирование водных вытяжек из сорняков составляет от 80 до 90% по сравнению с контролем. Большинство аллелопатически активных видов принадлежат к семейству астровых, особенностью которых является то, что в кле-

точном соке этих растений содержатся вещества гликозидного характера – тараксацин и тараксацерин, каучукоподобные вещества. В агроценозе озимой пшеницы произрастают сорные виды, к которым культурные растения толерантны, что имеет практическое значение, так как позволяет дифференцированно подходить к системе защитных мероприятий.

7. При бесменном возделывании озимой пшеницы создаются массивы генетически однородных растений, что обеспечивает скорость нарастания эпифитотического процесса в короткие сроки. Распространенность и степень развития септориоза в среднем по фазам развития озимой пшеницы на бесменных посевах составляет соответственно 82,9 и 17,4%, тогда как по гороху 74,9 и 11,1, по пару занятому 69,9 и 11,2, кукурузе на силос 76,1 и 13,9, люцерне 71 и 12,5% соответственно, по предшественникам находится на уровне порога вредоносности.

8. Количество основных элементов питания, поступивших в почву с растительными остатками культур севооборота, составляет по азоту 33,1, фосфору – 12 и калию 50,8 кг на одном гектаре. По накоплению азота преимущество за горохоовсяной смесью, кукурузой на силос и озимым ячменем, растительные остатки этих культур накапливают соответственно 44,8, 44,3 и 41,5 кг/га азота. Далее по культурам наблюдается убывание в ряду горох (39,2 кг/га) → озимая пшеница после занятого пара (27,9) → озимая пшеница после кукурузы на силос (24,8) → озимая пшеница после гороха (24,7) → яровой рапс (17,9 кг/га). По количеству фосфора и калия преобладают кукуруза на силос и озимый ячмень.

9. В годы с неблагоприятным увлажнением рост надземной массы растений сдерживается, корней – усиливается, в то время как при оптимальной и повышенной влажности растения развивают бóльшую надземную и меньшую корневую массу. В среднем за ротацию севооборота масса корневых остатков в 1,3–1,5 раза больше, чем стерневых.

10. Верхнему слою почвы (0–20 см) свойственна большая биогенность.

После занятого пара на варианте рекомендованной системы удобрений разложилось 65,8% волокна, после гороха целлюлазная активность ниже на 3,1%, а после кукурузы на силос – на 7,9%. В слое 0–10 см на варианте поверхностной и мелкой обработки наблюдается повышенная биологическая активность, связанная с большим насыщением данного слоя растительными остатками, являющимися источником питания для целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

Уравнение регрессии вида  $\hat{y}_x = -6.3602 + 1,525x$  показывает прямую зависимость урожайности озимой пшеницы от массы пожнивно-корневых остатков для предшественника занятой пар (горох+овес на зеленый корм),  $\hat{y} = -2,3543 + 0,9366X_1$  – для предшественника кукуруза на силос и  $\hat{y} = -3,651 + 1,188X_1$  – для предшественника горох. Коэффициент регрессии  $b$  показывает, что с увеличением пожнивно-корневых остатков на одну тонну в расчете на 1 га урожайность возрастает по предшественникам соответственно на 1,525; 0,936 и 1,188 т.

11. Углубление пахотного слоя почвы ведет к увеличению численности аммонификаторов и микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, в то же время проведение этих обработок не вызывает активизацию целлюлозоразрушающих микроорганизмов, что указывает на отсутствие усиления мобилизационных процессов в связи с разнокачественностью слоев почвы. Численность вышеуказанных форм микроорганизмов в посевах озимой пшеницы по всем изучаемым предшественникам была преобладающей – по предшественнику кукуруза на силос 18,8 и 34,8 млн кл./г, по гороху 29,3 и 56,5, а по занятому пару – 22,3 и 56,9 млн кл./г. Наиболее неблагоприятные условия создаются на бессменных посевах, что объясняется поступлением в почву на протяжении ряда лет однородных растительных остатков, в состав которых в большом количестве входит целлюлоза, выступающая продуцентом токсических антибиотиков, подавляющих развитие других групп микроорганизмов.

12. Озимая пшеница является аутоинтолерантным видом, в связи с чем бесменное ее возделывание ведет к резкому увеличению токсичности почвы. Люцерна – культура с признаками аутоинтолерантности, поэтому при медленных темпах разложения растительных остатков она проявляет устойчивость к продуктам их разложения и снижает аллелопатическую напряженность почвы. Почва бесменных посевов озимой пшеницы обладает высокой токсичностью, что свидетельствует о наличии высокого содержания колинов, тормозящих процессы прорастания и всхожести семян тест-культуры, ингибирование составило 75% и 58%, что по шкале Гродзинского выражается в токсичности, равной 121 условной кумариновой единице. На почве, взятой по предшественнику горох, проросло 68%, по люцерне – 67, по пару занятому – 61% семян, всхожесть соответственно составила 83,76 и 73%, токсичность на этих вариантах достаточно низкая – 18; 29 и 22 УКЕ.

Данный факт необходимо учитывать при применении в качестве удобрений побочной продукции сельскохозяйственных культур и создавать необходимые условия для их более полного разложения с целью предотвращения отрицательного аллелопатического эффекта. Для этого в структуре посевных площадей необходимо иметь оптимальные площади зернобобовых культур и занятых паров.

13. Токсичность почвы снижается от времени уборки предшественника к фазе полной спелости озимой пшеницы, в связи со снижением темпов разложения растительных остатков, после уборки предшественника токсичность почвы также достаточно высока и составляет в зависимости от обработки почвы по пару занятому от 31 до 48 мг/л УКЕ, по гороху от 28 до 42, по кукурузе на силос от 44 до 57 мг/л УКЕ. В верхних слоях почвы, где разложение растительных остатков происходит при аэробных условиях, разрушение токсинов происходит быстрее, чем в нижележащих горизонтах.

14. Сельскохозяйственная культура оказывает влияние на содержание фенольных веществ в почве. При разложении растительных остатков кукуру-

зы на силос количество фенольных веществ максимальное и составляет после уборки культуры от 4,0 до 5,3 мг/100 г почвы в зависимости от способов обработки почвы. При разложении растительных остатков кукурузы, содержащей кумариновые вещества, они высвобождаются из растений, переходят в активное состояние и могут вызывать ингибирование процессов прорастания последующих культур. Бобовые культуры и их смеси со злаковым компонентом являются фактором детоксикации севооборота, вследствие быстрой минерализации растительных остатков в послеуборочный период, и способствуют уменьшению токсичных веществ.

15. При размещении культур в севообороте необходимо учитывать их последствие и иметь период, в течение которого вредные для основной культуры вещества частично разлагаются. Количество фенолов к фазе весеннего кущения в посевах озимой пшеницы, возделываемой после кукурузы на силос, находится в пределах 3,0–3,4, к полной спелости доходит до 1,2–1,6 мг/100 г почвы. Менее напряженная обстановка в почве складывается после гороха и занятого пара – содержание фенолов сразу после уборки находится в пределах 2,2–3,1 мг/100 г почвы, к уборке озимой пшеницы снижаясь до 0,1–0,2 мг/100 г почвы, после занятого пара – от 0,9–1,8 мг/100 г почвы после уборки культуры до 0,01–0,02 мг/100 г почвы перед уборкой культуры.

16. В условиях зоны умеренного увлажнения Центрального Предкавказья значительная роль в накоплении продуктивной влаги в почве принадлежит предшественникам, способам и приемам обработки почвы, условиям увлажнения. Более высокие запасы продуктивной влаги перед посевом озимой пшеницы в пахотном слое почвы (0–30 см) накапливаются после занятого горохоовсяной смесью пара при использовании в качестве основной мелкой обработки (30,1 мм), меньшее – после кукурузы на силос по отвальному способу обработки (16,9 мм). На основе анализа данных составлены три модели связи урожайности с влажностью почвы. Для предшественника кукуруза на силос составлено уравнение регрессии вида  $\hat{y} = 6,191 - 0,187X_3$ , занятого па-

ра –  $\hat{y} = -11,6834 + 1,0208X_3$ , гороха –  $\hat{y} = 1,901 + 0,1708X_3$ . Фактор влажности почвы оказывает положительное влияние на рост урожайности пшеницы при возделывании по гороху и занятому пару. Однако при возделывании ее по предшественнику кукуруза на силос имеется отрицательная тенденция. В данной модели  $b = -0,187$  и  $r_3 = -0,094$ , так как культура имеет поздний срок уборки и иссушает почву, что отражается на снижении урожайности озимой пшеницы.

17. Агрофизические факторы плодородия почвы в большей степени изменяются под влиянием способов и приемов обработки почвы, нежели предшествующей озимой пшенице культуры. Выявлена высокая структурообразующая роль комбинированной, поверхностной и мелкой обработки, где показатели структурно-агрегатного состава и строения пахотного слоя почвы оптимальные. Отвальная обработка способствует в осенний период образованию глыбистой фракции, а в весенний – пылевидной.

18. Плотность почвы возрастает от возобновления весенней вегетации к уборке урожая, по изучаемым предшественникам находится в пределах 1,14–1,17 г/см<sup>3</sup> перед севом культуры, в весеннее кущение 1,21–1,25, а к полной спелости достигает 1,35–1,43 г/см<sup>3</sup>. В зависимости от способа обработка водопрочность почвы в посевах озимой пшеницы, идущей по занятым парам, составляет от 80,2% по мелкой обработке до 60,1% – по отвальной, по гороху эти показатели соответственно 75,9–59,3%, по кукурузе на силос – от 74,5 до 53,7%.

19. Характер влияния способов и приемов обработки почвы на агрофитоценоз достаточно противоречив. С одной стороны, в результате внедрения элементов минимализации обработки почвы, в частности поверхностных и мелких обработок, ухудшается фитосанитарное состояние посевов и требуется постоянный мониторинг и контроль численности вредных организмов. С другой стороны, при системах минимальной обработки происходит оптимизация агрофизических показателей – накопление и сохранении влаги, острук-

туривание и саморазуплотнение почвы за счет перераспределения растительных остатков, активизируется активность почвенных микроорганизмов и работа червей, что способствует образованию дрен.

Сочетание поверхностных и отвальных обработок в системе поверхностно-отвальной обработки при совместном применении с органо-минеральными удобрениями и гербицидами может устранить эти недостатки.

20. В зоне умеренного увлажнения Центрального Предкавказья наибольший выход зерновых и кормовых единиц, а также переваримого протеина обеспечивает возделывание озимой пшеницы по предшественникам занятый пар и горох с применением в качестве основного способа обработки отвального или безотвального при рекомендованной системе удобрений.

### **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

Для формирования высокопродуктивных агрофитоценозов и совершенствования элементов биологизации системы земледелия в зоне Центрального Предкавказья рекомендуется:

1. В зернопропашных севооборотах на черноземе выщелоченном применять систему дифференцированной основной обработки почвы, в которой поверхностные и мелкие безотвальные обработки на глубину не более 12 см под однолетние травы и зерновые культуры чередовать со вспашкой или глубоким безотвальным рыхлением на 22–25 см под пропашную культуру.

2. В системе интегрированной системы защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов при поверхностных и мелких обработках применять гербицидные обработки, вследствие увеличения засоренности посевов

3. Вводить в севооборот бобовые и злаково-бобовые фитоценозы в качестве предшественников озимой пшеницы, использование побочной продукции в качестве органических удобрений.



### Список использованной литературы

1. Авдеенко, А.П. Роль бобовых культур в биологизации земледелия / А.П. Авдеенко, Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская // Успехи современного естествознания. – 2005. – № 8. – С. 52–53.
2. Агеев, В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, А.И. Подколзин, Ю.И. Гречишкина, О.Ю. Лобанкова, В.И. Радченко. – Ставрополь, 2008. – 151 с.
3. Адиньяев, Э.Д. Сорняки и меры борьбы с ними: Учебник для вузов / Э.Д. Адиньяев, Н.Л. Адаев. – Владикавказ, 2006. – 228 с.
4. Айтемиров, А.А. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников и систем обработки почвы / А.А. Айтемиров, Г.Н. Гасанов, Н.Р. Магомедов // Приемы повышения продуктивности полупустынных земель Северо-Западного Прикаспия. – Махачкала, 1999. – С. 58–66. .
5. Айтемиров, А.А. Нужны ли чистые пары и механическая обработка почвы в Северо-Западном Прикаспии / А.А. Айтемиров, Д.У. Джабраилов, Г.Н. Гасанов // Матер. Всерос. НПК «Ресурсосберегающие экологизированные технологии производства продукции растениеводства». – Махачкала, 2009. – С. 57–60.
6. Айтемиров, А.А. Повышение плодородия почвы приемами ее обработки в Западном Прикаспии / А.А. Айтемиров, Г.Н. Гасанов, С.М. Гасанова // Плодородие. – 2009. – № 3. – С. 37–39.
7. Айтемиров, А.А. Эффективная система обработки почвы под озимую пшеницу / А.А. Айтемиров, Г.Н. Гасанов // Земледелие. – 2010. – № 4. – С. 31–32.
8. Акимов, А.Ю. Сидеральный пар – хороший предшественник озимой пшеницы / А.Ю. Акимов // Земледелие. – 2005. – № 6. – С. 25.
9. Акулов, А.А. Севооборот – как биологический фактор системы земледелия / А.А. Акулов // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 5. – С. 21–22.

10. Алабушев, А.В. Основная обработка почвы под ячмень с использованием сельскохозяйственных машин нового поколения / А.В. Алабушев, Л.П. Бельтюков, Н.Г. Янковский // Проблемы борьбы с засухой: Сб. науч. тр. Ставроп. СтГАУ.– Ставрополь, 2005. – С. 144–148.
11. Алабушев, А.В. Основная обработка и продуктивность озимой пшеницы / А.В. Алабушев, Н.Г. Янковский, Г.В. Овсянникова, М.Е. Кравченко, А.Я. Логвинов, А.А. Сухарев // Земледелие. – 2009. – № 4. – С. 23–24.
12. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н.Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 280 с.
13. Алпатьев, А.М. Почвоувлажнительный и биологический эффект атмосферных осадков / А.М. Алпатьев // Почвоведение. – 1959. – № 2.
14. Антонова, Т.Н. Биогенность почв Предкавказья / Т.Н. Антонова, М.Т. Куприченков, С.В. Натальченко, А.В. Храпач // Актуальные вопросы экологии и природопользования: Сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. – Т. 2. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – С. 191–193.
15. Алиев, А.М. Вредоносность сорных растений / А.М. Алиев, В.Ф. Ладонин // Защита растений. – 1995. – С. 15–16.
16. Андреев, В.С. Конкурентные взаимоотношения культурных и сорных растений / В.С. Андреев, Т.П. Терещук. – М.: Колос, 1985. – С. 25–32.
17. Апаева, Н.Н. Фитосанитарное состояние почвы в зависимости от агротехнических приемов возделывания зерновых культур / Н.Н. Апаева, С.Г. Манишкин, Г.С. Марьин, О.Г. Марьина-Чермных, Н.И. Богачук // Вестник Алтайского гос. аграрного университета. – 2011. – № 2. – С. 5–6.
18. Аристовская, Т.В. Микробиологические процессы почвообразования / Т.В. Аристовская. – Л.: Наука, 1980. – 27 с.
19. Асмус, А.А. Экономические пороги вредоносности подмаренника цепкого (*Galium aparine L.*) в агрофитоценозах с озимой пшеницей в условиях лесостепи Поволжья / А.А. Асмус, М.И. Подсевалов, В.И. Михлеев // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. «Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы». – Саратов, 2007. – С. 10–13.

20. Асмус, А.А. Режим влажности почвы и продуктивность паровых звеньев севооборотов в условиях лесостепи Поволжья / А.А. Асмус, М.И. Подсевалов // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2007. – № 4. – С. 13–15.
21. Бабич, А.А. Борьба с сорняками с учетом конкурентной способности культур / А.А. Бабич, В.П. Борона // Земледелие. – 1986. – № 2. – С. 41–42.
22. Баздырев, Г.И. Воспроизведение фитосанитарного состояния почвы / Г.И. Баздырев // Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. – М., 1982. – С. 115–121.
23. Баздырев, Г.И. Фитосанитарное состояние почвы в условиях интенсивного земледелия / Г.И. Баздырев // Изв. ТСХА. – 1983. – С. 28–38.
24. Баздырев, Г.И. Агроэкологические основы интегрированной защиты полевых культур от сорных растений на равнинных и склоновых землях / Г.И. Баздырев // Известия ТСХА. – 2002. – Вып. 1. – С. 15–35.
25. Бараев, А.И. Каждой зоне – свою почвозащитную агротехнику / А.И. Бараев // Зерновое хозяйство. – 1973. – № 10. – С. 275–281.
26. Бараев, А.И. Система противоэрозионных почвообрабатывающих орудий и сеялок для районов / А.И. Бараев // Матер. науч.-техн. совета / ВИСХОМ. – М., 1960. – Вып. 7. – С. 102–110.
27. Бараев, А.И. Почвозащитное земледелие: Избр. тр. / А.И. Бараев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 366 с.
28. Барсуков, Л.Н. Изменение условий плодородия в различных прослойках пахотного слоя в зависимости от обработок / Л.Н. Барсуков, К.М. Забавская // Почвоведение. – 1953. – № 12. – С. 8–27.
29. Баршадская, С. И. Длительное удобрение чернозема и урожайность озимой пшеницы / С.И. Баршадская, К.Ф. Мигуля, Н.К. Чеботарева // Земледелие. – 2005. – № 3. – С. 8–9.
30. Батуева, М.Б. Севообороты органического земледелия / М.Б. Батуева, А.П. Батудаев // Севообороты органического земледелия Бурятии: Учеб. пособие для студентов агроном. специальностей. – Улан-Удэ: Изд-во ФГОУ ВПО Бурятская ГСХА, 2007. – С. 27–30.

31. Беленков, А.И. Агротехнические принципы полевых севооборотов зерновой специализации, основной обработки почвы и регулирования плодородия зональных почв в черноземностепной, сухостепной и полупустынной зонах Нижнего Поволжья: Автореф. дис... д-ра с.-х. наук. – Волгоград, 2006. – 43 с.

32. Беленков, А.И. Плодородие почвы: современная концепция обоснования и решения проблемы / А.И. Беленков, А.И. Горбунова // Зерновое хозяйство. – 2006. – № 3. – С. 25 .

33. Беленков, А.И. Особенности полевых севооборотов и систем обработки почвы в Волгоградской области / А.И. Беленков, А.А. Холод, В.П. Шачнева // Земледелие. – 2010. – № 2. – С. 22–23.

34. Берестецкий, О.А. Биологические основы севооборотов / О.А. Берестецкий // Минеральный и биологический азот в земледелии. – М., 1985. – С. 121–128.

35. Бойко, П.И. Усовершенствование севооборотов на Украине / П.И. Бойко, Н.П. Коваленко // Земледелие. – 2005. – № 2. – С. 7–8.

36. Борин, А.А. Обработка почвы, агрофизика, засоренность и урожайность сельскохозяйственных культур / А.А. Борин, О.А. Коровина // Владимирский земледелец. – 2011. – № 1(55). – С. 26–28.

37. Боронтов, О.К. Влияние систем удобрений и обработки почвы на основные элементы почвенного плодородия и продуктивность зерносвекловичного севооборота / О.К. Боронтов, И.М. Никульников, В.И. Кураков, Н.В. Безлер и др. // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. «Системы воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии». – Белгород: Крестьянское дело, 2001. – С. 36–37.

38. Боронтов, О.К. Агрофизические свойства чернозема выщелоченного при его обработке в паропропашном севообороте / О.К. Боронтов, Т.В. Арбузова, В.А. Королев // Земледелие. – 2010. – № 2. – С. 24–25 .

39. Бугаевский, В.К. Севообороты – основной прием формирования агроэкосистем / В.К. Бугаевский, А.А. Романенко, В.М. Кильдюшкин, А.Г. Солдатенко // Земледелие. – 2005. – № 2. – С. 14–15.

40. Буланкина, Л.И. Влияние предшественников озимой пшеницы на микробиологический состав почвы / Л.И. Буланкина // Актуальные проблемы растениеводства юга России: Сб. науч. тр. – Ставрополь, 2004. – С. 46–48.

41. Васильев, И.П. Практикум по земледелию / И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев и др. – М.: КолосС, 2005. – 424 с.

42. Васюков, П.П. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы / П.П. Васюков, Г.В. Чуварлеев, В.И. Цыганков // Земледелие. – 2006. – № 2. – С. 26–27.

43. Верзилин, В.В. Влияние способов возделывания озимой пшеницы на формирование комплекса почвенных микроорганизмов / В.В. Верзилин, В.А. Трунова // Воспроизводство почвенного плодородия в ЦЧЗ: Сб. науч. тр. / ВГАУ. – Воронеж, 1992. – С. 116–126.

44. Вернадский, В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 2001. – 376 с.

45. Вильямс, В.Р. Травопольная система земледелия / В.Р. Вильямс // Коммуна. – 1938. – С. 264.

46. Вильямс, В.Р. Собрание сочинений. Т.3. Земледелие / В.Р. Вильямс. – М., 1949. – С. 524–528.

47. Власова, О.И. Влияние предшественников и бессменных посевов озимой пшеницы на биологическую активность почвы / О.И. Власова // Актуальные аспекты повышения плодородия почв: Сб. науч. тр. / СГСХА. – Ставрополь, 1994. – С. 48–49.

48. Власова, О.И. Фитотоксичность почвы в зависимости от способов обработки почвы в зоне умеренного увлажнения / О.И. Власова, В.М. Передериева, А.С. Аманбаев // Пути повышения урожайности с.-х. культур в современных условиях: Сб. науч. тр. / ГОУ Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 2001. – С. 97–100.

49. Власова, О.И. Агрегатный состав почвы в зависимости от способов обработки в посевах гороха на выщелоченном черноземе / О.И. Власова, В.А. Чинаев // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорируемых землях: Сб. науч. тр. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – С. 147–149.

50. Власова, О.И. Роль физиологически активных веществ в формировании агрофитоценоза озимой пшеницы в зависимости от предшествующей культуры в условиях зоны умеренного увлажнения / О.И. Власова, В.М. Передериева, А.С. Лещенко // Университетская наука – региону: Сб. науч. тр. – Ставрополь: АГРУС, 2006. – С. 33–36 .

51. Власова, О.И. Конкурентная способность озимой пшеницы – основа для разработки экологических мер борьбы с сорной растительностью / О.И. Власова, Е.В. Дьяковская // Наука и молодежь: новые идеи и решения: Сб. науч. тр. – Ставрополь: АГРУС, 2007. – С. 38–40.

52. Власова, О.И. Строение пахотного слоя почвы в посевах гороха в зависимости от способов обработки почвы / О.И. Власова, В.М. Передериева, В.А. Чинаев // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного федерального округа: Матер. 71-й региональной науч.-практ. конф. – Ставрополь: Ставропольское кн. изд-во, 2007. – С. 233–235 .

53. Власова, О.И. Способ обработки почвы как фактор регулирования потенциальной и реальной засоренности пшеничного агроценоза на светло-каштановых почвах / О.И. Власова, В.М. Передериева, А.В. Иващенко // Вестник Бурятской ГСХА им. В.Р. Филиппова. – Улан-Удэ, 2009. – № 3 (16). – С. 32–35.

54. Власова, О.И. Управление сорным компонентом в агроценозах сельскохозяйственных культур / О.И. Власова, В.М. Передериева, Л.А. Перкова // Рациональное использование природных ресурсов и экологическое состояние в современной Европе: Сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь: Изд.-полиграф. центр «Параграф», 2009. – С. 102–105.

55. Власова, О.И. Формирование клубеньков гороха в зависимости от способа и глубины обработки почвы чернозема выщелоченного зоны умеренного увлажнения Ставропольского края [Электронный ресурс] / О.И. Власова, Л.А. Горбачева // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ (Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University). – 2011. – № 70. – С. 707–716. Режим доступа: [ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/03.pdf](http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/03.pdf)

56. Воеводин, А.В. Регуляция численности компонентов агробиоценозов гербицидами / А.В. Воеводин // Тез. Всесоюз. совещ. по проблемам агрофитоценологии и агрофитоценозов. – Ижевск, 1981. – С. 57–59.

57. Вольтерс, И.А. Биологическая активность почвы в зависимости от предшествующих культур и основной обработки почвы в зоне достаточного увлажнения / И.А. Вольтерс, Е.Н. Журавлева // Актуальные вопросы экологии и природопользования: Сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – Т.2. – С. 160–162.

58. Вольтерс, И.А. Влияние предшественников и способов основной обработки почвы на доступную влагу под озимой пшеницей / И.А. Вольтерс, А.И. Тивиков // Университетская наука – региону: Сб. науч. тр. / СтГАУ. – Ставрополь, 2005. – С. 213–216.

59. Вольтерс, И.А. Влияние способов основной обработки почвы на строение пахотного слоя / И.А. Вольтерс, А.И. Тивиков // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорируемых землях: Сб. науч. тр. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – С. 211–213.

60. Вольтерс, И.А. Влияние предшественников озимой пшеницы и основных способов обработки на содержание водопрочных агрегатов в зоне умеренного увлажнения / И.А. Вольтерс // Университетская наука – региону: Сб. науч. тр. 70-й науч.-практ. конф. / СтГАУ. – Ставрополь, 2006. – С. 48–51.

61. Вольтерс, И.А. Влияние предшественников на строение пахотного слоя чернозема выщелоченного / И.А. Вольтерс // Аграрная наука. – 2007. – № 4. – С. 11–12.

62. Вольтерс, И.А. Влияние предшественников озимой пшеницы и способов основной обработки почвы на водопрочность почвенных агрегатов в зоне неустойчивого увлажнения / И.А. Вольтерс // Университетская наука – региону: Сб. науч. тр. – Ставрополь: Ставропольское кн. изд-во, 2007. – С. 48–51.

63. Вольтерс, И.А. Водно-физические свойства чернозема выщелоченного в зависимости от способа основной обработки почвы и предшественников озимой пшеницы / И.А. Вольтерс, Е.Н. Журавлева // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного федерального округа: Матер. 71-й региональной науч.-практ. конф. – Ставрополь: Ставропольское кн. изд-во, 2007. – С. 235–240.

64. Воробьев, Н.Е. Сорные растения агрофитоценозов и их взаимоотношения / Н.Е. Воробьев. – Днепропетровск, 1973. – С. 44–61.

65. Воробьев, С.А. Земледелие / С.А. Воробьев, Д.И. Буров, А.М. Туликов. – М.: Колос, 1977. – С. 250–257.

66. Воробьев, С.А. Севообороты интенсивного земледелия / С.А. Воробьев. – М.: Колос, 1979. – 368 с.

67. Гаврилов, А.А. Высокая культура земледелия – лучшее «лекарство» от болезней / А.А. Гаврилов, А.П. Шутко, С.Ю. Гребенник // Защита и карантин растений. – 2006. – № 11. – С. 25–26.

68. Гаевая, Э.А. Влияние разных способов обработки почвы на ее физические свойства / Э.А. Гаевая // Научный журнал КубГАУ. – 2008. – № 39(5).

69. Галстян, А.Ш. Унификация методов исследования активности ферментов почв / А.Ш. Галстян // Почвоведение. – 1978. – № 2. – С. 107–114.

70. Гармашов, В.М. Засоренность посевов при различных способах обработки почвы в зернопропашном севообороте / В.М. Гармашов, А.Ф. Витер // Земледелие. – 2008. – № 5. – С. 37–38.

71. Гедройц, К.К. Избранные сочинения. Т. I–III / К.К. Гедройц. – М.: Сельхозгиз, 1955.



72. Глубшева, Т.Н. Аллелопатия амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) / Т.Н. Глубшева, Е.Н. Карпушина // Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. Серия: Естественные науки. – 2009. – Т. 11. – № 9–2.

73. Гнеденко, В.В. Динамика изменения плодородия почв Самарской области / В.В. Гнеденко, С.В. Обущенко // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 9. – С. 148–151.

74. Головки, Э.А. Влияние бесменного выращивания растений на жизнедеятельность микробиоценозов / Э.А. Головки, Н.И. Гриб, А.Я. Степаненко // Роль аллелопатии в растениеводстве. – Киев, 1983. – С. 104–107.

75. Головки, Э.А. Аллелопатическое почвоутомление и фитотоксические свойства почвенных микроскопических грибов Марьюшкина / Э.А. Головки, И.А. Элланская, Е.Ю. Кострома // Роль токсинов растительного и микробиального происхождения в аллелопатии: Сб. науч. тр. – Киев: Наук. думка, 1983. – С. 86–89.

76. Голоусов, Н.С. Влияние предшественников на плодородие выщелоченных черноземов и урожайность озимой пшеницы / Н.С. Голоусов, Ю.А. Юшко, Г.А. Шматко // Интенсивное использование пашни: Сб. науч. тр. / Ставроп. СХИ. – Ставрополь, 1993. – С. 17–22.

77. Гончаров, Б.П. Минимализация системы обработки почвы в паровом и пропашном звеньях севооборота: Автореф. дис... д-ра с.-х. наук / Б.П. Гончаров. – Кишинев, 1981. – 55 с.

78. Гончарова, Л.Ю. Аллелопатическая активность кормовых луговых растений в конструируемых агроценозах / Л.Ю. Гончарова, Е.М. Комарова, Н.Г. Сурова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион». Приложение. – Ростов-на-Дону, 2006. – № 4. – С. 98–99.

79. ГОСТ 15150–69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М.: Национальные стандарты, 2007. – 72 с.

80. Гродзинский, А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ / А.М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1965. – С. 189–198.

81. Гродзинский, А.М. Аллелопатическое почвоутомление / А.М. Гродзинский, Г.П. Богдан, Э.А. Головки. – Киев: Наукова думка, 1979. – 248 с.

82. Гродзинский, А.М. Парадигмы в аллелопатии / А.М. Гродзинский // Методологические проблемы аллелопатии: Сб. науч. тр. / АН УССР. ЦРБС. – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 3–14.

83. Гродзинский, А.М. Перспективы функциональной агрофитоценологии / А.М. Гродзинский, Б.М. Миркин, Э.А. Головки, В.В. Туганаев // Методологические проблемы аллелопатии: Сб. науч. тр. / АН УССР. ЦРБС. – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 15–28.

84. Гродзинский, А.М. Урожайность с.-х. культур и явление аллелопатии / А.М. Гродзинский // Аллелопатия и продуктивность растений. – Киев, Наукова думка, 1990. – С. 3–14.

85. Гродзинский, А.М. Прямые методы биотестирования почвы и метаболитов микроорганизмов / А.М. Гродзинский, Е.Ю. Кострома, Т.С. Шроль, И.Г. Хохлова // Аллелопатия и продуктивность растений: Сб. науч. тр. / АН УССР. ЦРБС. – Киев: Наукова думка, 1990. – С. 121–124.

86. Гроссгейм, А.А. Растительные богатства Кавказа / А.А. Гроссгейм. – М.: Советская наука, 1952. – С. 19–29.

87. Груздев, Г.С. Проблемы борьбы с сорняками на современном этапе / Г.С. Груздев // Науч. тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1980. – С. 35–38.

88. Гулидов, А.М. Как снизить засоренность почвы и посевов / А.М. Гулидов // Защита и карантин растений. – 1998. – № 3. – С. 26–28.

89. Гульшина, В.А. Амарант – ценный источник антиоксидантов и кальция / В.А. Гульшина, А.А. Лапин, Т.Г. Белоножкина, В.Н. Зеленков. // Картофель и овощи. – 2007. – № 1. – С. 9–10.

90. Денисов, К.Е. Приемы повышения плодородия каштановых почв в сухостепном Заволжье / К.Е. Денисов, Е.П. Денисов, А.П. Солодовников // Нива Поволжья. – Пенза, 2007. – № 2(3). – С. 1–2.

91. Деревицкий, Н.Ф. О заглушении сорняков / Н.Ф. Деревицкий // Советская агрономия. – 1947. – № 4. – С. 61–63.

92. Дзюбенко, Н.Н. О взаимодействии культурной и сорной растительности в агрофитоценозах / Н.Н. Дзюбенко, Л.И. Крупа // Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах. – Киев, 1983. – Вып. 4. – С. 55–67.

93. Доброхотов, В.Н. Семена сорных растений / В.Н. Доброхотов. – М.: Колос, 1961. – С. 14–28.

94. Докучаев, В.В. Наши степи прежде и теперь / В.В. Докучаев // Избр. соч. Т II. – М.: Изд-во АН СССР, 1949.

95. Дорожко, Г.Р. Физические свойства почвы в зависимости от способов основной обработки на выщелоченных черноземах / Г.Р. Дорожко, А.А. Китаев // Пути повышения урожайности с.-х. культур в современных условиях: Сб. науч. тр. / Ставроп. СХИ. – Ставрополь, 1988. – С. 14–16.

96. Дорожко, Г.Р. Конкурентная способность озимой пшеницы в борьбе с сорняками в зависимости от предшественников / Г.Р. Дорожко, О.И. Власова, В.М. Передериева // Проблемы развития биологии на Северном Кавказе: Сб. науч. тр. / СГУ. – Ставрополь, 1996. – С. 42.

97. Дорожко, Г.Р. Влияние предшественников озимой пшеницы на формирование комплекса почвенных микроорганизмов / Г.Р. Дорожко, О.И. Власова, В.М. Передериева // Проблемы развития биологии на Северном Кавказе: Сб. науч. тр. / СГУ. – Ставрополь, 1996. – С. 42.

98. Дорожко, Г.Р. Агроценоз озимой пшеницы в зависимости от предшественников в условиях достаточного увлажнения / Г.Р. Дорожко, В.М. Передериева, О.И. Власова // Пути повышения урожайности с.-х. культур в современных условиях: Сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 1998. – С. 44–49. .

99. Дорожко, Г.Р. Формирование агрофитоценоза озимой пшеницы в зависимости от предшественника / Г.Р. Дорожко, В.М. Передериева, О.И. Власова // Земледелие. – 2000. – № 5. – С. 22–23.

100. Дорожко, Г.Р. Биологизированное земледелие – на поля / Г.Р. Дорожко // Аграрное Ставрополье. – 2007. – № 37 (269). – С. 2 .

101. Дорожко, Г.Р. Влияние люцерны посевной на агрофизические факторы плодородия / Г.Р. Дорожко, Д.А. Христенко // Университетская наука – региону: Сб. науч. тр. – Ставрополь: Ставроп. кн. изд-во, 2007. – С. 79–81.

102. Дорожко, Г.Р. Продуктивность многолетних трав трёх лет жизни в условиях Ставропольского края / Г.Р. Дорожко, Д.А. Христенко // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного федерального округа: Матер. 71-й региональной науч.-практ. конф. – Ставрополь: Ставропольское кн. изд-во, 2007. – С. 248–252.

103. Дорожко, Г.Р. Динамика продуктивной влаги в зависимости от способа основной обработки почвы / Г.Р. Дорожко, Д.Ю. Бородин // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Северо-Кавказского федерального округа: Матер. 74-й науч.-практ. конф. – Ставрополь: Кн. изд-во «Параграф», 2010. – С. 72–74.

104. Дорожко, Г.Р. Прямой посев полевых культур – одно из направлений биологизированного земледелия / Г.Р. Дорожко // Аграрное Ставрополье. – 2011. – № 1 от 31 янв.

105. Дорожко, Г.Р. Способ обработки – фактор регулирования фитосанитарного состояния почвы и посевов озимой пшеницы на черноземах выщелоченных зоны умеренного увлажнения Ставропольского края [Электронный ресурс] / Г.Р. Дорожко, О.И. Власова, В.М. Передериева // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – № 04 (68). С. 69–77. Режим доступа: [ej.kubagro.ru/2011/04/pdf/08.pdf](http://ej.kubagro.ru/2011/04/pdf/08.pdf)

106. Дорожко, Г.Р. Адаптивные энерго- и почвосберегающие технологии возделывания полевых культур / Г.Р. Дорожко, О.И. Власова, А.И. Тивиков // Экология и устойчивое развитие сельской местности: Сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь: Изд-во «Параграф», 2012. – С. 96–100.

107. Дорожко, Г.Р. Продуктивность звеньев зернопропашного севооборота на выщелоченном черноземе в зависимости от способов основной обработки почвы / Г.Р. Дорожко, А.И. Тивиков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 426–426.

108. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта/ Б.А. Доспехов// Изд.5, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

109. Доспехов, Б.А. Минимализация обработки почв: направления исследования внедрения в производство / Б.А.Доспехов // Земледелие, 1978. – № 9. – С. 26–31.

110. Дояренко, А.Г. Факторы жизни растений / А.Г. Дояренко. – М.: Колос, 1986. – 280 с.

111. Дубов, Ю.И. Засорённость посевов в севооборотах с увеличенным насыщением зерновыми культурами / Ю.И. Дубов, В.И. Бибикусарова. // Проблема борьбы с сорной растительностью. – Харьков, 1986. – С. 28–32.

112. Емельянов, А.М. Экономика сельского хозяйства – М.: Экономика, 1982. – 72 с.

113. Есаулко, А.Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур / А.Н. Есаулко // Автореф. дис... д-ра с.-х. наук. – Ставрополь, 2006. – 48 с.

114. Желнакова, Л.И. Комплекс критериев оценки эффективности чистых паров / Л.И. Желнакова, Б.П. Гончаров // Использование почвенно-климатических ресурсов в условиях интенсификации систем земледелия. – М., 1990. – С. 35–55.

115. Журавлева, Е.Н. Влияние предшественников и основной обработки почвы на агроценоз озимой пшеницы в умеренно влажной зоне / Е.Н. Журавлева // Автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Ставрополь, 2002. – 24 с.
116. Жученко, А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (Концепция) / А.А. Жученко. – Пушино, 1994. –148 с.
117. Жученко, А.А. Эколого-генетические основы интегрированной системы защиты растений / А.А. Жученко // Проблемы оптимизации фито-санитарного состояния растениеводства: Сб. тр. Всерос. съезда по защите растений. – С.-Петербург, 1997. –С. 9–24.
118. Жученко, А.А. Проблемы ресурсосбережения в зерновом хозяйстве. Сберегающее земледелие: будущее сельского хозяйства России / А.А. Жученко // Матер. IV междунар. науч.-практ. конф. – Самара, 2004. – С. 10–15.
119. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал зерна в России (теория и практика): Моногр. / А.А.Жученко. – М.: Изд-во «Агрорус», 2004. – 1112 с.
120. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В 3 т. Т.2 / А.А. Жученко. – М.: Изд-во «Агрорус», 2009. – 1104 с.
121. Завьялова, Н.Е. Влияние интенсивности использования пашни на гумусное состояние дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы / Н.Е. Завьялова, А.И. Косолапова, И.Д. Соснина // Агроэкологические функции органического вещества почв и использование органических удобрений и биоресурсов в ландшафтном земледелии: Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – М. 2004. – С. 226–231.
122. Захаренко, В.А. Экономические аспекты применения гербицидов в растениеводстве / В.А. Захаренко // Науч. тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1980. – С. 26–32.
123. Захаренко, А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия / А.В. Захаренко. – М.: Изд-во МСХА. – 2000. – 468 с.

124. Захаров, П.Я. Влияние основных обработок южных почв на урожайность зерновых и отдельные факторы плодородия / П.Я. Захаров, А.И. Беленков, В.А. Крайс, О.А. Журкевич // Зерновое хозяйство. – 2005. – № 5. – С. 31–33.
125. Звягинцев, Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 44–54.
126. Зеленский, Н.А. Занятый пар эффективнее чистого! / Н.А. Зеленский // Поле августа. – 2006. – № 6. – С. 12–13.
127. Зеленский, Н.А. Использование занятых, сидеральных и кулисно-мульчирующих паров в биологизированном земледелии / Н.А. Зеленский, А.П. Авдеенко, Е.Ю. Есионов, Р.В. Белавкин // Земледелие. – 2007. – № 6. – С. 15–17.
128. Зеленский, Н.А. Эколого-адаптивные системы земледелия на ландшафтной основе – залог сохранения плодородия почвы / Н.А. Зеленский, Е.П. Луганцев // Проблемы борьбы с засухой: Сб. науч. тр. – Т.2. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – С. 101–106.
129. Земледелие Ставрополя / Г.Р. Дорожко, А.И. Войсковой, Н.С. Голоусов, В.М. Передериева, О.И. Власова, Ю.А. Кузыченко; Под ред. проф. Г.Р. Дорожко. – Ставрополь, 2004. – 263 с.
130. Земледелие Ставрополя: Учебное пособие / Г.Р. Дорожко, В.М. Пенчуков, В.М. Передериева, О.И. Власова и др.; Под общ. ред. проф. Г.Р. Дорожко. – Ставрополь: АГРУС, 2011. – 288 с.
131. Зиганшина, Г.С. Засоренность озимой пшеницы в севообороте и бесменной культуре / Г.С. Зиганшина // Защита растений и охрана природы в Татарской АССР. – Казань, 1986. – С. 93–94.
132. Зинченко, М.К. Экологическое состояние агроценозов серых лесных почв / М.К. Зинченко // Агрехимический вестник. – 2009. – № 4. – С. 15–16.
133. Иванов, А.И. Оценка почвоутомления в севообороте / А.И. Иванов, А.П. Стаценко // Земледелие. – 2010. – № 2. – С. 19.

134. Иванов, В.П. Растительные выделения и их значения в жизни фитоценозов / В.П. Иванов. – М.: Наука, 1973. – 295 с.
135. Ивенин, В.В. Минимизация обработки почвы и урожайность яровой пшеницы / В.В. Ивенин, В.А. Строкин, В.В. Осипов // Земледелие. – 2010. – № 5. – С. 13–14.
136. Ильенко, А.А. Аллелопатические особенности представителей семейства норичниковых в условиях культуры / А.А. Ильенко // Роль токсинов растительного и микробиального происхождения в аллелопатии: Сб. науч. тр. – Киев: Наук. думка, 1983. – С. 68–712.
137. Исаенко, В.А. Эффективность технологий обработки почвы в зернопаровом севообороте Южного Зауралья / В.А. Исаенко // Проблемы борьбы с засухой: Сб. науч. тр.– Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – Т. 1. – С. 153–158.
138. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье / Г.И. Казаков. – Самара, 1997. – 196 с.
139. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье: Моногр. / Г.И. Казаков. – Саратов: Изд-во Самарской ГСХА, 2008. – 251 с.
140. Казнин, Р.Е. Взаимодействие физических свойств почвы, их роль в формировании урожайности полевых культур / Р.Е. Казнин // Сб. науч. тр. по матер. XIV междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные направления развития конкурентоспособности предприятий, отраслей и комплексов – вклад молодых ученых». – Ярославль: ЯГСХА, 2011. – С. 127–132.
141. Камышев, Н.С. Пашенные сочетания как фитоценозы / Н.С. Камышев // Тр. Воронеж. ун-та. Ботан. отдел, 1939. – Т. 11. – Вып. 2. – С. 33–62.
142. Качинский, Н.А. О структуре почвы, некоторых свойствах и дифференциальной порозности / Н.А. Качинский // Почвоведение. – 1947. – № 6.
143. Качинский, Н.А. Структура почвы / Н.А. Качинский / М.: Изд-во МГУ, 1963.



144. Качинский, Н.А. Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – 323 с.
145. Квасов, Н.А. Совершенствование отдельных элементов технологии возделывания сортов озимой пшеницы и озимого ячменя в связи с изменениями климата на Северном Кавказе (предшественники, удобрения, сорта и нормы высева): Метод. пособие / Н.А. Квасов, Н.А. Галушко; Под ред. канд. биол. наук Н.А. Квасова. – Ставрополь: АГРУС, 2010. – С. 23–29.
146. Керимов, Я.Г. Влияние основной обработки почвы на развитие озимой пшеницы / Я.Г. Керимов // Земледелие. – 2008. – № 8. – С. 28–29.
147. Кирюшин, В.И. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах / В.И. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара / М.: МСХА, 1993.
148. Кирюшин, В.И. Минимализации обработки почвы: перспективы и противоречия / В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2006. – № 5. – С. 12–14.
149. Китаев, А.А. Влияние способов основной обработки почвы на агрегатный состав выщелоченного чернозема / А.А. Китаев // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях: Сб. науч. тр. / Ставроп. СХИ. – Ставрополь, 1999. – С. 124–127.
150. Китаев, А.А. Влияние способов основной обработки почвы на агрофитоценоз озимого рапса в зоне достаточного увлажнения / А.А. Китаев // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях: Сб. науч. тр. / Ставроп. СХИ. – Ставрополь, 1998. – С. 77–78.
151. Кожевников, А.В. Сравнительная эффективность агротехнических приемов и инсектицидов в борьбе с пшеничным трипсом в Центральном Предкавказье / А.В. Кожевников, Е.Г. Мишвелов, В.И. Демкин, Н.Н. Васильева // Тр. КубГАУ. – Краснодар, 2009. – Т. 1. – № 17. – С. 126–130.
152. Корчагин, В.А. Избранные труды. Т.1. / В.А. Корчагин. – Самара, 1998. – С. 63–90.

153. Корчагин, В.А. Почвозащитные влаго- и ресурсосберегающие технологические комплексы возделывания зерновых культур в степных районах Среднего Поволжья / В.А. Корчагин // Проблемы борьбы с засухой: Сб. науч. тр. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – Т.1. – С. 51–55.

154. Косолап, Н. Растения влияют друг на друга / Н.Косолап // Зерно. – 2008. – № 9. – С. 12–13 .

155. Косолапова, А.И. Агроэкологические аспекты адаптивно-ландшафтного земледелия и органическое вещество пахотных почв / А.И. Косолапова, Н.Е. Завьялова. – Пермь: Изд-во Перм. НИИСХ, 2006. – 190 с.

156. Костычев, П.А. Избранные произведения. – М.-Л.: АН СССР, 1951. – С. 453–544.

157. Котьяк, П.А. Солома в качестве удобрения при разных обработках дерново-подзолистой почвы / П.А. Котьяк, Е.В. Чебыкина // Земледелие. – 2008. – № 8. – С. 17–19.

158. Красильников, Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения / Н.А. Красильников. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 463 с.

159. Красноперов, А.Г. Сегетальная растительность на выщелоченных черноземах лесостепи Приобья / А.Г. Красноперов, Е.М. Красноперова // Агрохимические аспекты повышения продуктивности сельскохозяйственных культур: Матер. междунар. конф. / М.: ВИУА. – 2002. – № 116. – С. 369–371.

160. Краснощеков, Н.В. Новые технологические и конструктивные решения для резкого сокращения энергоресурсозатрат на предпосевной обработке почвы / Н. В. Краснощеков // Техника и оборудование для села. – 2002. – № 4. – С. 5–6.

161. Кроветто, К. Нулевая обработка почвы / К. Кроветто // Ресурсосберегающее земледелие. – 2009. – № 2. – С. 7–12.

162. Кузина, Е.В. Влияние способов основной обработки почвы на агрофизические параметры чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы / Е.В. Кузина // Земледелие. – 2009. – № 4. – С. 24–25.

163. Кузнецов, А.И. Влияние севооборотов на засоренность посевов полевых культур / А.И. Кузнецов, В.М. Мутиков, О.В. Ерешкина // Севообороты интенсивного земледелия. – Горький, 1983. – С. 63–71.

164. Кузыченко, Ю.А. Внедрение минимальной обработки почвы на Ставрополье / Ю.А. Кузыченко, Н.А. Квасов, А.И. Хрипунов // Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 21–23.

165. Кузыченко, Ю.А. Выбор способов основной обработки для различных типов почв с целью повышения рентабельности производства растениеводческой продукции / Ю.А. Кузыченко, А.А. Федотов. – Ставрополь: АГРУС, 2010. – 28 с.

166. Кузыченко, Ю.А. Система обработки почв, новые машины, оборудование, орудия для производства и уборки сельскохозяйственных культур / Ю.А. Кузыченко // Аграрная наука – производству: Матер. научно-практ. конф. «Системы ведения фермерского хозяйства для различных почвенно-климатических зон Ставропольского края». – Ставрополь, 2006. – С. 32–34.

167. Куприченков, М.Т. Ферменты в почвах Предкавказья: Моногр. / М.Т. Куприченков, Т.Н. Антонова / Ставропольский НИИСХ. – Ставрополь: АГРУС, 2010. – 192 с.

168. Кураченко, Н.Л. Оценка изменения плотности сложения чернозема в полях севооборота / Н.Л. Кураченко, С.Н. Солодченко, В.Н. Романов, В.М. Литая // Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 9–10.

169. Лазарев, А.П. Скорость разложения послеуборочных остатков полевых культур в черноземах за осенне-летний период / А.П. Лазарев, Д.Р. Майсямова // Почвоведение. – 2006. – № 6. – С. 751–757.

170. Лебедев, В.П. Агрофитоценотический метод борьбы с сорняками / В.П. Лебедев. // Защита растений. – 1990. – № 8. – С. 20–22.

171. Листопадов, И.Н. Производство зерна в интенсивных севооборотах / И.Н. Листопадов. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 205 с. .

172. Листопадов, И.Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии / И.Н. Листопадов, И.М. Шапошников. – М., 1987. – С. 10–55 .

173. Листопадов, И.Н. Влага и корневая система озимой пшеницы в севообороте / И.Н.Листопадов, Э.А. Гаевая, А.Ю. Габунув, А.Е. Мищенко // Земледелие. – 2008. – № 5. – С. 34–35.

174. Листопадов, И.Н. Севооборот: состояние, перспективы восстановления / И.Н. Листопадов // Земледелие. – 2008. – № 7. – С. 3–4.

175. Лобков, В.Т. Роль обработки почвы и применения гербицида «тризлак» при выращивании озимой пшеницы на качество зерна / В.Т. Лобков, С.А. Плыгун, Н.И. Абакумов, Ю.А. Бобкова // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2012. – №. 4. – С. 32–37.

176. Лолишвили, Р.Т. Количество азота и зольных элементов, поступающих в почву при разложении растительных остатков полевых культур / Р.Т. Лолишвили // Аграрная наука. – 2006. – № 6. – С. 16–19.

177. Лукина, Л.П. Засоренность посевов озимой пшеницы в различных севооборотных звеньях степной зоны недостаточного увлажнения / Л.П. Лукина, В.Н. Квартин // Проблемы борьбы с засухой: Сб. науч. тр. – Т.2. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – С. 315–318.

178. Лыков, А.М. Гумус и плодородие почвы / А.М. Лыков / М.: Моск. рабочий. – 1985. – 192 с.

179. Макаров, И.П. Эффективность приемов минимализации обработки почв / И.П. Макаров // Актуальные проблемы земледелия. – М.: Колос, 1984. – С. 82–89.

180. Мальцев, А.И. Сорно-полевая растительность и меры борьбы с нею / А.И. Мальцев. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1931. – 128 с.

181. Мальцев, Т.С. Вопросы земледелия / А.И. Мальцев. – М.: Колос, 1971. – С. 391.

182. Мальцев, Т.С. Система безотвального земледелия / Т.С. Мальцев / М.: Агропромиздат, 1988. – 128 с.

183. Мамаева, Г.Г. Сравнительная оценка влияния способа обработки почвы (глубокое рыхление, нулевая и др.) в системе озимая пшеница – пар на физические свойства почв в условиях шт. Небраска, США: Результаты многолетних полевых опытов / Г.Г. Мамаева // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2002. – № 4. – С. 885.

184. Марьин, А.Н. Периодичность популяций микробных ценозов черноземных почв в вегетационном цикле озимой пшеницы / А.Н. Марьин // Циклы природы и общества: Тез. докл. междунар. конф. – Ставрополь, 2000. – С. 55–56.

185. Марьин, А.Н. Агроэкологическая оценка предшественников озимой пшеницы на южных черноземах Центрального Предкавказья / А.Н. Марьин // Автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Ставрополь, 2001. – 23 с.

186. Марьюшкина, В.Я. Аллелопатическое влияние бромопсиса безостого на амброзию полыннолиственную как предпосылка для разработки биологического метода борьбы с нею / В.Я. Марьюшкина // Роль токсинов растительного и микробиального происхождения в аллелопатии: Сб. науч. тр. – Киев: Наук. думка, 1983. – С. 71–82.

187. Медведев, В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 157 с.

188. Мельникова, О.В. Вынос элементов питания сорными растениями / О.В. Мельникова // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 44.

189. Миркин, Б.М. Современные проблемы агрофитоценологии / Б.М. Миркин // Общая биология. – 1986. – № 47. – С. 3–12.

190. Мишустин, Е.Н. Микробиология / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев. – М.: Колос, 1969. – 350 с.

191. Морозов, В.И. Севообороты, плодородие чернозема и устойчивость агроэкосистем лесостепи Поволжья / В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, Е.А. Петухов // Проблемы борьбы с засухой: Сб. науч. тр. – Т.2. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – С. 65–69.
192. Найденов, А.С. Энергосберегающая обработка почвы / А.С. Найденов // Российская аграрная газета. – 2011. – № 16. – С. 12–13.
193. Найденов, А.С. Научно-обоснованные севообороты – залог высоких урожаев и сохранения плодородия почвы / А.С. Найденов, В.А. Масливец, Н.И. Бардак, В.В. Терещенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 1. – № 36. – С. 138–140.
194. Нарциссов, В.П. Научные основы систем земледелия / В.П. Нарциссов. – М.: Колос, 1982. – С. 105–111.
195. Наумкин, В.Н. Новые подходы биологизации интенсификационных процессов в земледелии / В.Н. Наумкин, Л.А. Наумкина, Н.А. Лопачев, А.М. Хлопяников, Г.В. Хлопяникова // Проблемы борьбы с засухой: Сб. науч. тр. – Т.1. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – С. 207–213.
196. Наумкин, В.Н. Направления биологизации земледелия в Центральном регионе / В.Н. Наумкин, А.М. Хлопяников, А.В. Наумкин // Земледелие. – 2010. – № 4. – С. 5–6.
197. Немченко, В.В. Борьба с засоренностью посевов при ресурсосберегающих технологиях в земледелии Зауралья / В.В. Немченко, Л.Д. Рыбина, А.Н. Копылов, А.А. Замятин // Земледелие. – 2008. – № 5. – С. 38–39.
198. Никонова, Г.Н. Вынос сорняками элементов питания из почвы в посевах ярового рапса / Г.Н. Никонова, М.В. Никонов // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 36–37.
199. Никончик, П.П. Резервы современного земледелия // Сб. науч. тр. Белорусского НИИ земледелия и кормов. – Минск, 2000. – № 4. – С. 37–43.

200. Новиков, А.А. Обоснование роли корневых и пожнивных остатков в агроценозах [Электронный ресурс] / А.А. Новиков, О.П. Кисаров // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 78 (04). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/36.pdf>

201. Нурмухаметов, Н.М. Горох в севообороте и бессменном посеве и микробиологическая активность почвы / Н.М. Нурмухаметов, С.Н. Надежкин, И.С. Узбеков // Земледелие. – 2008. – № 8. – С. 22–23.

202. Одум, Ю. Экология: Пер. с англ. В 2-х т. / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986.

203. Основы систем земледелия Ставрополя: Учеб. пособие / Под общ. ред. В.М. Пенчукова, Г.Р. Дорожко. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – 464 с.

204. Паллут, Б. Отказ от плуга и урожайность зерновых / Б. Паллут, П. Грюнбер // Ресурсосберегающее земледелие. – 2009. – № 2. – С. 15–16.

205. Пегова, Н.А. Эффективность различных видов паров / Н.А. Пегова, В.М. Холзаков // Земледелие. – 2008. – № 3. – С. 14–15.

206. Пенчуков, В.М. Севообороты в ресурсосберегающих технологиях на Ставрополье // Эволюция и деградация почвенного покрова: Матер. III Междунар. науч.-практ. конф. / В.М. Пенчуков, В.М. Передериева, В.И. Удовыдченко. – Ставрополь: СтГАУ, 2007. – С. 223–225.

207. Пенчуков, В.М. Проблемы биологизации земледелия в агропромышленном комплексе Ставрополя / Г.Р. Дорожко, В.М. Передериева, А.И. Тивиков, Л.В. Трубачева, И.А. Вольтерс, Е.А. Менькина // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Северо-Кавказского федерального округа: Сб. науч. тр. – Ставрополь: Изд.-полиграф. центр «Параграф», 2010. – С. 107–111.

208. Пенчуков, В.М. Биологизированные севообороты – эффективный путь сохранения плодородия почвы и повышения урожайности сельскохозяйственных культур / В.М. Пенчуков, В.М. Передериева, О.И. Власова // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – № 4. – С. 114–117.

209. Переверзев, В.Н. Органическое вещество в почвах Кольского полуострова / В.Н. Переверзев, Н.С. Алексеева. – Л.: Наука, 1980. – 227 с.

210. Передериева, В.М. Влияние предшественников и способов обработки почвы на биологические показатели плодородия / В.М. Передериева, Д.А. Ткаченко // Агрехимический вестник. – 2005. – № 4. – С. 14–15.

211. Передериева, В.М. Конкуренция за элементы питания между озимой пшеницей и сорными растениями / В.М. Передериева, Д.А. Ткаченко, О.Б. Алтунина // Инновации в аграрной науке и производстве: состояние, перспективы и пути решения: Сб. науч. тр. / СтГАУ. – Ставрополь: СтГАУ, 2005. – С. 31–33.

212. Передериева, В.М. Севообороты / В.М. Передериева // Системы земледелия Ставрополья: Моногр.; Под общ. ред. А.А. Жученко и В.И. Трухачева. – Ставрополь, «АГРУС», 2011 – С. 132–152.

213. Передериева, В.М. Аллелопатические свойства сорных растений и их растительных остатков в процессе минерализации [Электронный ресурс] / В.М. Передериева, О.И. Власова, А.П. Шутко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2011. – № 73 (09). – С. 482–492. Режим доступа: [ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/11.pdf](http://ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/11.pdf)

214. Передериева, В.М. Экологическая и фитосанитарная роль севооборота в современном земледелии / В.М. Передериева, О.И. Власова, А.П. Шутко // Экология и устойчивое развитие сельской местности: Сб. матер. междунар. конф. – Ставрополь: Изд-во «Параграф», 2012. – С. 96–98 .

215. Петрова, Л.Н. Экологизация земледелия в Ставрополье / Л.Н. Петрова, В.М. Рындин // Земледелие. – 2001. – № 2. – С. 10–12.

216. Петрова, Л.Н. Ресурсосбережение в земледелии / Л.Н. Петрова // Земледелие. – 2008. – № 4. – С. 7–9.

217. Плескачев, Ю.Н. Засоренность посевов полевых севооборотов в зависимости от обработки почвы Волгоградской области / Ю.Н. Плескачев, О.В. Сухова // Вестник Алтайского ГАУ. – 2013. – № 3(101). – С. 17–21.



218. Поминов, В.А. Эффективность систем и подсистем основной обработки выщелоченного чернозема Северного Зауралья: Автореф. дис... канд. с.-х. наук / В.А. Поминов. – Тюмень, 2008. – С. 15 .

219. Попугаев, М.М. Минимальная обработка в Поволжье / М.М. Попугаев // Земледелие. – 1979. – № 12. – С. 23–25.

220. Постников, П.А. Биологизированные севообороты – залог повышения урожаев / П.А. Постников // Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 7–8.

221. Придворев, Н.И. Комплекс приемов воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного и засоренность посевов / Н.И. Придворев, В.В. Верзилин, Е.А. Сидяков // Земледелие. – 2008. – № 8. – С. 20–22.

222. Проскурина, А.А. Урожайность и засоренность яровой пшеницы по основной обработке почвы / А.А. Проскурина // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 9. – С. 309–311.

223. Пряженникова, О.Е. Целлюлозолитическая активность почв в условиях городской среды / О.Е. Пряженникова // Вестник Кемеровского гос. ун-та. – 2011. – № 3 (47). – С. 9–13.

224. Пупонин, А.И. Управление сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия / А.И. Пупонин, А.В. Захаренко. – М.: Изд-во МСХА, 1998. – 154 с.

225. Работнов, Т.А. Изучение ценотических популяций в целях выяснения «стратегий жизни» растений / Т.А. Работнов // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1975. – Т. 80. – Вып. 2. – С. 5–16.

226. Работнов, Т.А. Фитоценология / Т.А. Работнов. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 196 с.

227. Работнов, Т.А. Экспериментальная фитоценология / Т.А. Работнов. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – С. 160 с.

228. Райс, Э. Аллелопатия / Э. Райс. – М.: Мир, 1978. — 392 с.

229. Раскин, М.С. Многолетние сорняки / М.С. Раскин // Защита растений. –1995 – № 1 – С. 25–29.
230. РД 52.24.488–2006 Массовая концентрация летучих фенолов в водах. Методика выполнения измерений экстракционно-фотометрическим методом после отгонки с паром. Утвержден: Росгидромет, 25.09.2006. – 38 с.
231. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 308 с.
232. Ресурсосберегающее земледелие Ставрополя: Моногр. / Г.Р. Дорожко, В.М. Пенчуков, О.И. Власова и др.; Под общ. ред. проф. Г.Р. Дорожко. – Ставрополь: АГРУС, 2011. – 364 с.
233. Рындин, В.М. Энергоемкость технологий ярового ячменя при различных системах основной обработки почвы / В.М. Рындин, М.В. Криулин // Использование почвенно-климатических и энергетических ресурсов в условиях интенсификации систем земледелия: Сб. науч. тр. / СНИИСХ. – Ставрополь, 1990. – С. 96–108.
234. Сдобников, С. С. Соломенная мульча. Водный режим. Урожай / С.С. Сдобников, Ю.В. Мощенко // Земледелие. – 1973. – № 1. – С. 21–27.
235. Симагина, Н.О. Фенольные соединения *Artemisia santonica* L., *Halo strobilaceum* (Pall.), проявляющие аллелопатическую активность / Н.О. Симагина, Н.В. Глумова // Ученые записи ТНУ, 2008. – Т. 21(60). – № 2. – С. 1–8.
236. Синещеков, В.Е. Сорные растения зерновых агроценозов в почвозащитном земледелии; Изд. 2-е, доп. / В.Е. Синещеков, А.Г. Красноперов, М.Е. Красноперова, П.В. Колинко / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2006. – С. 196.
237. Системы земледелия Ставрополя: Моногр. / Под общ. ред. акад. РАН, РАСХН А.А. Жученко; чл.-кор. В.И. Трухачева. – Ставрополь: АГРУС, 2011. – С. 58.
238. Скрипчинский, В.В. Дикорастущие растения Ставропольского края: В 2 ч.: Ч. 1 / В.В. Скрипчинский. – Ставрополь, 1977. – 196 с.

239. Скрипчинский, В.В. Дикорастущие растения Ставропольского края: В 2 ч.: Ч. 2 / В.В. Скрипчинский, В.Г. Танфильев. – Ставрополь, 1979. – 138 с.
240. Сорокин, И.Б. Применение сорных растений в качестве сидератов / И.Б. Сорокин // Защита и карантин растений. – 2008. – № 7. – С. 34–35.
241. Спиридонов, Ю.Я. Особенности видового состава сорной растительности в современных агроценозах Российского Нечерноземья / Ю.Я. Спиридонов // Вестник защиты растений. – 2004. – № 2. – С. 15–24.
242. Стамо, П.Д. Путь к высокому урожаю. Из опыта защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков в хозяйствах Ставропольского края / П.Д. Стамо // Защита и карантин растений. – 2008. – № 1. – С. 11–12.
243. Стебут, И.А. Основы полевой культуры и меры к ее улучшению в России / И.А. Стебут. – М., 1882. – 65 с.
244. Струве, В.П. О биологическом взаимодействии на сорные растения некоторых культур / В.П. Струве // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1926. – Т. XVI. № 3. – С. 171–179.
245. Сукачев, В.Н. Растительные сообщества (Введение в фитоценологию) / В.Н. Сукачев. – М.-Л., 1926.
246. Сутягин, В.П. Севообороты с короткой ротацией в Центральной Нечерноземной зоне / В.П. Сутягин, Ж.Б. Бельшев, В.Н. Петров // Земледелие. – 2010. – № 5. – С. 5–6 .
247. Сухарев, А.А. Основная обработка почвы и продуктивность озимой пшеницы / А.В. Алабушев, Н.Г. Янковский, Г.В. Овсянникова, М.Е. Кравченко, А.Я. Логвинов, А.А. Сухарев // Земледелие. – 2009. – № 4. – С. 23–24.
248. Тивиков, А.И. Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от предшественников / А.И. Тивиков // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорированных землях: Сб. науч. тр. / СтГАУ. – Ставрополь, 2005. – С. 258.

249. Тивиков, А.И. Продуктивность культивируемых звеньев зернопашного севооборота на выщелоченном черноземе / А.И. Тивиков, Г.Р. Дорожко // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиоративных землях: Сб. науч. тр. / СтГАУ. – Ставрополь, 2005. – С. 220–221.

250. Тивиков, А.И. Влияние предшественников и способов обработки на структуру почвы / А.И. Тивиков // Актуальные проблемы растениеводства Юга России: Сб. науч. тр. – Ставрополь, 2006. – С. 213–215.

251. Ткаченко, Д.А. Улучшение фитосанитарного состояния посевов озимой пшеницы без применения химических средств / Д.А. Ткаченко, В.М. Передериева // Татищевские чтения: Актуальные проблемы науки и практики / Актуальные проблемы экологии и окружающей среды: Матер. междунар. науч. конф. – Тольятти: Волжский университет им. В.Н. Татищева, 2004. – С. 202–204.

252. Ткаченко, Д.А. Биологическая активность почв при разных способах агрогенного воздействия / Д.А. Ткаченко, В.И. Фаизова, В.М. Передериева // Проблемы борьбы с засухой: Сб. науч. тр.– Ставрополь: АГРУС, 2005. – Т.1. – С. 223–226 .

253. Ткаченко, Д.А. Повышение целлюлозолитической активности почвы агротехническими приемами / Д.А. Ткаченко, В.М. Передериева, О.Б. Алтунина // Актуальные вопросы экологии и природопользования: Сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. Т.2. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – С. 29–31.

254. Тойгильдин, А.Л. Бобовые фитоценозы в биологизации севооборотов и накоплении ресурсов растительного белка: Автореф. дис ... канд. с.-х. наук / А.Л. Тойгильдин. – Ульяновск, 2007. – 24 с.

255. Трофимова, Т.А. Минимализация обработки почвы – положительные и отрицательные стороны минимализация обработки почвы / Т.А. Трофимова, А.С. Черников // Вестник Воронеж. ГАУ. – 2009. – № 2. – С. 25–30.

256. Туганаев, А.В. Культурные и сорные растения на полях Пензенского Поволжья в Средневековье / А.В. Туганаев, В.В. Туганаев // Экология, 2006. – № 6. – С. 12–14.

257. Чернобривенко, С.И. Биологическая роль растительных выделений и межвидовые взаимоотношения в смешанных посевах / С.И. Чернобривенко // М.: Советская наука, 1956. – 231 с.

258. Уваров, Г.И. Выбор предшественника под озимую пшеницу / Г.И. Уваров, В.В. Смирнова, С.И. Смуров // Инновационно-технологические основы развития земледелия: Сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. – Курск, 2006. – С. 240–241.

259. Удалов, А.В. Эколого-энергетическая оценка технологий выращивания озимой пшеницы после различных предшественников / А.В. Удалов // Технология, агрохимия и защита сельскохозяйственных культур / Азово-Черномор. гос. агроинженер. акад. – зерноград, 2005. – С. 13–20.

260. Фаизова, В.И. Изменение содержания микроорганизмов в черноземах Ставрополя при их сельскохозяйственном использовании / В.И. Фаизова, В.С. Цховребов, А.М. Никифорова // Вестник АПК Ставрополя. – 2011. – № 2. – С. 16–18.

261. Федоровский, М.Т. К вопросу о глубине вспашки черноземов под озимые культуры в степи Украины / М.Т. Федоровский // Почвоведение. – 1955. – № 2.

262. Федотов, А.А. Влияние предшественников на продуктивность озимой пшеницы в севооборотах засушливой части Восточного Предкавказья / А.А. Федотов, В.Н. Крестьянинов, Л.П. Федотова // Проблемы борьбы с засухой: Матер. междунар. науч.-практ. конф. Сб. науч. тр. Т.2. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – С. 13–18.

263. Фисюнов, А.В. Сорные растения / А.В. Фисюнов // М.: Колос, 1984. – 320 с.

264. Фолкнер, Э. Безумие пахаря [Электронный ресурс] / Э. Фолкнер. – Режим доступа: <http://www.biodynamic.ru/documents/1342998598.pdf>
265. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. –189 с.
266. Хомко, Л.С. Роль предшественника в очищении полей севооборотов от сорной растительности / Л.С. Хомко, Б.П. Гончаров // Засоренность посевов сельскохозяйственных культур и борьба с сорной растительностью: Сб. науч. тр. – Ставрополь, 1986. – С. 1–4.
267. Хомко, В.Г. Итоги изучения севооборотов в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В.Г. Хомко, Л.С. Хомко, З.А. Орлова // Агронимические основы специализации севооборотов. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 154–162 .
268. Хофман, М. Аллелопатия против сорняков / М. Хоффман, Л. Вэстон, Д. Снайдер, Э. Ренуар // Зерно. – 2008. – № 8. – С. 2–3.
269. Храпач, В.В. Влагосберегающая технология возделывания кукурузы на силос в зоне достаточного увлажнения / В.В. Храпач // Проблемы современного растениеводства: Матер. междунар. науч. интернет-конф. / Ставрополь: СтГАУ, 2002. – С. 161–163.
270. Храпач, В.В. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность кукурузы на силос / В.В. Храпач // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях: Сб. науч. тр. / Ставроп. СХИ. – Ставрополь, 1999. – С. 124–127.
271. Храпач, В.В. Структурное состояние почвы / В.В. Храпач, Н.А. Дейна // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях: Сб. науч. тр. – Ставрополь, 2001. – С. 36–40.
272. Христенко, Д.А. Влияние многолетних трав на плодородие чернозема выщелоченного и темно-каштановой почвы / Д.А. Христенко // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 15.

273. Цыбульников, В.А. Соя – отличный предшественник озимой пшеницы / В.А. Цыбульников, С. В. Панчихин // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 32–33.

274. Цыганков, В.И. Научные основы совершенствования элементов технологии возделывания озимой пшеницы в северной зоне Краснодарского края / В.И. Цыганков / Под ред. П.П. Васюкова. – Краснодар, 2009. – 408 с.

275. Черенков, В.В. Агрофизические свойства черноземов в посевах озимой пшеницы при различных условиях возделывания / В.В.Черенков // Зерновые культуры. – 2001. – № 2. – С. 20–23.

276. Черкасов, Г.Н. Контроль засоренности посевов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия / Г.Н. Черкасов, И.В. Дудкин // Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 43–45.

277. Чернобривенко, С.И. Биологическая роль растительных выделений и межвидовые взаимоотношения в смешанных посевах / С.И. Чернобривенко. – М.: Советская наука, 1956. – 89 с.

278. Чуданов, И.А. Роль чистых и занятых паров в расширении озимого клина в условиях Поволжья / И.А. Чуданов // Интенсификация использования паровых полей в Среднем Заволжье. – Самара, 1992. – С. 30–31.

279. Чулкина, В.А. Агротехнический метод защиты растений: Учеб. пособие / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Ю.И. Чулкин, Г.Я. Стецов ; Под ред. акад., первого вице-президента РАСХН А.Н. Каштанова. – М.: ИВЦ «МАРКЕТИНГ», Новосибирск: ООО «Издательство ЮКОА», 2000. – С. 31–41.

280. Чумаков, А.В. Основные методы фитопатологических исследований / А.В. Чумаков // Научные труды ВАСНИЛ. – М.: Колос, 1976. – 35 с.

281. Шабаев, А.И. Ресурсосберегающая почвозащитная обработка почвы в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаев и др. // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 35–44.

282. Шабаев, А.И. Перспективная ресурсосберегающая технология производства яровой пшеницы: Метод. рек. / А.И. Шабаев, З.М. Азизов, Н.В. Ми-

хайлин, А.И. Прянишников и др. / ГНУ НИИСХ Юго-Востока, Саратов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 60 с.

283. Шевченко, С.Н. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы на черноземах Среднего Поволжья / С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин // Земледелие. – 2008. – № 3. – С. 26–27.

284. Шевченко, С.Н. Современные технологии возделывания озимой пшеницы в Средневолжском регионе / С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин, О.И. Горянин // Земледелие. – 2008. – № 5. – С. 40–42.

285. Шикула, Н.К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия / Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 322 с.

286. Ширинян, М. Агроэкологические аспекты управления плодородием почв в ландшафтном земледелии Северного Кавказа / М. Ширинян, В. Кильдюшкин // АГРО XXI. – 2008. – № 7. – С. 6–7.

287. Шпанев, А.М. Сорные растения в посевах озимых зерновых культур на юго-востоке ЦЧЗ / А.М. Шпанев // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 42–45.

288. Шульмейстер, К.Г. Борьба с засухой и урожай / К.Г. Шульмейстер. – М., 1975. – С. 179–285.

289. Энергосберегающие, почвозащитные системы земледелия Ставропольского края: Рекомендации / В.И. Трухачев, В.М. Пенчуков, В.К. Дридигер и др.; Под общ. ред. В.И. Трухачева. – Ставрополь: АГРУС, 2007. – 64 с.

290. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органических веществ / Т.А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 222 с.

291. Юсупов, Д.А. Комплексная защита пшеницы от вредных организмов в Саратовской области / Д.А. Юсупов, В.Б. Лебедев, Л.М. Кудимова, Н.И. Стрижков // Химический метод защиты растений. Состояние и перспектива повышения экологической безопасности: Матер. междунар. науч.-практ. конф., СПб, 6–10 декабря 2004 г. – СПб, 2004. – С. 351–352.



292. Ягодин, Б.А. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин и др.; Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

293. Якунин, А.И. Эффективность минимальной обработки почвы в севообороте / А.И. Якунин // Современное развитие АПК: региональный опыт, проблемы, перспективы: Матер. Всерос. науч.-практич. конф. – Ульяновск, 2005. – С. 205–210.

294. Яценко, В.Г. Применение плоскореза в системе зяблевой обработки почвы под сахарную свеклу / В.Г. Яценко, А.Т. Калинин // Сахарная свекла в РСФСР. Вып. 3. – Воронеж, 1971. – С. 76–79.

295. Bachthaler, G. Entwicklung und verbreitung des Ackerstilk mutterchens (*viola arvensis* Murr) in Abhangigkeit von den Standarts und Bewirtschaftungsverthalth-nissen / G. Bachthaler, F. Neuner, H. Kus // Nachrbl. Dt. Pflanzenschutz – 1986. – Vol.38. – № 3. – P. 39–41.

296. Baeumer, R. Dauerversuche zur Lösung aktueller Probleme im Pflanzenbau; Berichte der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 1 / R. Baeumer // Kord Baeumer (Hg.): Berichte der 31. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften am 1–2. Oktober 1987 in Freising-Weihenstephan. – Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk, 1988.

297. Bell, D. Allelopathic effects of *Brassica nigra* on annual grassland / D. Bell // Ph. thesis Univ. of Calif., 1970. – P. 340–351.

298. Cacak-Pietrzak, G. Studia nad wplywem ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji roslinnej na wartosc technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej / G. Cacak-Pietrzak. – Warszawa: Wydaw. SGGW, 2011. – 83 с.

299. Caussanel, J.P. La determination des seuils de nuisibilite des mauvaises herbes: methodes d'etudes / J.P. Caussanel, G. Barralis, C. Vacher // Perspect. agr. – 1986. – T. 108. – P. 58–65 .

300. Caussanel, J.P. Biological threshold assessment and postemergence weed control in wheat, corn and tomato / J.P. Caussanel // Weed control in vegetable production. – Rotterdam: Brookfield, 1988. – P. 245–256.

301. Caussanel, J.P. Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle: situation de concurrence bis-écologique / J.P. Caussanel // Agronomie. – 1989. – T. 9. – № 3. – P. 219–240.

302. Cousens, R. Theory and reality of weed control thresholds / R. Cousens // Plant Protect. – 1987. – T. 2. – № 1. – P. 13–20.

303. Einhelling, F. Allelopathic effects of *Rumex crispus* on *Amaranthus retroflexus*, grain sorghum and field corn / F. Einhelling, I. Rasmussen // Amer. Midland Natur. – 2003. – № 1. – P. 79–86.

304. El Titi, A. Relationship between weed density and yield peas cropped for canning industries / A. El Titi // Weed control in vegetable production. Rotterdam: Brookfield, 1988. – P. 107–113.

305. Fisher, N.M. Implications for wildlife, landscape and the environment of farming without pesticides / N.M. Fisher, D.H.K. Davies, D. Atkinson. – Farnham, 1991. – P. 745–754.

306. Freier, B. Zur Anwendung von flexiblen Schwellenwerten im integrierten Pflanzenschutz / B. Freier, B. Pallutt, M. Hommes // Nachrbl. Dt. Pflanzschuttd. – 1994. – Bd. 46. – № 8. – S. 170–175.

307. Fu, Y. Study on the economic threshold and control for broadleaf weeds in wheat field / Y. Fu, F. Hu, Y. Piao, H. Zhang // Acta phytophyl. sinica, 1998. – Vol. 25. – № 2. – P. 175–180.

308. Gerhards, R. Teilschlagspezifische, GPS (Globales Positionierungssystem) – gelenkte Herbizidapplikation / R. Gerhards // Mitt. der Ges. für Pflanzenbauwiss. – Giessen, 1997. – Bd. 10. – S. 31–37.

309. Hurlle, K. Integrated management of grass weeds in arable crops // Proc. / Brighton crop protection conf.-weeds / – Farnham (Surrey), 1993. – Vol. 1. – P. 81–88.

310. Krochert, R. Flexible Sicherheit / R. Krochert // *Agrar Praxis*. – 1987. – T. 2. – S. 58–59.
311. Krzymuski, J. Wyznaczanie progów szkodliwosci chwastow za pomoca metod matematycznych / J. Krzymuski, J. Rola, H. Rola, K. Filipiak // *Szkodliwosc chwastow segetalnych*. – Warszawa, 1988. – S. 67–77.
312. Kuhne, S. Pflanzenschutz im okologischen Landbau / S. Kuhne, M. Jahn, M. Wick, H. Beer. – Braunschweig, 2001. – 52 c.
313. Lindquist, J.L. Performance of INTERCOM for predicting corn-velvetleaf interference across north-central United States / J.L. Lindquist // *Weed Sc.* – 2001. – Vol. 49. – № 2. – P. 195–201.
314. Manko, Y.P. An integrated system of weed control based on weed situation scouting / Y.P. Manko, I.V. Wesselovski, V.P. Gudz // *Proc. of the 2nd Intern. weed control Congr.* – Flakkebjerg(Slagelse), 1996. – Vol. 3. – P. 1027–1029.
315. Marshall, E.J.P. Using decision thresholds for the control of grass and broad-leaved weeds at the boxworth / E.J.P. Marshall // *E.H.F. Proceedings*, 1987. – Vol. 3. – P. 1059–1066.
316. Maykuhs, F. Moglichkeiten der Unkrautbekämpfung nach Schadensschwellen in Kartoffeln / F. Maykuhs // *Gesunde Pflanzen*. – 1985. – T. 37. – № 3. – S. 99–104.
317. Maxwell, B.D. Expanding economic thresholds by including spatial and temporal weed dynamics / B.D. Maxwell, C.T. Colliver // *Proc. / Brighton crop protection conf.-weeds*. –Farnham (Sur.), 1995. – Vol. 3. – P. 1069–1076 .
318. McCarthy, V. Germinability of *Elymus repens* (L.) in cereal seed samples / V. McCarthy, N. Culleton // *Irish J. Agr. Res.* – 1987. – T. 26. – № 1. – P. 8791.
319. McDonald, A.J. Model of crop: weed competition applied to maize: *Abutilon theophrasti* interactions. Assessing the impact of climate: implications for economic thresholds / A.J. McDonald, S.J. Riha // *Weed Res.* – 1999. – Vol. 39. – № 5. – P. 371–381.

320. Moormann, D. Überprüfung und Weiterentwicklung von Unkrautschadensschwellen mit dem Ziel der Erarbeitung eines einfachen Entscheidungsmodells zur gezielten Unkrautbekämpfung in Winterraps: Diss. / D. Moormann. – Kiel, 1994. – 115 p.

321. Muller, C. The role of allelopathy in the evolution of vegetation / C. Muller // Proc. 20-th Ann. Collog. Oregon. State Univ., 1970. – № 11. – P. 13–31.

322. O'Donovan, J.T. Effect of volunteer barley (*Hordeum vulgare* L.) interference on field pea (*Pisum sativum* L.) yield and profitability / J.T. O'Donovan, R.E. Blackshaw // Weed Sc. – 1997. – Vol. 45. – № 2. – P. 249–255.

323. Oliver, L.R. Principles of weed threshold research / L.R. Oliver // Weed Technol. – 1988. – T. 2. – № 4. – P. 398–403 .

324. Onofri, A. Competitive ability and threshold levels of three broadleaf weed species in sunflower / A. Onofri, F. Tei // Weed Res. – 1994. – Vol. 34. – № 6. – P. 471–479 .

325. Perederieva, V.M. The influence predecessor and main processing of ground under winter wheat on optimization agrofitocenoza / V.M. Perederieva, O.I. Vlasova // European journal of natural history. – № 3. – 2006. – P. 106–108.

326. Pester, T.A. Secale cereale interference and economic thresholds in winter Triticum / T.A. Pester, P. Westra, R.L. Anderson, D.J. Lyon, S.D. Miller, P.W. Stahlman, F.E. Northam, G.A. Wicks // Weed Sc. – 2000. – Vol. 48. – № 6. – P. 720–727.

327. Rahmann, G. Landbauforschung: Sonderheft / G. Rahmann // Bundesmin. für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Johann Heinrich von Thunen-Inst., Bundesforschungsinst. für ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI). Ressortforschung für den Ökologischen Landbau Braunschweig. – 2011. – H. 346. – 126 s.

328. Snaniforth, R.J. Field and laboratory germination responses of achenes of *Polygonum lapatifolium*, *P. pennsylvanicum* and *P. persicaris* / R.J. Snaniforth, P.B. Cavers // Canad. J. Botan. – 1979. – V. 57. – № 8. – P. 877–885.

329. Stegman, W. Nachbauschwierigkeiten bei holzartigen Plauzens / W. Stegman, G. Buneman. // Charakteristische Merkmale der Bodenmidigkeit. –Erwebs-Obstaw, 1981. – № 12. – P. 284–289.

330. Stupnicka-Rodzynekiewicz, E. Proby okreslenia progow szkodliwosci *Agropyron repens* w uprawie jeczmienia jarego i *Chenopodium album* w uprawie bobiku / E. Stupnicka-Rodzynekiewicz, J. Kiec // Szkodliwosc chwastow segetalnych. – Warszawa, 1988. – S. 57–65.

331. Wallinga, J. Level of threshold weed density does not affect the long-term frequency of weed control / J. Wallinga, M. van Oijen // Crop Protect. – 1997. – Vol. 16. – № 3. – P. 273–278.

332. Weaver, S.E. Economic thresholds for wild radish, wild oat, hemp-nettle and corn spurry in spring barley / S.E. Weaver, J.A. Ivany / Canad. J. Plant Sc. – 1998. – Vol. 78. – № 2. – P. 357–361.

333. Wilson, B.J. Variability in the growth of cleavers (*Galium aparine*) and effect on wheat yield / B.J. Wilson, K.J. Wright // Proc. / British Crop Protection Conf.-Weeds. – Vol. 3. – 1987. – P. 1051–1058.

334. Wittouck, D. Overzicht van het onderzoek. Wet. Verslag: Provincie West-Vlaanderen. Onderzoeks – en voorlichtingscentrum voor land – en tuinbouw / D. Wittouck, K. Boone, S. Bulcke et al. – Rumbeke, 2001. – 265 c. .

335. Zimdahl, R.L. Weed impact on wheat, maize, and other temperate crops // Proc. 1st Intern. Weed Control Congr. – Melbourne, 1992. – Vol. 1. – P. 118–122.

336. Zubkov, A.F. Elements object of biogeocenoses and approaches to their study / A.F. Zubkov // Russian J. of Ecology. – 1996. – T. 27. – № 2. – P. 85–91.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Поступление элементов питания с растительными остатками  
сельскохозяйственных культур

Культура севооборота	Масса растительных остатков, т/га			Содержание основных элементов питания, % от абс. сухого вещества			Масса основных элементов питания, поступивших в почву с растительными остатками, кг/га		
	корн.	пожн.	всего	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Горох+овес з/к	1,6	3,5	5,1	0,95	0,24	0,45	48,8	12,2	22,9
Озимая пшеница	1,9	4,3	6,2	0,45	0,20	0,90	27,9	12,4	55,8
Озимый ячмень	2,5	5,8	8,3	0,50	0,20	1,00	41,5	16,6	83,0
Кукуруза на силос	1,8	4,1	5,9	0,75	0,30	1,64	44,3	17,7	96,8
Озимая пшеница	1,6	3,9	5,5	0,45	0,20	0,90	24,8	11,0	49,5
Горох	0,9	1,9	2,8	1,40	0,35	0,50	39,2	9,8	14,0
Озимая пшеница	1,6	3,9	5,5	0,45	0,20	0,90	24,7	11,0	49,5
Яровой рапс, с 2010 – подсолнечник	0,8	2,1	2,9	0,62	0,22	1,2	17,9	6,4	34,8
В среднем на 1 га							33,6	12,1	50,8

Целлюлозолитическая активность почвы, % убыли  
хлопчатобумажного волокна (2000–2013 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	Слой почвы, см		
		0–10	10–20	20–30
<b>Рекомендованная система удобрений</b>				
Пар занятый	Отвальная	60,2	65,1	41,7
	Поверхностная	68,4	56,3	36,2
	Комбинированная	63,3	56,5	43,4
	Мелкая	66,2	55,3	35,6
Горох на зерно	Отвальная	52,3	52,4	42,5
	Поверхностная	64,2	49,2	36,2
	Комбинированная	60,4	50,1	41,8
	Мелкая	65,0	42,8	35,5
Кукуруза на силос	Отвальная	44,2	49,4	41,1
	Поверхностная	59,6	41,6	35,6
	Комбинированная	49,5	46,7	43,2
	Мелкая	58,3	48,4	33,9
НСР <sub>05</sub> , по опыту		4,48	4,42	4,41
НСР <sub>05</sub> , А		2,24	2,21	1,19
НСР <sub>05</sub> , В		2,59	2,55	2,46
Sx, %		2,72	3,12	2,86
<b>Биологизированная система удобрений</b>				
Пар занятый	Отвальная	62,4	67,1	44,4
	Поверхностная	69,9	61,1	38,1
	Комбинированная	65,2	59,2	43,1
	Мелкая	70,1	60,2	39,4
Горох на зерно	Отвальная	51,2	54,6	44,3
	Поверхностная	66,4	50,2	37,1
	Комбинированная	63,1	53,4	42,7
	Мелкая	67,3	59,3	36,4
Кукуруза на силос	Отвальная	56,1	59,4	42,1
	Поверхностная	61,4	51,6	36,5
	Комбинированная	52,1	50,2	44,1
	Мелкая	62,3	58,4	34,8
НСР <sub>05</sub> , по опыту		4,37	4,44	3,84
НСР <sub>05</sub> , А		2,19	2,23	1,92
НСР <sub>05</sub> , В		2,52	2,39	2,22
Sx, %		4,37	3,16	3,44



Численность микроорганизмов в почве под озимой пшеницей  
после различных предшественников (1993–1998 гг.)

Предшественники	Аммонификаторы, (среда МПА), млн кл./г	Микроорганизмы, использующие ми- неральные формы азота, (среда КАА), млн кл./г	Актиномицеты, тыс. кл./г	Микроскопические грибы (среда Чапека-Дюкса), тыс. кл./г	Целлюлозоразла- гающие микроорга- низмы (среда Гет- чинсона), тыс. кл./г
Бессменный посев озимой пшеницы	19,8	25,3	9,4	89,4	73,6
Горох	35,6	48,7	9,4	72,4	21,6
Пар занятый (горох+овес з/к)	25,4	33,4	9,7	45,4	22,8
Кукуруза на силос	12,3	29,1	7,4	25,2	83,2
Люцерна на сено	70,1	93,4	8,7	56,5	77,2

Численность микроорганизмов в почве под озимой пшеницей  
после различных предшественников (2002–2012 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	Аммонификаторы, (среда МПА), млн кл./г	Микроорганизмы, использующие ми- неральные формы азота, (среда КАА), млн кл./г	Микроскопические грибы (среда Чапека-Дюкса), тыс. кл./г	Целлюлозоразла- гающие микроорга- низмы (среда Гет- чинсона), тыс. кл./г
Кукуруза на силос	Отвальная	18,8	34,8	62,9	58,6
	Поверхностная	13,8	29,6	65,2	87,4
	Комбинированная	15,1	27,9	67,9	62,5
	Мелкая	12,8	22,3	64,4	95,4
Горох	Отвальная	29,3	56,5	60,1	40,4
	Поверхностная	21,0	44,5	61,7	52,2
	Комбинированная	21,6	46,6	58,2	32,5
	Мелкая	16,2	42,8	62,9	44,6
Горох+овес з/к	Отвальная	22,3	56,9	54,4	43,3
	Поверхностная	19,2	40,7	55,9	61,5
	Комбинированная	20,5	41,4	56,2	58,4
	Мелкая	18,7	38,0	55,8	76,1

## Ферментативная активность почвы (2001–2012 гг.)

Предшест- венник	Обработка почвы	Каталаза, мл 0,1 н. KMnO <sub>4</sub> на 1 г почвы за 20 мин.	Уреазы, мг N-NH <sub>4</sub> / 1 г почвы за 4 ч	Инвертаза, мг глюкозы на 1 г почвы за 40 ч	Фосфатаза, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /10 г почвы за 1 ч
<b><i>Фаза кущения озимой пшеницы</i></b>					
Горох+овес з/к	Отвальная	1,7	0,8	12,7	4,0
	Поверхностная	1,6	0,9	19,8	5,6
	Комбинированная	1,7	1,1	27,9	8,4
	Мелкая	1,3	1,3	21,6	10,0
Горох	Отвальная	2,3	0,8	11,9	6,4
	Поверхностная	1,5	0,9	13,2	11,7
	Комбинированная	2,7	1,0	17,8	8,0
	Мелкая	1,8	1,1	16,5	7,7
Кукуруза на силос	Отвальная	1,9	0,9	13,7	5,9
	Поверхностная	1,5	1,3	21,3	12,8
	Комбинированная	1,9	1,1	20,9	9,9
	Мелкая	1,4	1,2	17,5	10,0
<b><i>Фаза полной спелости озимой пшеницы</i></b>					
Горох+овес з/к	Отвальная	1,5	0,7	11,5	3,8
	Поверхностная	1,3	0,8	18,2	4,2
	Комбинированная	1,6	1,0	25,6	6,7
	Мелкая	1,0	1,1	18,6	8,1
Горох	Отвальная	1,9	0,6	9,2	4,9
	Поверхностная	1,4	0,8	11,1	9,6
	Комбинированная	2,2	0,9	14,7	6,1
	Мелкая	1,5	1,0	12,8	5,7
Кукуруза на силос	Отвальная	1,7	0,9	10,5	4,2
	Поверхностная	1,2	1,2	18,9	9,5
	Комбинированная	1,6	1,0	17,6	6,4
	Мелкая	1,1	1,1	15,1	7,8

Фитотоксичность почвы под различными культурами,  
УКЕ (мг/л) (2002–2013 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	После уборки предшественника	Фаза весеннего кущения	Перед убор- кой озимой пшеницы
<i>Слой почвы 0–10 см</i>				
Пар занятый	Отвальная	35	28	24
	Поверхностная	44	32	26
	Комбинированная	31	29	22
	Мелкая	48	34	26
Горох на зерно	Отвальная	28	22	20
	Поверхностная	37	29	23
	Комбинированная	29	24	21
	Мелкая	42	31	24
Кукуруза на силос	Отвальная	46	33	27
	Поверхностная	52	39	29
	Комбинированная	44	34	26
	Мелкая	57	42	30
<i>Слой почвы 10–20 см</i>				
Пар занятый	Отвальная	36	38	21
	Поверхностная	31	33	22
	Комбинированная	33	29	23
	Мелкая	30	28	20
Горох на зерно	Отвальная	31	35	19
	Поверхностная	29	28	21
	Комбинированная	30	31	20
	Мелкая	28	26	20
Кукуруза на силос	Отвальная	48	52	25
	Поверхностная	44	46	27
	Комбинированная	46	48	23
	Мелкая	42	45	24
<i>Слой почвы 20–30 см</i>				
Пар занятый	Отвальная	27	22	21
	Поверхностная	22	23	19
	Комбинированная	23	22	20
	Мелкая	22	21	21
Горох на зерно	Отвальная	23	25	20
	Поверхностная	16	18	18
	Комбинированная	21	21	19
	Мелкая	19	17	16
Кукуруза на силос	Отвальная	36	32	25
	Поверхностная	32	36	23
	Комбинированная	33	38	26
	Мелкая	30	35	24

Динамика накопления фенольных веществ под  
культурами севооборота (мг/100 г почвы) (2002–2012 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	После уборки предшественника	Фаза весен- него кущения	Перед уборкой озимой пшеницы
Пар занятый	Отвальная	1,1	0,3	0,01
	Поверхностная	1,8	0,5	0,01
	Комбинированная	0,9	0,2	0,02
	Мелкая	1,9	0,5	0,01
Горох на зерно	Отвальная	2,3	1,5	0,2
	Поверхностная	2,9	1,6	0,1
	Комбинированная	2,2	1,5	0,1
	Мелкая	3,1	1,7	0,2
Кукуруза на силос	Отвальная	4,9	3,1	1,2
	Поверхностная	5,1	3,3	1,5
	Комбинированная	5,0	3,0	1,3
	Мелкая	5,3	3,4	1,6

Количественный состав сорных растений по природно-климатическим зонам Ставропольского края, шт./м<sup>2</sup>

Зоны	Количество сорняков	
	всего	специфических для данной зоны
Крайнезасушливая	80	50
Засушливая	90	46
Неустойчивого увлажнения	162	138
Достаточного увлажнения	62	24
Избыточного увлажнения	64	46
ВСЕГО	458	304

Потенциальная засорённость почвы перед севом  
озимой пшеницы, млн шт./га (среднее за 2003–2012 гг.)

Предшественник, А	Обработка почвы, В	Слой почвы, см			
		0–10	10–20	20–30	0–30
<b><i>Рекомендованная система удобрений, С</i></b>					
Пар занятый	Отвальная	47,4	51,1	76,2	174,7
	Поверхностная	75,8	66,9	42,3	185,0
	Комбинированная	52,5	58,4	60,1	171,0
	Мелкая	112,1	48,6	21,7	182,4
Горох на зерно	Отвальная	51,6	46,7	88,2	186,5
	Поверхностная	80,2	72,4	57,8	210,4
	Комбинированная	62,7	65,6	56,6	184,9
	Мелкая	92,5	80,2	62,8	235,5
Кукуруза на силос	Отвальная	52,3	62,3	81,6	196,2
	Безотвальная	74,5	87,5	70,5	241,2
	Комбинированная	106,4	88,1	78,6	264,4
	Мелкая	137,2	116,4	75,7	329,3
<b><i>Биологизированная система удобрений</i></b>					
Пар занятый	Отвальная	48,9	55,4	87,6	191,9
	Поверхностная	90,8	74,9	61,6	227,3
	Комбинированная	54,1	77,7	70,5	202,3
	Мелкая	104,2	88,2	61,3	253,7
Горох на зерно	Отвальная	59,6	58,9	75,9	194,4
	Поверхностная	100,2	82,7	67,1	250,0
	Комбинированная	62,6	69,9	66,6	199,1
	Мелкая	116,3	106,2	62,8	285,3
Кукуруза на силос	Отвальная	62,6	71,3	91,3	225,2
	Безотвальная	85,5	91,7	84,6	261,8
	Комбинированная	112,4	97,4	76,5	286,3
	Мелкая	147,5	122,9	73,1	353,5

## Потенциальная засоренность почвы, млн шт./га (0–10 см)

Ф а к т о р:			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
А – предшест- венник	В – система обработки	С – система удобрений									
Пар занятый	Отвальная	рекомендов.	47,4	46,2	48,4	47,3	48,2	46,8	47,4	48,0	47,1
		биологизир.	48,9	48,2	46,8	47,2	48,3	47,7	48,6	46,5	46,7
	Поверхност.	рекомендов.	75,8	74,6	75,8	77,2	74,8	75,2	76,3	74,8	76,4
		биологизир.	90,8	89,9	88,6	90,6	91,5	91,2	90,8	92,0	89,6
	Комбиниров.	рекомендов.	52,5	51,6	53,7	54,0	51,8	53,4	52,8	50,0	52,3
		биологизир.	54,1	53,8	52,9	54,0	55,2	56,1	54,7	53,9	52,3
	Мелкая	рекомендов.	112,1	110,6	111,7	114,0	113,9	112,9	111,8	110,9	113,7
		биологизир.	104,2	102,7	102,5	103,6	105,0	105,9	106,0	105,6	104,4
Горох на зерно	Отвальная	рекомендов.	51,6	51,0	52,2	51,8	49,7	51,2	53,0	50,9	52,4
		биологизир.	59,6	60,4	59,8	60,2	57,7	58,2	59,1	60,7	61,0
	Поверхност.	рекомендов.	80,2	78,0	77,8	82,4	82,8	80,7	81,6	79,7	80,4
		биологизир.	100,2	98,8	100,2	99,7	101,7	100,2	99,4	101,2	100,5
	Комбиниров.	рекомендов.	62,7	62,3	62,5	62,3	61,3	63,4	63,0	64,9	62,0
		биологизир.	62,6	61,0	61,1	61,2	63,7	64,0	63,9	64,2	62,5
	Мелкая	рекомендов.	92,5	92,8	93,9	93,1	90,8	91,2	93,1	93,8	90,2
		биологизир.	116,3	115,9	115,8	115,5	116,8	115,3	116,3	114,6	115,8
Кукуруза на силос	Отвальная	рекомендов.	52,3	51,9	52,9	51,7	51,5	53,1	54,0	51,5	52,0
		биологизир.	52,6	52,9	51,7	52,2	53,0	51,9	53,5	52,6	53,7
	Поверхност.	рекомендов.	106,4	105,8	104,9	105,9	107,7	107,2	108,0	106,2	106,0
		биологизир.	112,4	112,8	111,9	111,6	113,4	112,4	111,7	112,8	113,0
	Комбиниров.	рекомендов.	74,5	75,4	74,8	74,4	75,6	73,7	72,6	74,0	75,2
		биологизир.	85,5	84,4	86,3	84,8	86,0	84,0	83,5	86,2	85,3
	Мелкая	рекомендов.	137,2	137,1	137,9	139,0	137,9	137,9	135,6	135,0	136,1
		биологизир.	147,5	148,8	147,7	145,9	148,0	146,2	147,3	149,0	147,1



## Потенциальная засоренность почвы, млн шт./га (10–20 см)

Ф а к т о р:			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
А – предшественник	В – система обработки	С – система удобрений										
Пар занятый	Отвальная	рекомендов.	51,1	50,0	51,7	51,0	50,2	52,1	51,9	52,7	50,6	
		биологизир.	55,4	54,8	55,2	55,6	54,2	53,7	55,8	57,0	56,1	
	Поверхност.	рекомендов.	66,9	66,8	64,9	66,9	68,1	67,7	66,4	67,0	65,7	
		биологизир.	74,9	73,9	74,8	73,5	75,0	75,6	74,8	76,9	73,8	
	Комбиниров.	рекомендов.	58,4	57,9	58,9	58,2	57,9	55,7	57,2	59,2	60,0	
		биологизир.	77,7	76,9	78,1	79,3	77,5	76,8	79,8	78,9	78,2	
	Мелкая	рекомендов.	48,6	47,5	49,1	48,2	47,8	50,1	48,4	46,9	49,2	
		биологизир.	88,2	85,8	87,1	89,9	88,1	89,7	87,5	88,8	90,1	
	Горох на зерно	Отвальная	рекомендов.	46,7	45,3	47,9	46,3	45,9	47,1	46,0	48,5	45,1
			биологизир.	58,9	57,9	58,5	60,0	57,9	60,1	59,4	58,2	57,6
		Поверхност.	рекомендов.	72,4	71,0	73,2	72,0	71,1	72,4	73,3	74,3	73,3
			биологизир.	82,7	81,9	83,1	82,5	83,8	82,0	81,5	84,3	84,1
Комбиниров.		рекомендов.	65,6	64,4	65,9	64,8	66,9	67,3	66,9	64,1	63,8	
		биологизир.	69,9	70,1	70,2	67,7	67,5	71,3	72,5	69,7	68,9	
Мелкая		рекомендов.	80,2	81,7	80,5	78,9	78,8	82,2	81,9	79,8	79,4	
		биологизир.	106,2	105,8	106,5	107,1	104,8	105,2	107,8	108,0	105,1	
Кукуруза на силос		Отвальная	рекомендов.	62,3	60,8	61,7	63,3	63,8	61,2	64,1	62,1	61,8
			биологизир.	71,3	68,8	71,5	73,4	71,7	72,8	73,1	69,5	71,0
	Поверхност.	рекомендов.	87,5	87,8	86,9	87,3	89,5	88,3	85,4	86,4	87,5	
		биологизир.	97,4	96,9	97,5	98,1	95,9	95,4	98,7	99,1	97,3	
	Комбиниров.	рекомендов.	88,1	87,8	86,9	88,0	90,1	89,7	86,1	87,3	88,7	
		биологизир.	91,7	91,9	89,8	92,1	93,9	93,1	89,1	90,5	92,3	
	Мелкая	рекомендов.	116,4	115,7	116,8	114,9	114,4	114,6	118,2	117,9	118,8	
		биологизир.	122,9	121,7	120,9	122,5	124,1	124,7	123,8	122,1	122,9	

## Потенциальная засоренность почвы, млн шт./га (20–30 см)

Ф а к т о р:			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
А – предшест- венник	В – система обработки	С – система удобрений										
Пар занятый	Отвальная	рекомендов.	76,2	74,8	75,2	74,8	76,3	75,9	76,1	78,2	79,8	
		биологизир.	87,6	85,1	86,2	88,2	87,1	87,3	86,4	87,5	86,0	
	Поверхност.	рекомендов.	42,3	40,9	42,3	42,1	44,4	40,9	41,1	42,8	44,1	
		биологизир.	61,6	60,9	61,3	59,8	62,1	61,9	60,5	62,7	63,1	
	Комбиниров.	рекомендов.	60,1	58,8	58,1	61,1	61,7	59,8	60,5	61,7	59,7	
		биологизир.	70,5	70,9	69,1	72,7	71,0	68,5	69,1	71,5	71,2	
	Мелкая	рекомендов.	61,7	61,9	62,3	63,3	59,7	60,9	62,5	61,7	62,1	
		биологизир.	61,3	61,3	62,3	62,0	59,5	60,1	62,5	61,3	61,9	
	Горох на зерно	Отвальная	рекомендов.	88,2	86,7	86,8	88,1	90,2	89,6	87,2	87,6	88,2
			биологизир.	75,9	74,4	73,9	77,1	75,5	77,4	76,3	77,5	75,5
Поверхност.		рекомендов.	57,8	55,9	57,6	56,1	58,7	59,2	59,3	56,2	59,7	
		биологизир.	67,1	68,1	67,5	67,5	65,1	68,1	65,9	68,7	66,3	
Комбиниров.		рекомендов.	56,6	55,5	56,8	58,1	56,2	57,2	58,3	54,6	56,2	
		биологизир.	66,6	66,9	64,7	66,7	68,4	67,7	66,3	64,3	68,2	
Мелкая		рекомендов.	62,8	61,9	60,8	62,8	63,7	63,6	64,1	64,5	61,1	
		биологизир.	72,8	71,9	72,3	70,8	73,3	74,5	73,9	72,8	73,1	
Кукуруза на силос		Отвальная	рекомендов.	81,6	81,3	80,8	82,2	81,8	83,4	82,7	80,1	81,3
			биологизир.	91,3	90,7	89,5	91,7	93,1	90,7	91,6	93,3	90,1
	Поверхност.	рекомендов.	70,5	68,9	71,3	72,1	69,9	70,1	72,5	69,1	70,3	
		биологизир.	76,5	75,1	74,2	75,6	77,5	77,8	78,1	78,5	74,4	
	Комбиниров.	рекомендов.	78,6	77,1	76,2	79,1	80,2	76,3	77,2	78,6	80,5	
		биологизир.	84,6	82,8	83,7	86,6	85,9	84,0	84,3	83,3	85,7	
	Мелкая	рекомендов.	75,7	74,8	73,9	75,9	77,5	76,9	76,1	75,5	74,2	
		биологизир.	93,1	91,5	92,6	95,1	94,4	93,2	93,2	94,5	92,2	

## Потенциальная засоренность почвы, млн шт./га (0–30)

Ф а к т о р:			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
А – предшест- венник	В – система обработки	С – система удобрений									
Пар занятый	Отвальная	рекомендов.	174,7	173,4	174,2	172,8	177,7	175,2	176,6	174,9	172,8
		биологизир.	191,9	189,6	192,5	190,9	193,8	192,6	190,4	193,8	191,7
	Поверхност.	рекомендов.	185,0	183,7	185,0	186,9	184,6	185,2	184,3	183,9	187,0
		биологизир.	227,3	226,5	228,3	223,9	227,2	227,8	229,1	228,9	227,0
	Комбиниров.	рекомендов.	171,0	170,6	172,8	170,1	169,3	172,1	172,9	171,1	169,3
		биологизир.	202,3	201,8	202,1	204,0	203,2	203,7	200,5	201,1	202,2
	Мелкая	рекомендов.	242,2	241,8	242,5	240,9	241,3	244,1	243,9	243,1	240,1
		биологизир.	253,7	251,5	255,3	252,8	252,8	255,5	254,9	251,7	254,8
Горох на зерно	Отвальная	рекомендов.	186,5	186,9	185,1	184,5	186,2	185,7	187,3	188,2	188,5
		биологизир.	194,4	193,7	192,9	192,5	193,4	195,7	194,9	196,2	196,0
	Поверхност.	рекомендов.	210,4	211,2	210,6	208,5	208,7	211,4	212,9	211,6	208,7
		биологизир.	250,0	249,5	248,4	251,8	251,1	252,0	248,2	249,7	249,4
	Комбиниров.	рекомендов.	184,9	183,7	185,2	186,6	182,9	184,4	185,5	186,4	184,7
		биологизир.	199,1	197,0	197,1	198,5	198,3	200,8	199,9	201,1	200,4
	Мелкая	рекомендов.	235,5	236,7	237,3	233,7	234,1	237,3	236,4	235,1	234,2
		биологизир.	295,3	294,7	294,2	295,9	293,7	296,6	297,1	296,3	294,4
Кукуруза на силос	Отвальная	рекомендов.	196,2	195,8	196,5	197,1	196,7	194,5	198,0	197,3	194,3
		биологизир.	225,2	224,4	226,3	225,9	223,8	225,4	226,6	227,0	224,1
	Поверхност.	рекомендов.	264,4	262,7	263,1	265,9	264,2	265,7	265,4	266,1	262,5
		биологизир.	286,3	285,5	285,2	287,8	284,3	285,7	287,6	288,3	286,1
	Комбиниров.	рекомендов.	241,2	240,7	242,3	239,5	241,1	242,2	243,2	240,6	240,1
		биологизир.	261,8	262,5	261,5	259,7	260,5	263,7	261,2	262,6	261,9
	Мелкая	рекомендов.	329,3	328,1	327,7	331,9	329,9	331,9	328,3	327,2	329,4
		биол	363,5	362,7	363,2	361,6	363,8	365,0	364,7	365,5	361,7

Потенциальная засоренность почвы перед севом  
озимой пшеницы, млн шт./га (1992–1998 гг.)

Предшественник	Слой почвы, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
Бессменный посев озимой пшеницы	223,6	147,9	139,7	511,2
Горох	147,6	127,0	95,8	370,4
Пар занятый (горох + овес)	123,1	109,7	80,7	313,7
Кукуруза на силос	141,6	133,9	108,8	384,3
Люцерна на сено	112,0	85,7	60,1	257,8

Корреляционная зависимость фактической с потенциальной засоренностью почвы и посевов озимой пшеницы (1993–1998 гг.)

Предшественник	Слой почвы, см		
	0–10	10–20	20–30
<b><i>Кущение</i></b>			
Бессменный посев озимой пшеницы	0,378	0,130	0,094
Горох	0,453	0,197	0,061
Пар занятый (горох +овес)	0,480	0,168	0,099
Кукуруза на силос	0,396	0,169	0,093
Люцерна на сено	0,539	0,199	0,060
<b><i>Колошение</i></b>			
Бессменный посев озимой пшеницы	0,424	0,343	0,010
Горох	0,560	0,360	0,090
Пар занятый (горох +овес)	0,787	0,390	0,075
Кукуруза на силос	0,782	0,411	0,092
Люцерна на сено	0,912	0,450	0,088
<b><i>Полная спелость</i></b>			
Бессменный посев озимой пшеницы	0,182	0,157	0,0165
Горох	0,151	0,162	0,020
Пар занятый (горох +овес)	0,150	0,142	0,173
Кукуруза на силос	0,134	0,169	0,143
Люцерна на сено	0,195	0,108	0,198

Конкурентная способность сорной растительности с озимой пшеницей в зависимости от предшественника, шт./м<sup>2</sup>

Предшественник	Годы							
	1993		1994		1995		среднее	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2
<b>Кущение</b>								
Бессменный посев озимой пшеницы	292	258	406	335	300	267	333	287
Горох	326	297	221	382	397	360	381	346
Пар занятый (горох+овес)	328	301	469	437	410	369	402	369
Кукуруза на силос	316	283	424	370	415	371	285	341
Люцерна на сено	332	313	442	404	426	389	400	369
<b>Колошение</b>								
Бессменный посев озимой пшеницы	257	198	302	229	252	199	270	209
Горох	274	225	326	258	320	281	307	255
Пар занятый (горох+овес)	289	241	336	272	341	288	322	267
Кукуруза на силос	261	213	319	251	321	277	300	247
Люцерна на сено	262	229	345	282	336	298	317	270
<b>Полная спелость</b>								
Бессменный посев озимой пшеницы	224	201	312	271	291	262	276	245
Горох	255	233	360	324	372	342	329	300
Пар занятый (горох+овес)	260	246	379	346	381	357	340	316
Кукуруза на силос	241	226	342	311	407	369	330	302
Люцерна на сено	262	258	418	383	404	381	361	341

\*Примечание: 1 – свободное произрастание озимой пшеницы,  
2 – совместное произрастание культурных и сорных растений.

Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, шт./м<sup>2</sup> (зимующие сорняки).

ФАКТОРЫ:			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития								
Пар занятый	Отвальная	кущение	34,1	34,3	34,7	32,4	34,6	35,9	32,5	35,0
		полн. спелост	11,6	10,3	11,9	12,8	12,3	10,1	13,6	11,4
	Поверхност.	кущение	47,9	47,7	48,4	46,9	49,1	48,8	48,2	46,2
		полн. спелост	22,5	23,4	20,5	20,8	22,6	21,3	24,6	23,7
	Комбини- ров.	кущение	37,2	38,5	36,1	37,6	35,9	36,8	38,3	37,2
		полн. спелост	14,3	13,8	14,1	15,5	14,8	14,1	13,3	14,5
	Мелкая	кущение	40,5	41,5	39,9	38,1	39,8	40,5	41,4	42,3
		полн. спелост	16,4	15,7	16,7	18,1	15,9	16,1	15,2	16,5
Горох на зерно	Отвальная	кущение	36,5	35,5	37,1	34,8	36,1	37,3	38,3	36,4
		полн. спелост	13,2	12,8	12,2	14,3	13,7	12,6	11,9	14,9
	Поверхност.	кущение	48,9	47,7	47,9	49,7	49,8	48,9	49,7	48,6
		полн. спелост	24,8	25,1	24,7	23,9	23,8	24,9	25,8	25,4
	Комбини- ров.	кущение	40,4	41,5	40,4	39,9	38,5	39,5	41,8	41,2
		полн. спелост	13,9	15,1	13,7	14,8	13,4	14,7	13,5	12,1
	Мелкая	кущение	43,4	41,8	43,8	44,7	42,4	42,9	43,8	44,4
		полн. спелост	18,5	17,4	19,3	18,6	17,8	19,7	18,4	18,3
Кукуруза на силос	Отвальная	кущение	42,3	41,6	42,4	43,3	42,1	41,2	42,1	43,4
		полн. спелост	18,6	17,8	18,3	18,9	19,1	19,4	17,5	19,2
	Поверхност.	кущение	55,4	56,3	54,8	55,1	53,9	57,1	56,2	54,1
		полн. спелост	31,0	30,4	32,3	34,1	30,6	29,7	29,4	30,5
	Комбини- ров.	кущение	44,5	43,8	42,7	44,9	45,1	42,7	45,5	46,8
		полн. спелост	25,0	24,7	26,1	25,5	23,4	22,8	24,7	27,8
	Мелкая	кущение	49,8	51,8	48,4	51,7	50,9	48,2	49,1	48,5
		полн. спелост	22,3	24,9	22,5	21,3	23,1	19,8	22,9	21,6

Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, шт./м<sup>2</sup>,  
опыт трехфакторный (яровые ранние)

А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Пар занятый	Отвальная	кущение	18,4	17,5	17,9	18,1	18,8	20,1	18,2	20,4
		полн. спелость	3,4	3,5	2,6	4,2	2,1	4,3	4,1	3,2
	Поверхност.	кущение	24,8	23,7	24,3	23,9	25,3	26,9	26,7	22,8
		полн. спелость	7,1	6,1	6,3	5,7	8,5	8,2	7,3	7,5
	Комбиниров.	кущение	19,5	18,7	17,7	19,1	20,5	21,2	19,2	20,6
		полн. спелость	4,8	4,7	4,3	3,7	4,6	5,7	6,2	4,8
	Мелкая	кущение	22,3	21,0	22,6	20,8	23,5	24,0	22,4	21,9
		полн. спелость	5,3	5,1	4,6	3,4	5,5	7,1	6,7	4,9
Горох на зерно	Отвальная	кущение	19,1	17,1	19,3	19,6	18,4	20,9	18,1	20,7
		полн. спелость	5,1	4,5	3,8	5,5	5,1	6,3	5,1	5,9
	Поверхност.	кущение	27,0	26,1	25,7	27,3	27,4	28,7	27,7	26,2
		полн. спелость	8,3	7,7	6,4	9,1	10,2	9,5	8,2	7,4
	Комбиниров.	кущение	25,3	23,7	24,2	25,9	27,1	26,5	25,4	24,9
		полн. спелость	5,3	5,1	4,6	3,4	5,5	7,1	6,7	4,9
	Мелкая	кущение	30,6	29,4	32,6	31,7	32,4	31,2	28,7	29,1
		полн. спелость	6,7	5,4	6,8	7,3	8,9	7,7	4,9	6,2
Кукуруза на силос	Отвальная	кущение	36,3	35,7	34,9	36,2	37,7	38,2	35,9	36,3
		полн. спелость	5,1	4,2	3,3	5,3	6,1	6,6	5,2	5,1
	Поверхност.	кущение	68,5	66,1	67,5	69,7	70,2	69,7	68,1	68,3
		полн. спелость	9,7	10,8	7,9	9,1	10,5	11,3	9,1	9,6
	Комбиниров.	кущение	44,8	44,2	44,5	46,1	46,8	43,2	45,0	43,9
		полн. спелость	6,7	6,4	5,8	7,3	6,5	7,8	6,8	6,6
	Мелкая	кущение	53,0	52,7	51,1	51,9	54,3	53,6	54,9	53,1
		полн. спелость	7,0	6,5	7,2	7,5	6,6	6,0	7,8	7,4



Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, шт./м<sup>2</sup>,  
опыт трехфакторный (яровые поздние)

А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Пар занятый	Отвальная	кущение	3,5	2,5	1,7	3,3	4,5	5,4	3,5	4,1
		полн. спелость	6,9	6,8	5,8	6,4	8,5	7,7	6,5	6,9
	Поверхност.	кущение	5,3	4,7	3,5	5,4	6,6	6,5	5,3	5,5
		полн. спелость	12,4	11,9	11,6	12,2	13,7	14,2	12,2	11,5
	Комбиниров.	кущение	3,1	2,2	2,2	2,9	4,2	4,0	3,1	3,6
		полн. спелость	8,7	7,6	7,5	9,8	10,4	9,5	8,4	8,2
	Мелкая	кущение	4,6	3,7	3,9	4,3	6,4	5,7	4,6	3,9
		полн. спелость	11,3	10,9	9,8	11,5	13,1	12,7	10,4	11,1
Горох на зерно	Отвальная	кущение	3,9	2,7	3,3	5,7	4,3	3,5	4,1	3,7
		полн. спелость	8,3	8,5	8,0	8,5	7,9	8,3	8,6	8,4
	Поверхност.	кущение	6,0	6,1	5,8	6,3	5,9	6,2	6,0	6,1
		полн. спелость	13,3	13,0	13,5	12,9	13,7	13,4	12,8	13,8
	Комбиниров.	кущение	3,7	3,2	3,4	4,0	3,7	4,1	4,2	3,6
		полн. спелость	9,1	8,6	9,2	8,9	8,7	10,1	9,1	9,3
	Мелкая	кущение	4,7	4,6	4,3	5,6	4,5	3,8	5,6	4,2
		полн. спелость	11,7	11,4	12,5	10,9	11,9	11,8	11,7	12,0
Кукуруза на силос	Отвальная	кущение	3,7	3,3	2,5	4,1	3,9	4,8	3,5	4,1
		полн. спелость	12,3	11,8	12,2	13,5	11,2	12,6	13,1	12,2
	Поверхност.	кущение	5,0	6,1	5,5	6,0	4,2	3,8	4,8	5,2
		полн. спелость	20,3	19,7	21,1	19,5	21,5	20,1	20,8	20,0
	Комбиниров.	кущение	4,0	3,7	5,3	4,2	3,2	4,8	4,0	3,3
		полн. спелость	12,7	12,6	11,2	12,9	13,8	11,6	13,1	13,6
	Мелкая	кущение	4,3	3,6	4,1	4,8	3,7	4,6	5,0	4,5
		полн. спелость	16,3	16,2	17,4	15,8	15,6	16,8	16,3	16,6

Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, шт./м<sup>2</sup> (многолетние)

Ф а к т о р:			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития								
Пар занятый	Отвальная	кущение	4,1	5,1	4,2	5,0	3,2	3,3	4,3	4,6
		полн. спелость	5,8	4,7	4,8	5,5	6,7	6,9	5,5	6,5
	Поверхност.	кущение	7,1	6,1	6,3	5,7	8,5	8,2	7,3	7,5
		полн. спелость	9,1	8,6	9,2	8,9	8,7	10,1	9,1	9,3
	Комбиниров.	кущение	4,8	4,7	4,3	3,7	4,6	5,7	6,2	4,8
		полн. спелость	5,4	4,9	5,8	5,5	6,1	4,6	4,7	6,3
	Мелкая	кущение	6,7	6,4	5,8	7,3	6,5	7,8	6,8	6,6
		полн. спелость	7,1	6,1	6,3	5,7	8,5	8,2	7,3	7,5
Горох на зерно	Отвальная	кущение	5,2	4,7	5,6	6,1	5,5	4,3	5,7	5,0
		полн. спелость	6,3	5,6	6,1	7,2	5,3	6,2	6,8	7,0
	Поверхност.	кущение	8,5	8,7	8,6	9,4	7,8	8,5	8,2	8,8
		полн. спелость	9,6	8,7	9,6	9,2	10,5	9,9	8,9	10,3
	Комбиниров.	кущение	5,3	4,7	3,5	5,4	6,6	6,5	5,3	5,5
		полн. спелость	6,5	6,3	6,8	7,0	5,9	7,4	6,0	6,1
	Мелкая	кущение	6,8	6,2	6,6	7,1	5,9	7,4	6,9	7,5
		полн. спелость	8,2	7,8	8,4	7,6	8,3	7,9	8,9	8,5
Кукуруза на силос	Отвальная	кущение	5,7	5,5	4,9	5,0	6,2	5,8	6,5	6,0
		полн. спелость	6,0	6,1	5,8	6,3	5,9	6,2	6,0	6,1
	Поверхност.	кущение	8,9	9,3	9,1	8,4	8,7	8,2	9,5	9,0
		полн. спелость	9,0	8,1	8,5	9,8	9,4	8,9	8,7	10,1
	Комбиниров.	кущение	5,4	4,9	5,8	5,5	6,1	4,6	4,7	6,3
		полн. спелость	7,0	6,5	7,2	7,5	6,6	6,0	7,8	7,4
	Мелкая	кущение	8,6	7,6	8,1	8,0	8,7	9,7	9,1	9,5
		полн. спелость	8,7	7,9	8,8	8,4	7,8	9,6	8,9	9,8

Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, шт./м<sup>2</sup> (всего)

Ф а к т о р ы:			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития								
Пар занятый	Отвальная	кущение	60,1	59,7	61,6	60,5	58,5	62,3	60,8	60,1
		полн. спелость	28,3	27,5	29,7	28,5	27,2	28,6	29,1	28,1
	Поверхност.	кущение	85,1	83,7	85,3	85,5	84,2	86,2	86,1	85,1
		полн. спелость	50,1	49,5	48,8	50,3	51,2	51,8	50,3	48,8
	Комбиниров.	кущение	64,6	62,8	63,5	65,6	66,2	63,1	64,9	64,6
		полн. спелость	38,2	36,5	37,3	38,8	37,6	39,0	39,3	38,9
	Мелкая	кущение	74,1	73,3	73,8	74,7	74,5	73,1	74,0	75,9
		полн. спелость	40,1	39,5	38,3	40,4	39,6	41,9	41,2	40,1
Горох на зерно	Отвальная	кущение	64,7	62,9	63,3	65,8	65,9	64,3	64,9	66,1
		полн. спелость	32,9	31,9	32,3	33,7	33,5	34,2	32,9	32,6
	Поверхност.	кущение	90,4	88,7	91,3	89,5	92,9	90,1	89,0	91,7
		полн. спелость	56,0	55,6	55,8	57,8	56,4	55,5	54,7	56,5
	Комбиниров.	кущение	74,7	72,9	75,9	76,4	74,9	74,1	73,5	75,6
		полн. спелость	34,8	32,9	35,1	33,3	36,7	36,3	35,7	34,2
	Мелкая	кущение	85,5	83,8	85,8	84,7	86,4	87,0	84,4	86,5
		полн. спелость	45,1	43,4	46,2	45,0	44,1	46,5	45,8	45,4
Кукуруза на силос	Отвальная	кущение	88,0	86,2	87,2	90,2	87,3	90,0	87,2	91,1
		полн. спелость	42,0	40,2	42,2	44,2	40,0	43,1	41,2	44,1
	Поверхност.	кущение	137,8	135,7	136,9	136,6	139,5	139,4	139,9	137,1
		полн. спелость	70,0	69,6	69,8	71,8	70,2	70,1	69,5	71,0
	Комбиниров.	кущение	98,7	97,9	98,8	97,5	98,8	99,9	99,6	98,7
		полн. спелость	51,4	49,1	52,7	51,5	52,3	53,2	50,1	51,1
	Мелкая	кущение	115,7	113,9	115,6	117,5	115,1	114,7	115,5	117,6
		полн. спелость	54,3	52,8	54,7	53,6	56,1	55,8	54,4	53,1

Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, г/м<sup>2</sup> (зимующие)

Ф а к т о р ы:			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития									
Пар занятый	Отвальная	кущение	33,2	31,5	33,7	31,3	33,5	34,2	35,1	33,3	
		полн. спелость	32,0	30,3	33,8	31,5	33,5	30,0	33,1	32,0	
	Поверхност.	кущение	59,6	57,8	60,2	58,8	61,4	61,3	58,7	59,5	
		полн. спелость	48,8	46,9	48,3	49,1	47,8	50,3	49,9	48,6	
	Комбиниров.	кущение	42,1	40,4	40,7	43,2	43,8	41,9	43,2	42,1	
		полн. спелость	44,9	43,1	45,8	44,5	43,7	46,6	45,6	45,1	
	Мелкая	кущение	40,6	38,7	41,2	39,3	42,1	40,7	42,5	40,1	
		полн. спелость	48,8	46,9	50,5	50,6	48,2	48,8	47,3	49,7	
	Горох на зерно	Отвальная	кущение	38,7	37,8	39,4	37,7	40,4	39,2	38,7	37,5
			полн. спелость	40,8	38,4	41,7	42,4	41,5	39,7	41,4	40,8
		Поверхност.	кущение	59,2	57,4	58,8	60,5	61,1	58,1	59,2	59,7
			полн. спелость	70,9	69,0	71,3	69,7	72,7	72,5	70,1	70,8
Комбиниров.		кущение	50,5	50,8	51,2	52,3	50,1	50,7	49,6	49,0	
		полн. спелость	56,4	54,7	57,1	55,5	56,1	56,8	58,2	56,3	
Мелкая		кущение	47,3	45,6	46,9	46,8	46,8	49,5	48,8	47,3	
		полн. спелость	56,0	54,5	55,7	55,9	56,3	55,8	57,1	56,7	
Кукуруза на силос		Отвальная	кущение	45,7	46,9	45,7	46,1	47,5	45,1	44,9	44,3
			полн. спелость	55,0	53,7	55,5	56,6	54,3	56,9	53,7	54,6
		Поверхност.	кущение	74,4	72,7	74,3	74,1	75,2	74,3	73,5	76,7
			полн. спелость	93,0	91,4	92,7	92,3	93,5	94,2	93,1	93,7
	Комбиниров.	кущение	58,5	56,8	60,8	58,2	59,7	58,4	58,6	57,7	
		полн. спелость	74,7	72,7	76,3	76,1	75,6	74,5	73,0	75,1	
	Мелкая	кущение	53,3	51,5	52,8	53,3	55,7	54,3	53,9	51,6	
		полн. спелость	67,4	65,6	68,4	67,1	69,9	67,5	67,1	66,6	

Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, г/м<sup>2</sup> (яровые ранние)

Ф а к т о р ы:										
А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Пар занятый	Отвальная	кущение	25,1	22,7	26,3	24,2	25,5	27,0	25,1	25,2
		полн. спелость	86,0	85,2	84,2	87,3	86,5	85,7	87,5	86,1
	Поверхност.	кущение	38,6	36,9	38,2	38,7	39,3	40,1	38,5	38,3
		полн. спелость	14,9	13,7	15,2	16,7	15,2	14,8	15,6	13,7
	Комбиниров.	кущение	34,3	32,7	35,1	35,2	33,3	34,5	34,1	35,0
		полн. спелость	11,4	10,8	10,2	11,9	13,1	10,5	11,1	12,2
	Мелкая	кущение	41,4	39,7	39,4	41,2	43,1	42,9	42,5	41,1
полн. спелость		17,9	16,7	17,5	18,2	19,6	18,1	17,5	18,1	
Горох на зерно	Отвальная	кущение	29,2	27,5	28,7	30,4	30,6	29,1	29,8	28,2
		полн. спелость	10,7	9,2	11,5	12,1	10,4	10,7	9,5	11,4
	Поверхност.	кущение	52,4	50,7	52,1	53,4	54,2	51,7	52,3	52,6
		полн. спелость	19,6	17,8	19,5	21,4	20,8	18,7	19,1	19,7
	Комбиниров.	кущение	33,7	31,9	33,3	33,1	35,8	33,9	35,5	32,6
		полн. спелость	15,6	13,2	16,1	14,8	16,6	17,1	15,8	15,2
	Мелкая	кущение	45,0	43,6	46,5	46,2	45,4	44,7	43,8	45,0
полн. спелость		14,8	13,1	16,6	15,1	14,2	14,9	13,7	16,0	
Кукуруза на силос	Отвальная	кущение	33,8	32,1	34,3	35,5	34,9	33,1	33,6	32,9
		полн. спелость	11,4	10,5	13,1	10,7	11,2	11,4	10,8	12,1
	Поверхност.	кущение	68,0	66,0	67,5	71,0	68,4	70,9	68,1	67,2
		полн. спелость	21,3	20,6	21,2	23,4	19,5	23,9	18,9	21,8
	Комбиниров.	кущение	39,4	38,6	36,2	38,2	42,5	39,2	41,6	40,1
		полн. спелость	17,4	17,9	16,8	16,4	15,9	18,5	17,6	18,8
	Мелкая	кущение	40,1	39,1	42,0	41,4	38,3	40,6	39,6	40,2
полн. спелость		15,9	14,8	15,0	16,2	17,3	16,1	15,3	17,0	

Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, г/м<sup>2</sup> (яровые поздние)

Ф а к т о р ы:			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития								
Пар занятый	Отвальная	кущение	1,6	1,8	0,5	1,2	1,5	2,2	2,6	1,4
		полн. спелость	13,4	12,7	12,3	13,7	14,9	15,3	12,9	11,8
	Поверхност.	кущение	2,2	2,0	2,1	1,7	3,0	2,2	1,9	2,5
		полн. спелость	21,2	20,8	21,6	21,9	22,2	20,7	21,5	20,0
	Комбиниров.	кущение	2,2	1,7	2,1	3,0	1,9	2,0	2,5	2,2
		полн. спелость	17,6	17,9	18,1	17,3	17,6	16,9	18,0	17,7
	Мелкая	кущение	2,4	2,9	1,6	1,8	2,1	2,5	3,2	2,2
		полн. спелость	29,2	29,3	28,8	28,6	29,4	28,9	29,9	29,5
Горох на зерно	Отвальная	кущение	2,2	2,0	2,1	1,7	3,0	2,2	1,9	2,5
		полн. спелость	17,9	16,8	17,0	18,2	19,3	17,3	18,1	19,0
	Поверхност.	кущение	2,9	3,2	3,4	2,6	2,9	2,2	3,3	3,0
		полн. спелость	30,6	29,5	28,2	31,1	30,7	32,6	33,3	28,8
	Комбиниров.	кущение	2,7	2,5	2,8	1,9	3,0	2,9	3,2	2,4
		полн. спелость	26,3	27,6	25,4	29,1	28,2	24,4	26,7	23,2
	Мелкая	кущение	2,6	3,1	2,4	2,9	2,5	2,7	1,9	3,0
		полн. спелость	26,5	25,7	28,4	27,9	29,3	26,4	23,5	24,8
Кукуруза на силос	Отвальная	кущение	2,6	2,9	3,1	2,3	2,6	1,9	3,0	2,7
		полн. спелость	24,0	25,7	25,2	24,1	21,7	21,3	23,2	26,8
	Поверхност.	кущение	3,7	3,2	4,1	2,9	3,8	4,4	3,5	4,0
		полн. спелость	43,5	41,1	40,6	43,2	45,7	44,3	46,4	43,7
	Комбиниров.	кущение	2,5	2,8	3,1	2,2	1,9	2,6	2,3	2,7
		полн. спелость	34,6	33,5	32,2	35,1	34,7	36,6	37,3	32,8
	Мелкая	кущение	3,1	2,9	3,2	3,0	3,3	2,7	3,5	3,1
		полн. спелость	33,0	31,8	31,1	30,6	34,7	32,2	35,1	35,7

Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, г/м<sup>2</sup> (многолетние)

Ф а к т о р ы:			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития								
Пар занятый	Отвальная	кущение	20,1	18,1	21,2	21,9	19,7	20,1	20,5	19,1
		полн. спелость	28,8	27,0	28,2	27,3	30,2	29,7	28,5	30,5
	Поверхност.	кущение	28,0	26,4	27,3	27,2	27,7	29,1	30,1	28,1
		полн. спелость	52,0	50,7	51,3	53,9	53,1	52,5	52,1	50,3
	Комбиниров.	кущение	25,4	23,2	24,7	26,1	27,3	26,8	25,3	24,5
		полн. спелость	36,1	34,6	35,1	37,2	38,0	37,1	36,6	34,0
	Мелкая	кущение	36,5	34,7	36,1	35,7	37,9	38,4	37,7	34,8
		полн. спелость	62,0	60,7	62,2	61,5	64,1	63,5	62,1	60,1
Горох на зерно	Отвальная	кущение	23,4	22,7	23,1	24,5	22,3	22,2	25,1	24,0
		полн. спелость	35,0	33,7	33,3	36,6	37,2	35,1	35,7	33,9
	Поверхност.	кущение	39,7	37,9	39,2	41,6	40,2	40,2	39,5	39,0
		полн. спелость	82,0	80,8	80,2	81,3	82,7	82,1	84,1	82,5
	Комбиниров.	кущение	28,2	28,6	26,8	28,3	29,7	26,6	28,9	28,5
		полн. спелость	45,0	43,7	44,3	46,9	46,1	45,5	45,1	43,3
	Мелкая	кущение	32,1	30,6	31,1	33,2	34,0	33,1	32,6	30,0
		полн. спелость	65,1	63,6	64,1	66,2	67,0	66,1	65,6	63,0
Кукуруза на силос	Отвальная	кущение	29,2	27,8	29,6	29,3	30,7	29,9	27,6	29,5
		полн. спелость	55,4	54,2	53,1	56,3	53,4	57,5	56,2	57,2
	Поверхност.	кущение	54,5	52,7	54,6	55,4	53,7	55,1	56,8	53,6
		полн. спелость	100,2	101,7	99,6	98,4	100,3	98,2	100,5	102,8
	Комбиниров.	кущение	38,9	38,6	39,3	37,4	40,1	38,8	39,7	38,4
		полн. спелость	58,0	56,8	56,1	55,6	59,7	57,2	60,1	60,7
	Мелкая	кущение	40,1	41,4	42,0	39,1	38,6	40,3	39,7	40,1
		полн. спелость	82,7	81,9	82,8	84,6	83,2	83,2	81,5	81,9

Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, г/м<sup>2</sup> (всего)

Ф а к т о р ы:			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
А – предшест- венник	В – система обработки	С – фаза развития								
Пар занятый	Отвальная	кущение	80,0	78,2	79,4	82,1	81,3	81,1	80,3	79,1
		полн. спелость	82,8	81,5	82,3	84,2	82,1	81,1	84,7	83,6
	Поверхност.	кущение	128,4	126,6	129,9	130,6	126,7	126,4	128,6	130,2
		полн. спелость	136,9	136,2	137,7	138,6	137,7	136,2	136,7	135,3
	Комбиниров.	кущение	104,0	102,5	103,7	105,7	105,3	104,4	103,9	102,8
		полн. спелость	110,0	108,5	109,7	111,7	111,3	110,4	109,9	108,8
	Мелкая	кущение	120,9	120,2	121,7	122,6	121,8	120,2	120,7	119,3
		полн. спелость	157,9	159,6	157,7	156,3	157,2	157,2	158,7	158,8
Горох на зерно	Отвальная	кущение	93,5	91,7	92,6	95,1	94,3	92,5	94,7	93,3
		полн. спелость	104,4	102,6	105,9	106,6	102,7	102,4	104,6	106,2
	Поверхност.	кущение	154,2	152,4	155,1	156,0	153,7	152,7	153,3	156,2
		полн. спелость	203,1	201,3	204,0	204,9	202,6	201,6	202,2	205,1
	Комбиниров.	кущение	114,1	115,9	112,6	112,3	113,2	115,1	116,0	113,6
		полн. спелость	143,3	141,5	144,8	145,5	141,6	141,3	143,5	145,1
	Мелкая	кущение	127,0	129,0	126,2	129,7	127,3	126,4	125,9	124,8
		полн. спелость	162,4	160,6	163,9	164,8	160,7	160,4	162,2	164,2
Кукуруза на силос	Отвальная	кущение	97,8	99,7	98,9	96,7	95,2	97,8	99,3	97,1
		полн. спелость	119,6	122,1	118,9	118,3	116,6	119,9	120,7	121,0
	Поверхност.	кущение	200,6	200,4	203,2	201,3	197,1	198,6	202,3	201,4
		полн. спелость	258,0	260,2	255,5	259,1	255,6	261,2	256,7	258,3
	Комбиниров.	кущение	139,3	136,1	137,2	139,4	142,6	138,5	141,3	140,2
		полн. спелость	184,7	185,2	183,1	182,3	186,2	187,4	183,3	185,5
	Мелкая	кущение	136,6	135,9	139,1	135,3	133,6	136,9	137,7	138,0
		полн. спелость	199,0	200,0	198,5	196,7	201,5	198,2	202,8	197,3



Формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, г/м<sup>2</sup> (фаза полной спелости)

А – предшест- венник	В – система обработки	С – биологич. группа	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Пар занятый	Отвальная	зимующие	32,0	29,5	33,3	30,7	31,5	32,8	34,0	32,1
		яровые ранние	8,6	8,3	8,7	7,8	9,0	8,8	9,1	8,3
		яровые поздние	13,4	12,9	13,3	14,5	13,9	12,7	13,4	13,7
		многолетние	28,8	26,8	29,0	27,8	26,5	27,9	28,4	27,4
	Поверхност.	зимующие	48,8	47,3	48,2	47,3	50,2	49,7	48,5	50,5
		яровые ранние	14,9	14,0	13,8	15,2	16,3	15,1	14,3	16,0
		яровые поздние	21,2	19,2	22,3	23,2	20,8	21,2	21,6	20,2
		многолетние	52,0	50,8	50,1	49,6	53,7	51,2	54,1	54,7
	Комбиниров.	зимующие	44,9	43,4	44,0	46,0	46,8	45,9	45,4	42,8
		яровые ранние	11,4	10,9	11,3	12,5	11,9	10,7	11,4	11,7
		яровые поздние	17,6	16,9	17,8	17,3	15,7	19,4	17,9	18,0
		многолетние	36,1	35,1	38,0	37,4	34,3	36,6	33,6	36,2
	Мелкая	зимующие	48,8	47,3	48,2	47,3	50,2	49,7	48,5	50,5
		яровые ранние	17,9	17,2	18,1	17,6	16,0	19,7	18,2	18,3
		яровые поздние	29,2	28,4	30,6	29,4	28,1	29,5	30,0	29,0
		многолетние	62,0	59,2	61,4	64,1	63,3	63,1	62,3	61,1
Горох на зерно	Отвальная	зимующие	40,8	39,3	40,2	39,3	42,2	41,7	40,5	42,5
		яровые ранние	10,7	10,2	10,6	11,8	11,2	10,0	10,7	11,0
		яровые поздние	17,9	17,2	18,1	17,6	16,0	19,7	18,2	18,3
		многолетние	35,0	33,0	34,4	34,2	36,9	35,0	36,6	33,9
	Поверхност.	зимующие	70,9	68,9	70,8	70,9	71,9	71,8	71,0	71,1
		яровые ранние	19,6	18,9	19,8	19,3	17,7	21,4	19,9	20,0
		яровые поздние	30,6	28,6	30,0	29,8	32,5	30,6	32,2	30,5
		многолетние	82,0	79,2	81,4	84,1	83,3	83,1	82,3	81,1

	Комбиниров.	зимующие	56,4	55,2	54,5	54,0	58,1	56,6	58,5	58,1
		яровые ранние	15,6	14,9	15,8	15,3	13,7	17,4	15,9	16,0
		яровые поздние	26,3	24,3	27,4	28,2	25,9	26,3	26,7	25,3
		многолетние	45,0	43,8	43,1	42,6	46,7	44,2	47,1	47,7
	Мелкая	зимующие	56,0	54,8	54,1	53,6	57,7	55,2	58,1	58,7
		яровые ранние	14,8	14,3	14,7	15,9	15,3	14,1	14,8	15,1
		яровые поздние	26,5	24,5	27,6	28,4	26,1	26,5	26,9	25,5
		многолетние	65,1	63,4	67,4	64,8	66,3	65,0	64,2	64,3
Кукуруза на силос	Отвальная	зимующие	55,0	53,8	53,1	52,6	56,7	54,2	57,1	57,7
		яровые ранние	11,4	10,9	11,3	12,5	11,9	10,7	11,4	11,7
		яровые поздние	24,0	22,0	25,1	25,9	23,6	24,0	24,4	23,0
		многолетние	55,4	54,2	53,5	53,0	57,1	54,6	57,5	58,1
	Поверхност.	зимующие	93,0	91,0	92,4	92,2	94,9	93,0	94,6	91,9
		яровые ранние	21,3	19,3	22,4	23,2	20,9	21,3	21,7	20,3
		яровые поздние	43,5	41,7	43,6	45,1	44,3	42,5	44,7	43,3
		многолетние	100,2	101,7	99,6	98,4	100,3	98,2	100,5	102,8
	Комбиниров.	зимующие	74,7	71,9	74,1	76,8	76,0	75,8	75,0	73,8
		яровые ранние	17,4	16,7	17,6	17,1	15,5	19,2	17,7	17,8
		яровые поздние	34,6	32,6	34,0	33,8	36,5	34,6	36,2	34,5
		многолетние	58,9	57,2	61,2	58,6	60,1	58,8	59,0	58,1
	Мелкая	зимующие	67,4	66,2	65,5	65,0	69,1	66,6	69,5	70,2
		яровые ранние	15,9	15,4	15,8	17,0	16,4	15,2	15,9	16,2
		яровые поздние	33,0	31,0	32,4	32,2	34,9	33,0	34,6	31,9
		многолетние	82,7	79,9	82,1,	84,8	84,0	83,8	83,0	81,8

Влияние предшественника и обработки почвы на формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, шт./м<sup>2</sup> (2002–2013 гг.)

Предшест- венник	Обработка почвы	Зимующие		Яровые ранние		Яровые поздние		В т.ч. злаковые	Многолетние		Всего	
		Фаза развития озимой пшеницы										
		кущение	полная спелость	кущение	полная спелость	кущение	полная спелость	полная спелость	кущение	полная спелость	кущение	полная спелость
Пар занятый	Отвальная	34,1	11,6	18,4	3,9	3,5	6,9	2,1	4,1	5,8	60,1	28,3
	Поверхностная	47,9	22,5	24,8	7,1	5,3	12,4	7,2	7,1	8,1	85,1	50,1
	Комбинированная	37,2	14,3	19,5	4,8	3,1	8,7	4,5	4,8	5,4	64,6	38,2
	Мелкая	40,5	16,4	22,3	5,3	4,6	11,3	7,0	6,7	7,1	74,1	40,1
Горох на зерно	Отвальная	36,5	13,2	19,1	5,1	3,9	8,3	4,2	5,2	6,3	64,7	32,9
	Поверхностная	48,9	24,8	27,0	8,3	6,0	13,3	9,5	8,5	9,6	90,4	56,0
	Комбинированная	40,4	13,9	25,3	5,3	3,7	9,1	5,8	5,3	6,5	74,7	34,8
	Мелкая	43,4	18,5	30,6	6,7	4,7	11,7	7,9	6,8	8,2	85,5	45,1
Кукуруза на силос	Отвальная	42,3	18,6	36,3	5,1	3,7	12,3	7,9	5,7	6,0	88,0	42,0
	Поверхностная	55,4	31,0	68,5	9,7	5,0	20,3	15,2	8,9	9,0	137,8	70,0
	Комбинированная	44,5	25,0	44,8	6,7	4,0	12,7	9,2	5,4	7,0	98,7	51,4
	Мелкая	49,8	22,3	53,0	7,0	4,3	16,3	11,5	8,6	8,7	115,7	54,3

Влияние предшественника и обработки почвы на формирование биологических групп сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы, г/м<sup>2</sup> (2002–2013 гг.)

Предшественник	Обработка почвы	Зимующие		Яровые ранние		Яровые поздние		В т.ч. злаковые	Многолетние корнеотпрысковые		Всего		
		Фаза развития озимой пшеницы											
		кущение	полная спелость	кущение	полная спелость	кущение	полная спелость	полная спелость	кущение	полная спелость	кущение	полная спелость	
Пар занятый	Отвальная	33,2	32,0	25,1	8,6	1,6	13,4	8,1	20,1	28,8	80,0	82,8	
	Поверхностная	59,6	48,8	38,6	14,9	2,2	21,2	15,7	28,0	52,0	128,4	136,9	
	Комбинированная	42,1	44,9	34,3	11,4	2,2	17,6	11,3	25,4	36,1	104,0	110,0	
	Мелкая	40,6	48,8	41,4	17,	2,4	29,2	19,8	36,5	62,0	120,9	157,9	
Горох на зерно	Отвальная	38,7	40,8	29,2	10,7	2,2	17,9	11,1	23,4	35,0	93,5	104,4	
	Поверхностная	59,2	70,9	52,4	19,6	2,9	30,6	26,4	39,7	82,0	154,2	203,1	
	Комбинированная	50,5	56,4	33,7	15,6	2,7	26,3	17,5	28,2	45,0	115,1	143,3	
	Мелкая	47,3	56,0	45,0	14,8	2,6	26,5	18,6	32,1	65,1	127,0	162,4	
Кукуруза на силос	Отвальная	45,7	55,0	33,8	11,4	2,6	24,0	15,7	29,2	55,4	97,8	119,6	
	Поверхностная	74,4	93,0	68,0	21,3	3,7	43,5	34,5	54,5	100,2	200,6	258,0	
	Комбинированная	58,5	74,7	39,4	17,4	2,5	34,6	24,9	38,9	58,0	139,3	184,7	
	Мелкая	53,3	67,4	40,1	15,9	3,1	33,0	22,4	40,1	82,7	136,6	199,0	

Относительное содержание питательных веществ в  
зеленой массе культурных и сорных растений, %

Название растения	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
Озимая пшеница	2,64	0,78	1,65	0,21
Озимый ячмень	2,35	1,1	1,60	0,19
Горох	3,85	1,20	2,90	0,32
Горох+овес з/к	0,4	0,15	0,2	0,29
Кукуруза на силос	0,3	0,1	0,4	0,18
Подсолнечник	2,6	3,1	4,6	0,17
Дескурения Софии ( <i>Descurainia Sophia L.</i> )	2,1	0,12	0,51	0,05
Плевел опьяняющий ( <i>Lolium temulentum L.</i> )	3,2	0,20	2,28	0,04
Бодяк полевой ( <i>Cirsium arvense L.</i> )	2,0	0,7	1,61	0,18
Василек синий ( <i>Centaurea cyanus L.</i> )	1,1	0,13	0,55	0,05
Хориспора нежная ( <i>Chorispora tenella (Pall.) DC.</i> )	2,5	0,16	2,16	0,05
Амброзия полыннолистная ( <i>Ambrosia artemisifolia L.</i> )	2,1	0,18	3,26	0,22
Подмаренник цепкий ( <i>Galium aparine L.</i> )	1,8	0,16	1,59	0,11
Вьюнок полевой ( <i>Convolvulus arvensis L.</i> )	1,9	0,17	1,11	0,08
Лютик полевой ( <i>Ranunculus arvensis L.</i> )	1,5	0,17	2,63	0,11
ВСЕГО:	30,34	8,42	27,05	

Вынос азота, фосфора и калия культурными растениями и сорняками, кг/га

Название растения	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	всего
Озимая пшеница ( <b>при урожае 4,0 т/га</b> )	152,9	51,2	106,0	310,1
Озимый ячмень, 4,1	96,3	86,1	106,6	289,0
Горох, 2,0	97,0	24,0	58,0	179,0
Горох+овес з/к, 25,1	100,4	37,6	50,0	188,0
Кукуруза на силос, 37,6	112,8	37,6	150,4	300,8
Подсолнечник, 2,4	62,4	72,3	110,4	245,1
<b>В среднем по культурам севооборота</b>	<b>103,6</b>	<b>51,5</b>	<b>96,9</b>	<b>252,0</b>
Дескурация Софии ( <i>Descurainia Sophia L.</i> )	19,7	1,1	4,8	25,6
Плевел опьяняющий ( <i>Lolium temulentum L.</i> )	16,0	1,1	12,5	29,6
Бодяк полевой ( <i>Cirsium arvense L.</i> )	11,8	4,1	9,3	25,2
Василек синий ( <i>Centaurea cyanus L.</i> )	10,4	1,2	5,2	16,9
Хориспора нежная ( <i>Chorispora tenella (Pall.) DC.</i> )	25,2	1,6	21,8	48,6
Амброзия полыннолистная ( <i>Ambrosia artemisifolia L.</i> )	10,1	0,9	27,4	38,4
Подмаренник цепкий ( <i>Galium aparine L.</i> )	15,1	1,3	13,4	29,8
Вьюнок полевой ( <i>Convolvulus arvensis L.</i> )	7,4	0,7	4,3	12,4
Лютик полевой ( <i>Ranunculus arvensis L.</i> )	8,4	0,9	14,7	24,0
<b>Всего сорными растениями</b>	<b>124,1</b>	<b>12,9</b>	<b>113,3</b>	<b>250,5</b>

## Ростовые индексы тест-культуры и озимой пшеницы

Сорное растение	Ростовой индекс тест-культуры		Ростовой индекс надземной части		Ростовой индекс корневой части	
	1:50	5:50	1:50	5:50	1:50	5:50
Плевел опьяняющий	0,34	0,16	0,38	0,48	0,27	0,21
Лютик полевой	0,70	0,36	0,58	0,52	0,56	0,50
Бодяк полевой	0,42	0,11	0,42	0,38	0,27	0,23
Хориспора нежная	0,78	0,28	0,69	0,63	0,7	0,65
Амброзия полынно-листная	0,56	0,24	0,62	0,54	0,52	0,43
Василек синий	0,32	0,10	0,44	0,31	0,29	0,25
Вьюнок полевой	0,52	0,10	0,47	0,42	0,30	0,21
Одуванчик лекарственный	0,38	0,48	0,44	0,38	0,25	0,20
Дескурация Софии	0,84	0,42	0,70	0,62	0,69	0,63
Подмаренник цепкий	0,82	0,38	0,6	0,4	0,3	0,27

Распространенность и степень развития септориоза в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников, % (1993–1998 гг.)

Предшественник	Фазы развития					
	кущение		колошение		полная спелость	
	распростра- ненность, %	степень развития болезни, %	распростра- ненность, %	степень развития болезни, %	распростра- ненность, %	степень развития болезни, %
Бессменный по- сев озимой пше- ницы	86,6	15,1	83,3	20,0	78,8	17,2
Горох	71,6	9,5	78,3	13,6	75,0	10,4
Пар занятый (горох + овес)	66,6	9,9	71,6	12,9	71,6	10,8
Кукуруза на си- лос	75,0	13,0	76,6	15,6	76,9	13,3
Люцерна на се- но	65,0	10,1	73,3	13,9	75,0	13,5
НСР <sub>05</sub>	9,2	3,4	8,3	3,2	5,9	2,3
Sx, %	2,3	5,1	5,0	4,7	3,8	5,2



Распространенность и степень развития бурой ржавчиной  
в зависимости от предшественников озимой пшеницы, %  
(1993–1998 гг.)

Предшественник	Фаза развития			
	колошение		полная спелость	
	распространенность, %	степень развития болезни, %	распространенность, %	степень развития болезни, %
Бесменный посев озимой пшеницы	73,3	15,1	70,0	18,2
Горох	63,8	10,4	65,8	11,7
Пар занятый (горох + овес)	63,0	9,9	68,1	10,1
Кукуруза на силос	64,1	11,8	68,2	14,8
Люцерна на сено	63,1	10,3	64,8	11,9
НСР <sub>05</sub>	6,5	4,3	3,6	6,4
Sx, %	4,3	1,9	2,4	4,7

Распространенность и степень развития корневых гнилей  
в зависимости от предшественников озимой пшеницы, %  
(1993–1998 гг.)

Предшественник	Фазы			
	колошение		полная спелость	
	распростра- ненность, %	степень разви- тия болезни, %	распростра- ненность, %	степень разви- тия болезни, %
Бессменный посев озимой пшеницы	87	34,1	89	37,0
Горох	60	21,8	70	24,0
Пар занятый (горох + овес)	62	23,5	72	24,5
Кукуруза на силос	75	28,7	78	29,7
Люцерна на сено	65	26,6	75	27,0
НСР <sub>05</sub>	10,9	9,9	12	9
Sx, %	4,4	3,9	4,9	4,9

Динамика влажности почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественника и способа основной обработки почвы (2002–2013 гг.)

Предшест- венник, А	Обработка почвы, В	Влажность, %			Продуктивная влага, мм		
		перед севом	выход в трубку – колоше- ние	полная спелость	перед севом	выход в трубку – колоше- ние	полная спелость
Слой почвы 0–0,1 м							
Пар занятый (горох + овес з/к)	Отвальная	15,8	25,1	17,4	8,1	18,9	10,0
	Поверхностная	16,8	26,6	17,1	9,2	20,6	9,7
	Комбинированная	15,3	25,8	18,6	7,7	19,8	11,6
	Мелкая	17,9	28,6	19,8	10,4	22,5	12,5
Горох на зерно	Отвальная	14,6	22,1	16,6	6,7	15,4	9,1
	Поверхностная	16,2	25,5	17,0	8,4	18,9	9,4
	Комбинированная	15,4	24,7	16,2	7,7	18,6	8,5
	Мелкая	16,0	27,7	17,9	8,2	21,5	10,4
Кукуруза на силос	Отвальная	13,6	23,1	14,4	5,6	16,6	6,6
	Поверхностная	14,2	24,5	15,3	6,2	15,8	7,5
	Комбинированная	13,1	25,7	14,0	5,1	19,7	6,1
	Мелкая	14,8	26,4	15,8	6,9	20,0	8,0
Слой почвы 0–0,3 м							
Пар занятый (горох+овес з/к)	Отвальная	16,9	21,4	15,9	19,3	29,9	18,4
	Поверхностная	18,5	26,4	16,6	25,9	46,7	20,9
	Комбинированная	16,1	19,4	16,1	17,6	25,5	17,6
	Мелкая	20,1	22,9	16,9	30,1	37,5	21,7
Горох на зерно	Отвальная	15,3	23,4	15,1	15,6	33,5	15,1
	Поверхностная	16,3	25,5	15,2	20,1	44,3	17,1
	Комбинированная	16,0	23,1	14,9	17,4	34,3	14,8
	Мелкая	17,4	26,0	15,8	22,9	45,7	18,7
Кукуруза на силос	Отвальная	14,2	23,0	12,1	16,9	33,7	10,0
	Поверхностная	16,2	24,8	14,6	19,8	42,5	15,6
	Комбинированная	15,0	23,2	12,8	14,9	38,3	10,8
	Мелкая	16,8	24,1	14,9	21,4	40,7	16,4
Слой почвы 0–1,0 м							
Пар занятый (горох+овес з/к)	Отвальная	15,9	26,9	15,0	106,7	130,5	119,5
	Поверхностная	14,8	29,5	15,6	119,1	146,9	121,6
	Комбинированная	14,0	26,4	14,9	110,2	132,6	118,5
	Мелкая	16,2	24,8	16,1	124,6	142,4	125,4
Горох на зерно	Отвальная	14,2	27,1	14,7	94,8	119,2	102,5
	Поверхностная	14,9	27,4	15,1	109,2	125,6	118,1
	Комбинированная	15,3	25,9	14,2	96,9	129,2	105,4
	Мелкая	15,1	27,8	15,9	106,8	131,3	121,4
Кукуруза на силос	Отвальная	13,8	24,9	13,3	85,3	109,4	92,3
	Поверхностная	14,2	26,6	14,6	95,7	117,7	102,5
	Комбинированная	13,9	25,1	13,8	87,8	100,5	95,0
	Мелкая	14,5	26,9	14,9	99,9	119,6	108,8

Влияние предшественников и основной обработки почвы на строение пахотного слоя почвы в посевах озимой пшеницы (2002–2013 гг.)

Показатель	Фаза развития озимой пшеницы	Пар занятый (горох+овес з/к)				Горох на зерно				Кукуруза на силос			
		1*	2*	3*	4*	1	2	3	4	1	2	3	4
Общая пористость, %	Перед севом	56,9	54,2	55,2	53,6	56,2	52,5	54,5	53,5	57,8	55,5	54,2	56,2
	Весеннее кущение	54,1	52,2	53,2	52,7	50,8	51,3	51,9	50,5	55,9	53,2	53,4	53,1
	Полная спелость	51,1	49,5	51,9	50,6	44,7	46,4	49,8	48,7	52,3	50,4	51,4	51,5
Капиллярная пористость, %	Перед севом	36,2	33,3	34,1	32,1	34,9	29,8	33,2	31,5	35,8	35,8	32,1	33,9
	Весеннее кущение	34,3	30,1	32,6	30,5	32,4	27,2	31,5	29,3	34,1	33,3	30,6	30,1
	Полная спелость	31,1	29,5	30,8	29,5	31,4	26,1	30,6	27,8	32,2	31,2	29,4	29,2
Некапиллярная пористость, %	Перед севом	20,7	20,9	21,1	21,5	21,3	22,7	21,3	22,0	22,0	19,7	22,1	22,3
	Весеннее кущение	19,8	22,1	20,6	22,2	18,4	24,1	20,4	21,2	21,8	19,9	22,8	23,0
	Полная спелость	20,0	20,0	21,1	21,1	13,3	19,2	19,2	20,9	20,1	19,2	22,0	22,3

\*Примечание: 1 – отвальный способ, 2 – поверхностный прием, 3 – комбинированный способ, 4 – прием мелкой обработки

## Влияние основной обработки почвы и предшественников на структурно-агрегатный состав (2002–2013 гг.)

Предшественник	Фракции, мм	Перед севом		Весеннее кушение		Перед уборкой	
		Содержание агрегатов в слое 0...40 см, %	Коэффициент структурности	Содержание агрегатов в слое 0...40 см, %	Коэффициент структурности	Содержание агрегатов в слое 0...40 см, %	Коэффициент структурности
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Отвальная обработка</b>							
Пар занятый (горох+овес з/к)	0,25...10	63,0	1,70	73,2	2,73	69,8	2,31
	< 10	29,5		18,2		19,5	
	> 0,25	7,5		8,6		10,7	
Горох на зерно	0,25...10	60,1	1,5	66,5	1,98	62,4	1,65
	< 10	32,3		25,4		26,4	
	> 0,25	7,6		9,1		11,2	
Кукуруза на силос	0,25...10	58,3	1,39	61,2	1,57	59,0	1,43
	< 10	33,5		28,6		29,1	
	> 0,25	8,2		10,2		11,9	
<b>Поверхностная</b>							
Пар занятый (горох+овес з/к)	0,25...10	76,0	3,16	78,2	3,58	76,9	3,32
	< 10	17,2		13,9		13,4	
	> 0,25	6,8		7,9		9,7	
Горох на зерно	0,25...10	72,6	2,64	76,7	3,29	75,3	3,04
	< 10	19,2		14,5		15,6	
	> 0,25	8,2		8,8		9,1	
Кукуруза на силос	0,25...10	69,8	2,31	71,7	2,53	69,0	2,22
	< 10	21,6		19,2		21,2	
	> 0,25	8,6		9,1		9,8	

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Комбинированная</b>							
Пар занятый (горох+овес з/к)	0,25...10	67,0		73,2		60,0	
	< 10	21,9	2,03	19,9	2,38	29,4	1,50
	> 0,25	11,1		9,6		10,6	
Горох на зерно	0,25...10	74,9		67,2		59,2	
	< 10	23,5	2,13	20,9	2,04	30,3	1,41
	> 0,25	11,6		11,9		11,5	
Кукуруза на силос	0,25...10	62,9		65,6		57,9	
	< 10	23,9	1,69	23,5	1,90	31,1	1,37
	> 0,25	13,2		10,9		11,0	
<b>Мелкая</b>							
Пар занятый (горох+овес з/к)	0,25...10	73,9		75,0		73,7	
	< 10	19,3	2,83	16,9	3,00	17,5	2,80
	> 0,25	6,8		8,1		8,8	
Горох на зерно	0,25...10	72,7		73,3		70,7	
	< 10	19,4	2,66	17,9	2,74	20,2	2,41
	> 0,25	7,9		8,8		9,1	
Кукуруза на силос	0,25...10	68,5		70,7		66,7	
	< 10	22,9	2,17	20,2	2,41	22,5	2,00
	> 0,25	8,6		9,1		10,8	

Плотность почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников и основной обработки (2002–2013 гг.), г/см<sup>3</sup>

Слой почвы, м	Фаза развития озимой пшеницы	Пар занятый (горох+овес з/к)				Горох на зерно				Кукуруза на силос			
		1*	2*	3*	4*	1	2	3	4	1	2	3	4
0–0,1	Перед севом	1,15	1,13	1,16	1,12	1,16	1,14	1,17	1,14	1,14	1,15	1,15	1,14
	Весеннее кушение	1,23	1,22	1,25	1,21	1,24	1,22	1,26	1,22	1,25	1,23	1,25	1,23
	Полная спелость	1,36	1,43	1,38	1,35	1,37	1,42	1,39	1,36	1,36	1,41	1,36	1,37
0,1–0,2	Перед севом	1,26	1,22	1,27	1,29	1,28	1,24	1,29	1,30	1,29	1,23	1,28	1,32
	Весеннее кушение	1,29	1,30	1,29	1,32	1,29	1,32	1,31	1,32	1,30	1,33	1,32	1,34
	Полная спелость	1,32	1,34	1,34	1,33	1,33	1,35	1,35	1,34	1,34	1,36	1,36	1,35
0,2–0,3	Перед севом	1,39	1,38	1,37	1,41	1,42	1,41	1,39	1,42	1,42	1,40	1,38	1,43
	Весеннее кушение	1,44	1,42	1,41	1,43	1,44	1,42	1,42	1,44	1,43	1,42	1,42	1,45
	Полная спелость	1,44	1,43	1,41	1,43	1,44	1,43	1,42	1,44	1,44	1,43	1,45	1,45

\*Примечание: 1 – отвальный способ, 2 – поверхностный прием,  
3 – комбинированный способ, 4 – прием мелкой обработки.

Продуктивность севооборота, к.ед. (биологизированная)

Факторы		Год (повторность)							
А – культура	В – способ обработки	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох + овес з/к	Отвальная	18,2	27,8	31,1	27,4	31,2	28,7	27,5	22,2
	Поверхностная	17,9	25,8	28,7	26,2	30,0	26,7	25,8	21,1
	Комбинированная	18,0	26,5	23,6	21,1	26,9	24,6	23,6	18,7
	Мелкая	16,7	26,3	17,8	15,9	25,4	22,7	21,7	16,1
Озимая пшеница	Отвальная	3,2	5,9	5,5	5,1	6,3	4,3	4,2	7,0
	Поверхностная	3,0	5,5	5,5	4,9	5,1	3,8	3,4	6,7
	Комбинированная	3,2	5,0	5,5	4,8	4,8	3,8	3,4	6,9
	Мелкая	2,6	5,1	4,8	4,6	4,2	2,4	2,5	6,5
Озимый ячмень	Отвальная	3,6	6,0	5,3	5,2	6,9	4,7	4,1	6,4
	Поверхностная	3,4	5,9	4,8	4,5	5,7	3,9	3,3	7,1
	Комбинированная	3,5	5,2	5,3	4,9	5,4	3,5	2,9	6,4
	Мелкая	3,3	4,5	3,7	4,2	4,7	3,3	2,5	6,9
Кукуруза на силос	Отвальная	2,3	13,9	15,2	14,2	18,2	16,8	16,7	14,1
	Поверхностная	12,0	13,4	14,6	13,7	17,3	16,1	15,4	13,5
	Комбинированная	12,2	13,2	14,4	13,5	16,6	15,5	14,6	13,2
	Мелкая	11,7	12,8	14,1	13,1	15,4	14,4	13,8	12,9
Озимая пшеница	Отвальная	3,1	5,2	5,1	4,9	5,3	4,5	3,3	5,9
	Поверхностная	2,8	4,8	4,9	4,6	4,5	4,2	2,9	6,1
	Комбинированная	2,9	4,6	3,9	3,9	4,2	3,3	2,5	6,1
	Мелкая	2,5	4,8	3,4	3,7	3,6	2,4	2,3	5,9
Горох	Отвальная	2,6	2,7	3,3	2,9	4,6	2,1	2,1	2,8
	Поверхностная	2,3	2,6	2,9	2,6	3,6	3,3	2,7	2,7
	Комбинированная	2,5	2,6	2,6	2,5	3,4	2,8	2,6	2,3
	Мелкая	2,2	2,2	2,1	1,9	2,8	2,4	2,6	1,9



Окончание приложения 39

<i>A</i>	<i>B</i>	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Озимая пшеница	Отвальная	3,4	5,5	3,2	2,9	5,8	4,9	4,0	7,0
	Поверхностная	2,9	5,1	2,7	2,7	5,4	4,8	3,6	6,5
	Комбинированная	3,3	5,1	3,3	2,5	4,6	4,2	3,1	6,6
	Мелкая	2,7	4,8	2,7	2,2	3,8	3,1	2,6	7,0
Яровой рапс (с 2010 – подсолнеч- ник)	Отвальная	1,6	1,9	2,1	1,8	2,4	2,1	2,1	2,8
	Поверхностная	1,5	1,8	1,6	1,6	2,3	1,9	1,9	2,7
	Комбинированная	1,5	2,1	1,8	1,7	2,1	1,7	2,1	2,4
	Мелкая	1,4	1,7	1,6	1,5	1,9	1,5	1,8	2,3

## Продуктивность севооборота, содержание протеина

Факторы:		Год (повторность)							
А – культура	В – способ обработки	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох + овес з/к	Отвальная	425,6	649,6	725,2	638,4	728,0	669,2	641,2	518,0
	Поверхностная	417,2	602,0	669,2	610,4	700,0	624,4	602,0	492,8
	Комбинированная	420,0	618,8	551,6	492,8	627,2	574,0	551,6	436,8
	Мелкая	389,2	613,2	414,4	372,4	593,6	529,2	506,8	375,2
Озимая пшеница	Отвальная	323,0	600,0	552,0	516,0	363,0	432,0	420,0	708,0
	Поверхностная	300,0	552,0	552,0	504,0	516,0	384,0	348,0	672,0
	Комбинированная	324,0	504,0	552,0	480,0	480,0	384,0	348,0	696,0
	Мелкая	264,0	516,0	480,0	468,0	420,0	240,0	252,0	660,0
Озимый ячмень	Отвальная	256,0	424,0	376,0	368,0	488,0	336,0	288,0	456,0
	Поверхностная	240,0	416,0	344,0	320,0	408,0	280,0	232,0	504,0
	Комбинированная	248,0	568,0	376,0	344,0	384,0	248,0	208,0	456,0
	Мелкая	232,0	520,0	264,0	296,0	336,0	232,0	176,0	416,0
Кукуруза на силос	Отвальная	452,2	512,4	560,0	525,0	672,0	620,2	395,0	518,0
	Поверхностная	442,4	492,8	539,0	504,0	637,0	593,6	568,4	497,0
	Комбинированная	449,4	488,6	532,0	497,0	611,8	569,8	537,6	488,6
	Мелкая	432,6	471,8	518,0	484,4	568,4	532,0	508,2	476,0
Озимая пшеница	Отвальная	312,0	528,0	516,0	492,0	540,0	456,0	336,0	600,0
	Поверхностная	288,0	492,0	492,0	468,0	456,0	420,0	288,0	612,0
	Комбинированная	300,0	468,0	396,0	396,0	420,0	336,0	252,0	612,0
	Мелкая	252,0	480,0	348,0	372,0	360,0	240,0	216,0	600,0

<i>A</i>	<i>B</i>	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох	Отвальная	429,0	448,5	546,0	487,5	760,5	351,0	351,0	468,0
	Поверхностная	390,0	429,0	487,5	429,0	604,5	546,0	448,5	448,5
	Комбинированная	409,5	429,0	429,0	409,5	565,5	468,0	429,0	390,0
	Мелкая	375,5	370,5	351,0	331,5	468,0	409,5	429,0	312,0
Озимая пшеница	Отвальная	348,0	552,0	324,0	300,0	588,0	492,0	408,0	708,0
	Поверхностная	300,0	516,0	276,0	276,0	540,0	480,0	372,0	660,0
	Комбинированная	336,0	516,0	336,0	252,0	468,0	420,0	312,0	677,0
	Мелкая	276,0	492,0	276,0	228,0	384,0	312,0	264,0	708,0
Яровой рапс (с 2010 г. – под- солнечник)	Отвальная	99,4	120,7	124,8	113,6	149,1	127,8	127,8	170,4
	Поверхностная	92,3	113,6	99,4	99,4	142,0	120,7	120,8	163,3
	Комбинированная	92,3	127,8	11,3	106,5	127,8	106,5	127,8	149,1
	Мелкая	85,2	106,5	99,4	92,3	120,7	92,3	113,6	112,0

Продуктивность севооборота, к.ед. (рекомендованная)

Факторы:		Год-повторность							
А – культура	В – способ обработки	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох + овес з/к	Отвальная	22,8	30,0	37,6	34,3	36,0	33,0	31,6	25,6
	Поверхностная	22,8	27,7	31,9	29,4	30,3	31,3	30,7	22,4
	Комбинированная	22,3	28,2	25,8	23,8	28,7	24,2	26,3	19,6
	Мелкая	21,8	28,1	25,1	22,1	26,9	20,9	23,3	17,2
Озимая пшеница	Отвальная	4,8	6,12	5,16	5,0	7,2	5,6	5,04	7,32
	Поверхностная	4,56	5,64	4,56	4,15	6,0	4,68	4,08	6,48
	Комбинированная	4,4	4,92	4,62	4,32	5,5	3,96	3,24	6,96
	Мелкая	4,3	5,16	4,15	3,84	4,9	2,64	2,88	6,36
Озимый ячмень	Отвальная	3,95	5,99	4,75	4,52	7,8	4,86	4,18	5,76
	Поверхностная	3,73	5,56	4,63	4,40	6,7	4,52	3,7	6,2
	Комбинированная	3,5	5,19	4,63	4,40	6,1	4,4	3,6	6,8
	Мелкая	3,82	4,07	3,39	3,28	5,5	3,7	3,05	5,2
Кукуруза на силос	Отвальная	12,7	14,2	15,5	14,6	19,0	15,9	16,8	14,4
	Поверхностная	12,1	13,7	15,0	14,4	18,4	15,0	16,2	14,1
	Комбинированная	12,1	13,9	14,9	14,1	17,5	13,7	15,8	13,8
	Мелкая	11,9	12,9	14,9	13,8	16,3	12,9	14,9	13,6
Озимая пшеница	Отвальная	3,0	5,4	5,76	5,28	5,64	4,9	4,32	6,48
	Поверхностная	2,76	5,28	4,92	4,68	5,16	4,56	3,84	6,12
	Комбинированная	2,76	4,68	4,44	4,2	4,4	4,2	3,24	6,6
	Мелкая	3,0	5,16	4,08	3,84	4,1	2,76	2,76	6,7

<i>A</i>	<i>B</i>	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох	Отвальная	2,69	2,22	2,16	2,8	3,4	2,5	2,6	2,7
	Поверхностная	2,57	1,99	2,45	2,2	3,15	2,45	2,5	2,6
	Комбинированная	2,57	2,1	1,63	2,3	2,8	2,1	2,5	2,2
	Мелкая	2,46	1,75	1,76	2,0	2,6	1,98	2,1	1,87
Озимая пшеница	Отвальная	3,5	5,96	3,24	3,0	6,36	5,2	4,56	6,84
	Поверхностная	3,2	5,36	2,76	2,88	5,76	4,8	3,84	6,48
	Комбинированная	3,4	4,6	3,36	3,36	5,04	4,4	3,0	6,84
	Мелкая	3,1	4,68	2,13	2,52	4,3	3,7	2,4	6,96
Яровой рапс (с 2010 г. – под- солнечник)	Отвальная	1,85	2,6	3,0	1,9	2,8	2,5	2,9	3,6
	Поверхностная	1,7	2,4	2,4	1,8	2,5	2,2	2,6	3,3
	Комбинированная	1,7	2,4	2,6	1,6	2,2	2,4	2,8	3,1
	Мелкая	1,5	2,1	2,2	1,5	2,0	2,2	2,8	2,9

## Продуктивность севооборота, протеин (рекомендованная)

А – культура	В – способ обработки	Год-повторность							
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох + овес з/к	Отвальная	532	700	876,4	800,8	840,0	770,0	736,4	596,4
	Поверхностная	532	646,8	744,8	686,0	708,4	730,8	716,8	523,6
	Комбинированная	520,8	658	602,0	554,4	669,2	565,6	613,2	456,4
	Мелкая	509,6	680,4	585,2	515,2	627,2	487,2	543,2	400,4
Озимая пшени- ца	Отвальная	480	612	516	504	720	564	504	732
	Поверхностная	456	564	456	415,2	600	468	408	648
	Комбинированная	444	492	462	432	552	396	324	696
	Мелкая	432	516	415,2	386	492	264	288	636
Озимый ячмень	Отвальная	280	424	336	320	552	344	296	408
	Поверхностная	264	392	328	312	472	320	254	440
	Комбинированная	248	368	328	312	432	312	256	480
	Мелкая	200	228	240	232	392	264	216	368
Кукуруза на силос	Отвальная	467,6	525	574	539	700	589,4	620,2	532
	Поверхностная	449,4	503,4	554,4	529,2	676,2	553	597,8	520,8
	Комбинированная	448	511	547,4	519,4	645,4	505,4	582,4	509,6
	Мелкая	438,2	476	525	509,6	599,2	477,4	551,6	501,2
Озимая пшени- ца	Отвальная	300	540	576	528	564	492	432	648
	Поверхностная	276	528	492	468	516	456	384	612
	Комбинированная	276	468	444	420	444	420	324	660
	Мелкая	300	516	408	384	408	276	276	672

<i>A</i>	<i>B</i>	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох	Отвальная	448,5	370,5	360,7	468	565,5	429	429	448,5
	Поверхностная	429	331,5	409,5	370,5	526,5	409,5	409,5	426
	Комбинированная	429	351	273	382,2	468	351	409,5	370,5
	Мелкая	409,5	273	295,5	339,3	448,5	331,5	351	312
Озимая пшеница	Отвальная	480	596,4	324	300	636	516	456	684
	Поверхностная	480	536,4	276	288	576	480	384	648
	Комбинированная	384	456	336	339	504	444	300	684
	Мелкая	348	468	216	252	432	372	240	696
Яровой рапс (с 2010 г. – подеолнечник)	Отвальная	480	660	980	510	720	660	242	290,4
	Поверхностная	450	630	630	468	660	570	217,8	273,5
	Комбинированная	450	630	780	420	570	645	229,9	254,1
	Мелкая	390	540	570	390	525	576	229,9	242

## Урожайность культур севооборота, т/га (рекомендованная)

Факторы:		Год (повторность)							
А – Культура	В – способ обработки	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох + овес з/к	Отвальная	19,0	25,0	31,3	28,6	30,0	27,5	26,3	21,3
	Поверхностная	19,0	23,1	26,6	24,5	25,3	26,1	25,6	18,7
	Комбинированная	18,6	23,5	21,5	19,8	23,9	20,2	21,9	16,3
	Мелкая	18,2	24,3	20,9	18,4	22,4	17,4	19,4	14,3
Озимая пшеница	Отвальная	4,0	5,1	4,3	4,2	6,0	4,7	4,2	6,1
	Поверхностная	3,8	4,7	3,8	3,46	5,0	3,9	3,4	5,4
	Комбинированная	3,7	4,1	38,5	3,6	4,6	3,3	2,7	5,8
	Мелкая	3,6	4,3	34,6	3,2	4,1	2,2	2,4	5,3
Озимый ячмень	Отвальная	3,5	5,3	4,2	4,0	6,9	4,3	3,7	5,1
	Поверхностная	3,3	4,9	4,1	3,9	5,9	4,0	3,3	5,5
	Комбинированная	3,1	4,6	4,1	3,9	5,4	3,9	3,2	6,0
	Мелкая	2,5	3,6	3,0	2,9	4,9	3,3	2,7	4,6
Кукуруза на силос	Отвальная	33,4	37,5	41,0	38,5	50,0	42,1	44,3	38,0
	Поверхностная	32,1	36,1	39,6	37,8	48,3	39,5	42,7	37,2
	Комбинированная	32,0	36,5	39,1	37,1	46,1	36,1	41,6	36,4
	Мелкая	31,3	34,0	37,5	36,4	42,8	34,1	39,4	35,8
Озимая пшеница	Отвальная	2,5	4,5	2,7	4,4	4,7	4,1	3,6	5,4
	Поверхностная	2,3	4,4	2,3	3,9	4,3	3,8	3,2	5,1
	Комбинированная	2,3	3,9	2,8	3,5	3,7	3,5	2,7	5,5
	Мелкая	2,5	4,3	1,8	3,2	3,4	2,3	2,3	5,6



<i>A</i>	<i>B</i>	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох	Отвальная	2,3	1,9	1,85	2,4	2,9	2,2	2,2	2,3
	Поверхностная	2,2	1,7	2,1	1,9	2,7	2,1	2,1	2,2
	Комбинированная	2,2	1,8	1,4	1,96	2,4	1,8	2,1	1,9
	Мелкая	2,1	1,4	1,5	1,74	2,3	1,7	1,8	1,6
Озимая пшеница	Отвальная	3,4	4,97	4,8	2,5	5,3	4,3	3,8	5,7
	Поверхностная	3,4	4,47	4,1	2,4	4,8	4,0	3,2	5,4
	Комбинированная	3,2	3,8	3,7	2,8	4,2	3,7	2,5	5,7
	Мелкая	2,9	3,9	3,4	2,1	3,6	3,1	2,0	5,8
Яровой рапс (с 2010 г. – подсол- нечник)	Отвальная	1,6	2,2	2,6	1,7	2,4	2,2	2,0	2,4
	Поверхностная	1,5	2,1	2,1	1,56	2,2	1,9	1,8	2,26
	Комбинированная	1,5	2,1	2,2	1,4	1,9	2,15	1,9	2,1
	Мелкая	1,3	1,8	1,9	1,3	1,75	1,9	1,9	2,0

## Урожайность культур севооборота, т/га (биологизированная)

Факторы:		Год (повторность)							
А – Культура	В – способ обработки	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох + овес з/к	Отвальная	15,2	23,2	25,9	22,8	26,0	23,9	22,9	18,5
	Поверхностная	14,9	21,5	23,9	21,8	25,0	22,3	21,5	17,6
	Комбинированная	15,0	22,1	19,7	17,6	22,4	20,5	19,7	15,6
	Мелкая	13,9	21,9	14,8	13,3	21,2	18,9	18,1	13,4
Озимая пшеница	Отвальная	2,7	5,0	4,6	4,3	5,3	3,6	3,5	5,9
	Поверхностная	2,5	4,6	4,6	4,2	4,3	3,2	2,9	5,6
	Комбинированная	2,7	4,2	4,6	4,0	4,0	3,2	2,9	5,8
	Мелкая	2,2	4,3	4,0	3,9	3,5	2,0	2,1	5,5
Озимый ячмень	Отвальная	3,2	5,3	4,7	4,6	6,1	4,2	3,6	5,7
	Поверхностная	3,0	5,2	4,3	4,0	5,1	3,5	2,9	6,3
	Комбинированная	3,1	4,6	4,7	4,3	4,8	3,1	2,6	5,7
	Мелкая	2,9	4,0	3,3	3,7	4,2	2,9	2,2	5,2
Кукуруза на силос	Отвальная	32,3	36,6	40,0	37,5	48,0	44,3	42,5	37,0
	Поверхностная	31,6	35,2	38,5	36,0	45,5	42,4	40,6	35,5
	Комбинированная	32,1	34,9	38,0	35,5	43,7	40,7	38,4	34,9
	Мелкая	30,9	33,7	37,0	34,6	40,6	38,0	36,3	12,9
Озимая пшеница	Отвальная	2,6	4,4	2,7	4,1	4,5	3,8	2,8	5,0
	Поверхностная	2,4	4,1	2,3	3,9	3,8	3,5	2,4	5,1
	Комбинированная	2,5	3,9	2,8	3,3	3,5	2,8	2,1	5,1
	Мелкая	2,1	4,0	2,3	3,1	3,0	2,0	1,9	5,0

<i>A</i>	<i>B</i>	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Горох	Отвальная	2,2	2,3	2,8	2,5	3,9	1,8	1,8	2,4
	Поверхностная	2,0	2,2	2,5	2,2	3,1	2,8	2,3	2,3
	Комбинированная	2,1	2,2	2,2	2,1	2,9	2,4	2,2	2,0
	Мелкая	1,9	1,9	1,8	1,7	2,4	2,1	2,2	1,6
Озимая пшеница	Отвальная	2,9	4,6	4,3	2,5	4,9	4,1	3,4	5,9
	Поверхностная	2,5	4,3	4,1	2,3	4,5	4,0	3,1	5,5
	Комбинированная	2,8	4,3	3,3	2,1	3,9	3,5	2,6	5,6
	Мелкая	2,3	4,1	2,9	1,9	3,2	2,6	2,2	5,9
Яровой рапс (с 2010-подсолнечник)	Отвальная	1,4	1,7	1,8	1,6	2,1	1,8	1,8	2,4
	Поверхностная	1,3	1,6	1,4	1,4	2,0	1,7	1,7	2,3
	Комбинированная	1,3	1,8	1,6	1,5	1,8	1,5	1,8	2,1
	Мелкая	1,2	1,5	1,4	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0

### Метод ковариационного анализа для уточнения эксперимента

Ковариационный анализ используют для уточнения опыта в случаях:

- если на результативный признак может оказать заметное влияние разное исходное состояние условий эксперимента, которые могут быть измерены в начале опыта;
- если на изучаемый признак в процессе эксперимента оказывают влияние не зависящие от вариантов опыта различные причины.

Ковариационный анализ включает три основных этапа:

- дисперсионный анализ ряда  $X$ ,  $Y$  и произведения  $XU$ ;
- разложение остаточной дисперсии  $C_z$  по ряду  $U$  (остаток 1) на сумму квадратов отклонений, обусловленную регрессией  $U$  по  $X$  ( $C_b$ ), и сумму квадратов отклонений от регрессии  $C_{dyx}$  (остаток 2);
- приведение фактических средних по ряду  $U$  к полной выравненности условий эксперимента по ряду сопутствующей переменной  $X$ .

Ковариационный анализ – это распространение методов дисперсионного анализа на случай нескольких переменных, а также корреляционного и регрессионного анализов на общие схемы полевых, лабораторных экспериментов.

Сумму квадратов отклонений, обусловленную регрессией  $U$  по  $X$ , определяют по формуле:

$$C_b = \frac{(\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y}))^2}{\sum (X - \bar{x})^2}.$$

Коэффициент регрессии  $U$  по  $X$  определяют по формуле:

$$b_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2}.$$

Результативный признак  $U$  выравнивают по соотношению:

$$Y_1 = Y + b_{yx}(\bar{x} - X),$$

где  $Y_l$  – скорректированное значение данных;

$Y$  – фактическое значение (урожая);

$b_{yx}$  – коэффициент регрессии  $Y$  по  $X$ ;

$(\bar{x} - X)$  – разность между средним значением независимой переменной по опыту  $\bar{x}$  и фактическим ее значением  $X$ .

До закладки опыта с озимой пшеницей учтен ее урожай в севообороте будущего опыта. Проведен ковариационный анализ результатов опыта.

Урожай озимой пшеницы (в ц с 1 га)  
в год предварительного учета (X) и в год опыта (Y)

Варианты*		Повторения**			Суммы $V_x$ и $V_y$	Средние
		A	B	C		
1	X	44	39	39	122	40,7
	Y	48	42	41	131	43,7
2	X	39	37	35	111	37,0
	Y	41	38	37	116	38,7
3	X	39	33	35	107	35,7
	Y	39	36	35	110	36,7
4	X	34	30	31	95	31,7
	Y	36	33	31	100	33,3
Суммы	$P_x$	156	139	140	$\sum X = 435$	$36,3 = \bar{X}$
	$P_y$	164	149	144	$\sum Y = 457$	$38,1 = \bar{Y}$

Примечания:

\*Варианты (способы обработки)

\*\*Повторения (предшественники)

1 – отвальная обработка

A – пар занятый

2 – поверхностная

B – горох на зерно

3 – комбинированная

C – кукуруза на силос

4 – мелкая

Формулы для вычислений сумм квадратов отклонений и произведений:

Дисперсия	Суммы квадратов и произведений		
	$X^2$	$XU$	$Y^2$
Общая – $C_y$	$\sum X^2 - C$	$\sum XU - C$	$\sum Y^2 - C$
Повторений – $C_p$	$\sum P_x^2 : l - C$	$\sum P_x P_y : l - C$	$\sum P_y^2 : l - C$
Вариантов – $C_v$	$\sum V_x^2 : n - C$	$\sum V_x V_y : n - C$	$\sum V_y^2 : n - C$
Остатка – $C_z$	$C_y - C_p - C_v$	$C_y - C_p - C_v$	$C_y - C_p - C_v$
Средних	$C = (\sum X)^2 : N$	$C = (\sum X)(\sum Y) : N$	$C = (\sum Y)^2 : N$

Выполнение расчетов по ковариационному анализу опыта

**Суммы квадратов для ряда X:**

$N = l \cdot n = 4 \cdot 3 = 12$ , где  $l$  – число строк и  $n$  – число столбцов в таблице.

$$C = (\sum X)^2 : N = (435)^2 : 12 = 15768$$

$$C_y = \sum X^2 - C = (44^2 + 39^2 + \dots + 31^2) - 15768 = 15945 - 15768 = 177$$

$$C_p = \sum P_x^2 : l - C = (156^2 + 139^2 + 140^2) : 4 - 15768 = 46$$

$$C_v = \sum V_x^2 : n - C = (122^2 + 111^2 + \dots + 95^2) : 3 - 15768 = 125$$

$$C_z = C_y - C_p - C_v = 177 - 46 - 125 = 6$$

**Суммы произведений XY:**

$$C = (\sum X) \cdot (\sum Y) : N = 435 \cdot 457 : 12 = 16566$$

$$C_y = \sum XY - C = (44 \cdot 48 + 39 \cdot 42 + \dots + 31 \cdot 31) - 16566 = 192$$

$$C_p = \sum P_x \cdot P_y : l - C = (156 \cdot 164 + \dots + 140 \cdot 144) : 4 - 16566 = 47$$

$$C_v = \sum V_x \cdot V_y : n - C = (122 \cdot 131 + 111 \cdot 116 + \dots + 31 \cdot 31) : 3 - 16566 = 143$$

$$C_z = C_y - C_p - C_v = 192 - 47 - 143 = 2$$

**Суммы квадратов для ряда Y:**

$$C = (\sum Y)^2 : N = 457^2 : 12 = 17404$$

$$C_y = \sum Y^2 - C = (48^2 + 42^2 + \dots + 31^2) - 17404 = 227$$

$$C_p = \sum P_y^2 : l - C = (164^2 + \dots + 144^2) : 4 - 17404 = 54$$

$$C_v = \sum V_y^2 : n - C = (131^2 + 116^2 + \dots + 100^2) : 3 - 17404 = 168$$

$$C_z = C_y - C_p - C_v = 227 - 54 - 168 = 5$$

Суммы квадратов записываем в таблицу ковариационного анализа и определяем коэффициент регрессии Y по X:

$$b_{yx} = \frac{\sum xy}{\sum x^2} = \frac{2}{6} = 0,333 \text{ ц.}$$

Это означает, что при изменении урожая предварительного учета X на 1 ц урожай в опыте Y в среднем увеличится на 0,333 центнера.

### Результаты ковариационного анализа

Дисперсия	Суммы квадратов и произведений			Степени свободы	Коэф. регрессии	Средний квадрат	F <sub>факт</sub>	F <sub>05</sub>
	X <sup>2</sup>	XУ	У <sup>2</sup>					
Общая	177	192	227	11	–	–	–	–
Повторений	46	47	54	2	–	–	–	–
Вариантов	125	143	168	3	–	56	65,1	5,41
Остаток 1	6	2	5	6	–	0,833	–	–
Регрессии	–	–	0,666	1	0,333	0,666	0,774	6,61
Остаток 2	–	–	4,334	5	–	0,86	–	–

Средние квадратов определяются делением дисперсий У на число степеней свободы. Так,  $56=168:3$ ;  $0,833=5:6$ ;  $0,666=0,666:1$ ;  $0,86=4,334:5$ .

Число степеней свободы для общей дисперсии равно  $4 \times 3 - 1 = 11$ , для повторений  $n-1=3-1=2$ , вариантов  $l-1=4-1=3$ , для остатка 1 равно  $2 \times 3 = 6$ , для регрессии присваивается число 1, для остатка 2 (для строки остаток 2)  $6-1=5$ .

Критерий  $F_{\phi}$  находим делением среднего квадрата для вариантов и регрессии на дисперсию остатка 2. Здесь для вариантов  $56:0,86=65,1$  и для регрессии  $0,666 : 0,86=0,774$ .

Значения критерия F на 5%-ном уровне значимости находим по известной таблице. Дисперсия вариантов имеет три степени свободы из пяти остатка 2 (ошибки), а регрессии 1 из 5. При этом  $F_{05}=5.41$ , а  $F_{\phi}=65.1$ ,  $F_{\phi}>F_{05}$ .

Это доказывает, что разности между средними по вариантам существенны на 5%-ном уровне значимости, т.е. по вариантам способов обработки почвы.

Также математически доказано, что между предшественниками разница несущественна, так как  $F_{05}=6,61$ , а  $F_{\phi}=0,074$ ;  $F_{\phi} < F_{05}$ , то есть все изучаемые предшественники способствуют получению высокой урожайности озимой пшеницы.

Если  $X$  и  $Y$  берутся в виде отклонений от их средней величины, то они обозначаются малыми буквами  $x$  и  $y$ . Так,  $\sum(X - \bar{x})$  обозначается символом  $\sum x$ , а  $\sum(Y - \bar{y})$  символом  $\sum y$  и  $\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})$  символом  $\sum xy$ .

Сумма квадратов для регрессии  $Y$  по  $X$  (регрессию) равна

$$C_b = \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2} = \frac{2^2}{6} = 0.666.$$

Этой величине приписывается одна степень свободы, и она вычитается из остатка 1 ряда  $Y$ . В итоге получаем сумму квадратов для остатка 2 с 5-ю степенями свободы. Сумма равна 4,334. Она характеризует ошибку опыта после внесения поправки для приведения средних урожаев в опыте (в ц с 1 га). Результативный признак  $Y$  выравнивают по соотношению:

$$Y_i = Y + b_{yx}(\bar{x} - X)$$

Здесь  $Y_i$  – выравненные средние значения урожайности в опыте;

$Y$  – фактические значения переменной  $Y$  (по строкам);

$b_{yx}$  – коэффициент регрессии  $Y$  по  $X$ ;

$\bar{x}$  – среднее значение переменной  $X$ ;

$X$  – фактические значения переменной  $X$  (по строкам).

Находим выравненные значения урожайностей опыта:

$$Y_1 = 43,7 + 0,333(36,3 - 40,7) = 42,2 \text{ ц при отвальном способе};$$

$$Y_2 = 38,7 + 0,333(36,3 - 37,0) = 38,5 \text{ ц при поверхностном};$$

$$Y_3 = 36,7 + 0,333(36,3 - 35,7) = 36,9 \text{ ц при комбинированном};$$

$$Y_4 = 33,3 + 0,333(36,3 - 31,7) = 34,8 \text{ ц при мелком способе обработки}.$$

$$\text{Сумма } 42,2 + 38,5 + 36,9 + 34,8 = 152,4 \text{ ц}.$$

Средняя урожайность опыта с озимой пшеницей составит  $\bar{Y} = 38,1$  центнера с 1 га  $(152,4:4) = 38,1$ , т.е. совпадает с начальным значением.