

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Омский государственный педагогический университет»

На правах рукописи

Егорова Наталья Ивановна

**Экологические особенности состояния агрофитоценоза пивоваренного
ячменя в южной лесостепи Западной Сибири**

Специальность 03.02.08 - экология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:

Юшкевич Леонид Витальевич
доктор сельскохозяйственных наук

Омск - 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Обзор литературы.....	12
1.1. Влияние приемов обработки почвы на ее экологическое состояние	12
1.2. Экологические последствия интенсификации сельскохозяйственного производства и влияние на природную среду.....	15
1.2.1. Пестициды.....	16
1.2.2. Минеральные и органические удобрения.....	18
1.2.3. Тяжелые металлы	20
1.2.4. Радиоактивные элементы	21
Глава 2. Объекты, методы исследований. Почвенно–климатические условия.	23
2.1. Климат.	24
2.1.1. Погодные условия за годы исследований (2010-2012 гг.)	26
2.2. Почвенный покров	27
2.2.1. Характеристика почвенного покрова.....	28
2.3. Схема полевых опытов и их экологические особенности	31
2.4. Основные требования к качеству зерна пивоваренного ячменя	38
2.5. Ботаническая характеристика ячменя.....	39
2.6. Биологические особенности	40
2.6.1. Влияние абиотических факторов на продуктивность культуры.....	43
2.7. Характеристика сортов пивоваренного ячменя	45
Глава 3. Влияние длительного применения почвоохранной обработки и средств интенсификации на экологические свойства черноземных почв	50
3.1. Агроэкологическая оценка агрофизических свойств почвы	50
3.2. Обеспеченность почвы влагой. Водопотребление посевов ячменя.....	55
3.3. Влияние средств интенсификации и приемов обработки почвы на биологическую активность	60
3.4. Влияние приемов обработки почвы и средств интенсификации на питательный режим.....	65
3.4.1. Азотный режим почвы	67

3.4.2. Фосфорный режим почвы	70
3.4.3. Калийный режим почвы	72
3.5. Агроэкотоксикологическая оценка черноземов при выращивании пивоваренного ячменя	73
Выводы по главе 3	81
Глава 4. Особенности агроэкологического и фитосанитарного состояния агрофитоценоза посевов пивоваренного ячменя в зависимости от воздействия антропогенных факторов	84
4.1. Количественно – видовой состав сорного компонента агрофитоценоза пивоваренного ячменя	84
4.2. Фитопатологическое состояние агрофитоценоза посевов ячменя.....	88
4.3. Влияние экологических условий на продуктивность и основные элементы структуры урожая пивоваренного ячменя.	95
4.4. Влияние экологических факторов на качественные параметры зерна.....	100
4.5. Оценка накопления токсикантов в зерне пивоваренного ячменя.	104
Выводы по главе 4.	108
Глава 5. Экологическое состояние агрофитоценоза сортов пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири в зависимости от применения средств интенсификации.	111
5.1. Влажность почвы и водопотребление посевов сортов ячменя	112
5.2. Влияние средств интенсификации на засоренность посевов	114
5.3. Экологическая оценка инфицированности посевов	116
5.4. Развитие корневой системы	119
5.5. Фотосинтетическая деятельность посевов	124
5.6. Элементы структуры урожая, урожайность и качество зерна ячменя	126
Выводы по главе 5	134
Заключение	137
Предложения производству	139
Библиографический список.....	140
Приложения	161

Введение

Повышение продуктивности и качества зерновых культур, в том числе и ячменя – основа экономической стабильности сельскохозяйственных предприятий. Устойчивый рост производства зерна в настоящее время связан с интенсификацией технологического процесса выращивания, направленного на создание высокопроизводительных агрофитоценозов, улучшение качества зерна и сокращение его потерь от сорняков, болезней, вредителей и стрессовых погодных явлений при сохранении экологической безопасности окружающей среды, снижения ресурсных и энергетических затрат.

Агрофитоценоз – это растительное сообщество, создаваемое человеком путем посева возделываемых растений. В состав агрофитоценоза входят культурные и сорные растения. Основу агрофитоценоза составляет фитоценоз, растительное сообщество, существующее в пределах одного биотопа и характеризуется относительной однородностью видового состава, определённой структурой и системой взаимоотношений растений друг с другом и с внешней средой. Впервые термин «фитоценоз» был применён в 1915 году польским исследователем И.К. Пачоским.

Ячмень - одна из самых важных (после пшеницы), широко распространенных и высокоурожайных колосовых культур (Бахтеев Ф.Х, 1955; Коданев И.М., 1964; Анисков Н.И., 2007). Зерно ячменя - ценный концентрированный корм для животных, сырье для пивоварения и производства перловой и ячневой круп. Ячмень используют также для изготовления муки, суррогата кофе, солодового экстракта, который широко применяют в спиртовой, кондитерской и других отраслях легкой промышленности.

В России пивоваренным ячменем засеивается около 3 млн. га или 44% от всей площади, из них в Центральном Черноземной регионе – 2,8 млн. га или более 90%, что свидетельствует о важности его в зерновом балансе страны (Анисков Н.И., 2007, 2010; Шмаль В.В., 2011).

В сложных почвенно-климатических условиях региона Западная Сибирь вносит существенный вклад в зерновой баланс страны, производя ежегодно до 10-

12 млн. тонн зерна, или около 12-15% от общероссийского. На душу населения зерна производится в год около 700-800 кг или на 15-20% больше, чем в среднем по стране, в том числе в Омской области более 1,5 тонн, или в 2 раза выше, чем по России (Юшкевич Л.В., 2012).

В Омской области из общей площади посева зерновых культур (2 млн. га) посевы ячменя занимают около 260 тыс. га или 13,7%, в том числе в южной лесостепной зоне — 15,8%. На ближайшую перспективу (до 2015 г.) площади посева ячменя в области, в том числе и на пивоваренные цели, должны достигнуть более 360 тыс. га (15%), в южной лесостепи — 110-120 тыс. га или 18-19% от посевов зерновых культур.

По данным в Омской области площадь посева ячменя в 2012 году составила около 227,7 тыс. га, из них в южной лесостепи – 77,7 тыс. га или 34,1% от общей площади (приложение 2). Площадь посевов сортов ячменя Омский 90 составила 65,1 тыс. га; Омский 95 – 82,4 тыс. га; Авангард – 9,6 тыс. га; Омский голозерный 2 – 7,5 тыс. га; Аннабель – 2,4 тыс. га; Сигнал – 5,2 тыс. га, Ксанаду – 4,0 тыс. га и Беатрис – более 42,0 тыс. га. На пивоваренные цели используют сорта ячменя Омский 90, Сигнал, Аннабель, Беатрис и Ксанаду.

По ориентировочным оценкам для удовлетворения текущих потребностей населения в пиве заводы Западно-Сибирского региона (Новосибирская, Кемеровская, Омская, Томская, Тюменская области и Алтайский край) соответствующего профиля должны ежегодно получать около 80-100 тыс. тонн качественного зерна. Успешный опыт возделывания пивоваренного ячменя в Сибири показывает, что при стабильной экономической заинтересованности сельских товаропроизводителей на такой уровень производства зерна регион может выйти в ближайшие годы (Костылев А., 1972; Аниськов Н.И., 2010).

Потребность Омского завода компании «САН ИнБев» в зерне пивоваренного ячменя составляет около 50 тыс. тонн. В настоящее время мощность Омского филиала ОАО «САН ИнБев» составляет 8,3 млн. гектолитров пива в год. За период с 1999 года объем производства продукции завода увеличился более чем в 12 раз. Омский филиал является крупнейшим заводом компании «САН ИнБев» и

самым мощным пивоваренным заводом за Уралом, он входит в число крупнейших производителей пива в Европе. Завод предпочитает работать с зерном ячменя иностранной селекции: Беатрис, Аннабель, Ксанаду, Мадлен, Скарлет, Жозефин. Из отечественных сортов крайне ограниченно закупается ячмень сортов: Омский 90, Ача, Челябинский 99. Основные поставщики зерна – хозяйства лесостепной (Азовский, Марьяновский, Оконешниковский районы), степной (Павлоградский и Щербакульский районы) и подтаежной (Муромцевский район) зон Омской области. Недостающий объем пивоваренного ячменя закупается в хозяйствах Новосибирской, Тюменской областей и Алтайском крае.

До недавнего времени пивоваренные предприятия Сибири завозили ячмень с северо-западных и центральных регионов европейской части России, республик бывшего СССР, а также из стран дальнего зарубежья. Распад экономических связей с республиками, повышение транспортных тарифов на перевозку, а в последние годы и поставка не вполне качественного сырья заставляют сибирских пивоваров изыскивать возможности производить ячмень в местных условиях. Вследствие континентальности климата Западной Сибири, обязательным условием получения высококачественного сырья является разработка ресурсосберегающих технологий возделывания этой культуры.

При разработке и освоении зональных систем земледелия важная роль отводится проблеме эколого-токсикологической оценки почв и конечной продукции, оптимизации агрофизических свойств, питательного режима почвы, микробиологической активности с рациональным применением средств интенсификации, во многом определяющих продуктивность и качество сельскохозяйственных культур, а также изучению многокомпонентной системы «почва – растение – агрофитоценоз ячменя – конечная продукция».

Ресурсосберегающие технологии производства сельскохозяйственной продукции в Омской области – это адаптивно - ландшафтные технологии, основанные на принципе почвозащитного ресурсосбережения для получения экологически чистой продукции с повышенной продуктивностью при оптимальных затратах производственных и природных ресурсов [6]. Система

обработки почвы применяется дифференцированно в зависимости от особенностей агроландшафта и свойств почвы, степени проявления эрозионных процессов и биологических особенностей культур, предшественников и погодных условий (Кирюшин В.И., 1997; Прокуратова А.С., 2006; Личко А.К. и др., 2011).

Разработка адаптивных технологий возделывания пивоваренного ячменя применительно к специфическим почвенно-климатическим условиям Сибири способствует увеличению производства местного, более дешевого сырья, позволит повысить конкурентную способность продукции пивоваренных заводов и благоприятно скажется на финансовом оздоровлении производителей сельскохозяйственной продукции в регионе.

Основная задача современных адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур заключается во всемерной биологизации и экологизации, при которых устраняется загрязнение почвы и растений вредными для них веществами, сохранении и воспроизводстве процессов повышения плодородия почвы. Разработка экологически безопасных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в регионе всегда будет актуальной задачей (Донских О.В., 2005; Орсик Л.С., 2005; Гильгенберг И.В., 2007; Кузыченко Ю.А., 2012).

Земледелие является одним из наиболее значимых источников воздействия человека на окружающую природную среду. При этом используются возобновимые ресурсы (почва, вода, территория), естественные фитоценозы заменяются агроценозами, применяются удобрения, мелиоранты, средства защиты растений; меняются характеристики ландшафтов. По оценкам американских специалистов до трех пятых общего загрязнения окружающей среды связано с сельским хозяйством (Красницкий В.М., 2001).

Для установления оптимальных сочетаний применения в севооборотах систем обработки почвы и средств интенсификации (сельскохозяйственных культур), обеспечивающих получение экологически чистой продукции с повышенным качеством и продуктивностью, возникает необходимость

проведения комплексных исследований по изучению влияния антропогенных факторов на агрофитоценозы зерновых культур.

В настоящее время проблема получения высоких урожаев экологически безопасной продукции растениеводства является неотъемлемой частью экономической безопасности страны, что требует повышения рациональной интенсификации сельского хозяйства. В этой связи возникает необходимость осуществления постоянного экологического мониторинга состояния почвенного покрова и агрофитоценоза посевов выращиваемых зерновых культур.

В настоящее время процесс интенсификации в Западной Сибири поднимает ряд проблем и должен основываться на трех основных принципах: воспроизводство почвенного плодородия; эффективная защита растений от сорняков, вредителей и болезней; достижение оптимальной урожайности при освоении почвоохранных ресурсосберегающих технологий.

Цель исследования: комплексное изучение многокомпонентной системы «почва – растение – агрофитоценоз пивоваренного ячменя – конечная продукция» при влиянии абиотических, биотических и антропогенных факторов.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выявить закономерности и направленность изменений агрофизических параметров и элементов плодородия черноземных почв при длительном применении ресурсосберегающих систем обработки почвы и средств интенсификации при выращивании пивоваренного ячменя.

2. Определить количественные и качественные изменения агроэкологического и фитосанитарного состояния посевов пивоваренного ячменя в зависимости от воздействия антропогенных факторов (система обработки почвы и средства интенсификации).

3. Установить особенности и степень длительного воздействия приемов обработки почвы и средств интенсификации на микробиологический компонент почвенной среды и питательный режим почвы.

4. Выявить влияние средств интенсификации на формирование корневой системы, листовой поверхности у сортов пивоваренного ячменя.

5. Оценить влияние природных и антропогенных факторов на элементы структуры урожая, урожайность и качественные параметры зерна ячменя.

6. Провести экологическую оценку содержания тяжелых металлов, остатков пестицидов, радионуклидов в верхнем слое почвы и конечной продукции (зерно) при длительном рациональном применении средств интенсификации и ресурсосберегающей обработки почвы.

Научная новизна работы. Впервые в результате длительных (с 1972 г.) стационарных исследований изучена многокомпонентная система «почва – растение – агрофитоценоз пивоваренного ячменя – конечная продукция» при воздействии различных по интенсивности воздействия приемов обработки почвы и средств интенсификации. Установлены особенности агроэкологического и фитосанитарного состояния посевов пивоваренного ячменя в зависимости от воздействия антропогенных факторов (интенсивность обработки почвы и уровень применения средств интенсификации). Впервые определено влияние средств интенсификации на формирование корневой системы и фотосинтетическую деятельность у сортов пивоваренного ячменя. Проведен экологический мониторинг верхнего слоя черноземных почв и конечной продукции (зерно).

Основные положения, выносимые на защиту:

- основные закономерности и направленность изменений агрофизических параметров и элементов плодородия черноземных почв при длительном (40 лет) применении ресурсосберегающих систем обработки почвы и средств интенсификации;
- влияние антропогенных факторов на количественные и качественные изменения агроэкологического и фитосанитарного состояния агрофитоценоза посевов пивоваренного ячменя, структуру урожая, продуктивность и качественные параметры зерна;
- агроэкотоксикологическая оценка черноземов и конечной продукции (зерно) посевов пивоваренного ячменя при длительном влиянии ресурсосберегающих систем обработки почвы и средств интенсификации;

- особенности экологического состояния агрофитоценоза сортов пивоваренного ячменя при рациональном применении средств интенсификации.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты проведенных комплексных исследований определили возможность рационального применения ресурсосберегающих почвозащитных технологий обработки почвы и средств интенсификации при выращивании сортов пивоваренного ячменя, в том числе и иностранных, способствующих воспроизводству основных элементов почвенного плодородия, улучшению агроэкологического и фитосанитарного состояния агрофитоценоза, элементов структуры и урожайности зерна. Установлено, что накопления экотоксикантов в почве и конечной продукции (зерно) не происходит.

Выводы основаны на обобщении данных исследований, проведенных в 2010-2012гг., при изучении различных по интенсивности воздействия приемов обработки почвы (отвальная, плоскорезная, минимальная) с длительным рациональным применением средств интенсификации и возделыванием пивоваренного ячменя сорта иностранной селекции Аннабель, а также сортов ячменя (Омский 90, Ксанаду, Беатрис, Сигнал), полученных в стационарных опытах, проведенных ГНУ СибНИИСХ (г. Омск).

Выполнение рекомендаций и предложений, основанных на проведенных комплексных исследованиях, обеспечивает повышение урожайности зерна до 2,5-3,0 т/га с необходимыми оптимальными качественными параметрами зерна пивоваренного ячменя при воспроизводстве почвенного плодородия. Рациональное применение ресурсосберегающих почвоохранных систем обработки почвы и средств интенсификации способствует сохранению почвенного плодородия черноземных почв и получению экологически чистой продукции (зерно).

Материалы работы могут быть использованы для преподавания курсов экологии в высших учебных заведений, для выполнения студентами курсовых и выпускных квалификационных работ.

Апробация работы. Основные материалы диссертационной работы доложены на IV Международной научно - практической конференции «Эколого-

экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно - Сибирского региона» (Омск, 2012); Международной научно - практической конференции, посвященной памяти ученого и педагога И.В. Бекишевой «Природные ресурсы, биоразнообразие и перспективы естественнонаучного образования», (Омск, 2012); IV Международной научно - практической конференции «Проблемы современной биологии» (Москва, 2012); XVII Международной научно - практической конференции «Наука и современность – 2012» (Новосибирск, 2012); V Международной научно - практической конференции молодых ученых «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых» (Новосибирск, 2012).

Реализация результатов исследований. Рекомендуемая экологически безопасная технология выращивания пивоваренного ячменя используется, прошла производственную проверку и внедрение в 2010-2012 гг. в ГУСП ОПХ «Омское» ГНУ СибНИИСХ и КФК «Люфт» Азовского района Омской области.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 15 научных статей, четыре из них – в журналах, рекомендованных экспертным советом ВАК РФ.

Личный вклад. Автором поставлен ряд задач исследования, проведены полевые исследования, химический анализ почвенного покрова, сбор материала, аналитическая оценка и статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных результатов, сформулированы выводы диссертационной работы.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, предложений производству, библиографического списка и приложений. Библиографический список включает 244 наименований, в том числе 14 зарубежных авторов. Материалы диссертации изложены на 188 страницах печатного текста. Работа иллюстрирована 24 рисунками и 44 таблицами.

Глава 1. Обзор литературы

Для увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур в южной лесостепи Западной Сибири необходимо дальнейшее совершенствование и оптимизация почвозащитной системы земледелия, которая решит проблему воспроизводства почвенного плодородия. В настоящее время антропогенные воздействия на окружающую среду становятся всё более интенсивными и масштабными. Серьезную опасность для нашей планеты представляет усиливающее загрязнение природных сред – атмосферы, литосферы, биосферы (Ацци Д., 1932; Ермохин Ю.И., 1998; Красницкий В.М., 2001).

1.1. Влияние приемов обработки почвы на ее экологическое состояние

В России почвозащитная система земледелия применяется на 40 млн. га или на 26,3% от необходимой площади. Данная почвоохранная технология обработки почвы обеспечивает повышение урожайности зерновых культур и экономию трудовых затрат до 72,3 млн. чел-ч (Бараев А.И., 1998).

Установлено, что антропогенные факторы существенно влияют на плодородие почвы, что отражается на её свойствах, конечной продуктивности растений и качестве продукции (Методические рекомендации, 1987; Неклюдов А.Ф., 1990; Рейнгард Я.Р., 2002).

Многие ученые в нашей стране и за рубежом занимались проблемами плодородия почв. Наибольший вклад в изучение плодородия почв внесли В.Р. Вильямс (1931), А.А.Роде (1952), Мищенко Л.Н. (1991), Кирюшин В.И. (1997), Красницкий В.М. (1999), Рейнгард Я.Р. (2002) и другие ученые.

Исследованиями почвоведов установлено, что в России в слое почвы 0-30 см запасы гумуса ежегодно снижаются до 0,3-0,7%, что составляет в среднем 0,62 т/га. Пашня с низким и средним содержанием гумуса сегодня занимает около 90%, сенокосы - 72%, пастбища - до 96%. Кроме того, почти половина сельскохозяйственных земель испытывает недостаток влаги: 13 млн. га – засолены и кислые, более 36 млн. га – переувлажнены, третья часть подвержена ветровой и водной эрозии, более 74 млн. га загрязнены токсинами (Жуков Г.А., 1985; Кирюшин В.И., 1997; Орсик Л.С., 2005).

По мнению Дрючина С.С., Чибиса В.В. (2011) рациональное комплексное применение средств интенсификации и биологизации в допустимых объемах в земледелии - это решение задачи по дальнейшему увеличению производства зерна. Экологизация и восстановление эродированных почв для современного агропромышленного комплекса является наиболее актуальной проблемой. Во многом негативные проблемы в земледелии связаны с антропогенной деятельностью человека.

История земледелия показывает, что в начале все начиналось с примитивного механического рыхления почвы - от палки до мощного современного почвообрабатывающего агрегата - К-701 с девятикорпусным плугом ПН-9-35. Наши предки-землепашцы считали, что без механического рыхления не обойтись. Так легче заделать семена в почву, уничтожить сорняки, накопить влагу и питательные вещества (Буянкин Н.И., 2006).

Наиболее энергоемким и мощным фактором воздействия является глубокая отвальная обработка почвы, вследствие которой в целом повышается продуктивность пашни, но происходит значительный вынос из почвы питательных элементов, увеличиваются потери гумуса, возрастает эродированность пашни.

Интенсификация земледелия возрастает настолько, что потребление начинает обгонять воспроизводство почвенного плодородия, приводя со временем к ухудшению водно-физических свойств почвы, снижению ее противозэрозионной устойчивости и продуктивности поля. Как следствие, водная и ветровая эрозия охватила обширные территории пашни, оголяя поверхность почвы и усиливая потери влаги, гумуса, мелкозема, активизируя минерализацию органического вещества (Буянкин Н.И., 2006).

К самому простому, дешевому и эффективному приему борьбы с эрозией относится ограничение механических воздействий, как по глубине, так и по количеству операций, что приводит к сохранению и накоплению на поверхности почвы органики и ослабляет риск ухудшения агроэкологической ситуации. Минимизация обработки почвы приводит к улучшению качества гумуса.

Важное условие эффективности минимизации обработки почвы - использование средств интенсификации (Милюткин В.А. и др., 2005).

Так, Ю. Б. Мощенко (1985) отмечал, что технология возделывания сельскохозяйственных культур, основанная на ресурсосберегающей почвозащитной обработке почвы с оставлением стерни на поверхности поля, выполняет почвоохранную, влагонакопительную и влагосберегающую функции. Она способствует экономной мобилизации плодородия и эффективной защите от физической и биологической эрозии — излишнего разложения гумуса и опасности загрязнения грунтовых вод нитратами.

Исследования многих ученых (Бараев А.И., 1967; Мощенко Ю.Б., 1990; Холмов В.Г., 1990; Юшкевич Л.В., 2001) свидетельствуют о положительном влиянии почвозащитных обработок почв на содержание гумуса почв и их противозерозионный эффект.

Плоскорезная обработка (на глубину 15-17 см) улучшает структурное состояние пахотного слоя за счет уменьшения содержания пылевых фракций, снижает затраты на основную обработку на 43,6% и сокращает биологические потери гумуса по сравнению со вспашкой. За 15 лет, при использовании плоскорезной обработки, в слое 0—20 см содержание гумуса выросло от 5,37 до 5,58%, а на вспашке осталось на прежнем уровне (Мощенко Ю.Б., 1990; Бекетова О.А., 1997).

Юшкевич Л.В., Холмов В.Г. (2001, 2006) обобщив результаты исследований, выявили, что вопросы минимизации обработки в системе интенсивных технологий возделывания зерновых культур связаны с негативными сторонами плоскорезной и минимальной обработок: повышение засоренности агрофитоценоза, усиление дефицита минерального азота, снижение водопроницаемости почв. Они предлагали разработать мероприятия по усовершенствованию энергосберегающих технологий с учетом рационального применения средств интенсификации и выращивания новых сортов зерновых культур.

1.2. Экологические последствия интенсификации сельскохозяйственного производства и влияние на природную среду

Человек постоянно испытывает воздействие окружающей среды и изменяет её в процессе использования природных ресурсов (Чашин В.П., 2006).

В современное время исследования по интенсификации сельскохозяйственного производства представляют значительный интерес, потому что дают возможность объективно оценить влияние средств интенсификации на экологическое состояние посевов, урожайность и параметры качества конечной продукции, экологическую безопасность агроландшафтов.

Использование средств интенсификации (гербициды, удобрения, фунгициды, инсектициды) в умеренных научно-обоснованных количествах обеспечивает наибольшую эффективность производства зерна и является обязательным элементом современных агротехнологий (Юшкевич Л.В., 2001; Милюткин В.А., 2005; Холмов В.Г., 2006).

Исследованиями в нашей стране и за рубежом установлено, что удельный вес средств интенсификации в повышении урожайности достигает 50% и более (Жуков Г.А., 1985; Кирюшкин В.И., 1997).

Общая экологическая ситуация во многом определяет уровень продуктивности в агроценозах, поэтому приемы получения высоких урожаев экологически чистой продукции должны учитывать возрастающее воздействие антропогенной деятельности на окружающую среду.

К основным антропогенным факторам, приводящим к негативным последствиям в агрофитоценозах, относятся эрозионноопасная обработка почвы, неграмотное применение средств интенсификации, использование тяжелой сельскохозяйственной техники, техногенные выбросы и другие воздействия. Всё это приводит к развитию негативных процессов и явлений (ветровая эрозия, пересушение и переувлажнение почв, загрязнение почв нитратами, пестицидами, тяжелыми металлами, потеря гумуса, нарушение нормальных биологических циклов). Развитие негативных процессов приводит к разрушению структуры и устойчивости почв, снижению их плодородия, загрязнению

сельскохозяйственной продукции токсическими веществами, вредными для здоровья людей (Красницкий В.М., 2001; Буянкин Н.И., 2006; Каштанов А.Н., 2008).

В биосферу поступает свыше 500 тыс. разновидностей загрязняющих химических веществ, большая часть которых накапливается в почве. Это происходит вследствие изменений интенсификации сельскохозяйственного производства и нерационального использования агрохимикатов, выбросов промышленности и нефтехимии, сгорания топливных ресурсов и работы автомобильного транспорта, использования радиоактивных элементов, загрязнения отходами животноводства и народного хозяйства.

По этой причине в настоящее время большинство культурных ландшафтов, включая агроценозы, в той или иной степени загрязнены различными экотоксикантами. В число наиболее значимых включают тяжелые металлы, радионуклиды и остатки пестицидов. Свыше 62 млн. га почв в России загрязнено выбросами промышленных предприятий. Последними ежегодно нарушается 100-120 тыс. га продуктивных земель. В результате добычи полезных ископаемых и работы предприятий топливно-энергетического комплекса нарушено 1,0 млн. га и занято свалками 3,0 млн. га земель. Общая площадь земель, загрязненных токсикантами, составляет 74,3 млн. га. На европейской части страны радионуклидами загрязнено свыше 5 млн. га, на Южном Урале - 2 млн. га (Красницкий В.М., 2001).

Для решения природоохранных проблем важно учитывать комплексный характер использования средств интенсификации и современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в земледелии, проводить мониторинг состояния почв и конечной продукции.

1.2.1. Пестициды

Современное сельское хозяйство не может обходиться без пестицидов, применяемых для борьбы с вредными организмами. Применение пестицидов позволяет получать стабильные урожаи и ограничивать распространение инфекций, передаваемых животными-переносчиками. Непродуманное использование пестицидов имеет и негативные последствия. Они поражают

различные компоненты природных экосистем: уменьшают биологическую продуктивность фитоценозов, видовое разнообразие животного мира, снижают численность полезных насекомых и птиц, а в конечном итоге представляют опасность и для самого человека.

По функции *гербициды* можно разделить на группы. В одну из них входят вещества, применяемые для стерилизации почвы; они полностью предотвращают развитие на ней растений. К этой группе относятся хлористый натрий и бура. Гербициды II группы уничтожают растения избирательно, не затрагивая нужные. Например, 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) убивает двудольные сорняки и нежелательную древесно-кустарниковую растительность, но не вредит злакам. В III группу входят вещества, уничтожающие все растения, но не стерилизующие почву, так что растения на этой почве могут потом расти. Так действует, например, керосин, вещество, примененное в качестве гербицида. IV группа объединяет гербициды системного действия: нанесенные на побеги, они перемещаются по сосудистой системе растений вниз и поражают их корни. Еще один способ классификации гербицидов основан на времени их применения, например, до посева, до появления всходов и т.д.

Многие *фунгициды* – это неорганические вещества, содержащие серу, медь и органические соединения. Сера была первым эффективным фунгицидом и широко применяется до сих пор, особенно для борьбы с мучнистой росой. Из органических соединений первым стали применять против грибов формальдегид. Сейчас наиболее распространены синтетические органические фунгициды, например дитиокарбаматы. Антибиотики типа стрептомицина тоже используют для борьбы с грибами, однако чаще – для защиты растений от бактерий. Фунгицид системного действия перемещается по всему растению и действует подобно антибиотику, излечивая болезни, вызываемые грибами, или не давая им появиться. Фунгициды широко применяют для борьбы с плесенью. В хлеб, например, с этой целью добавляют пропионат натрия [77, 157].

Инсектициды – химические препараты, относящиеся к группе пестицидов и направленные на уничтожение вредных насекомых, червей, их яиц и личинок. В

состав инсектицидов могут входить вещества, содержащие высокую токсичность растительного происхождения, хлорорганические и фосфоорганические соединения (Маркевич А.Е., 2004; Мельников Н.Н., 1987; Минеев В.Г., 1984).

Пестициды, как правило, негативно влияют на почвенную микрофлору: бактерии, грибы, водоросли. Находясь в почве, они подвергаются действию абиотических факторов, существенную роль в их разложении играют микробные сообщества.

Накопление пестицидов в почве, попадание их в грунтовые и поверхностные воды ведет к нарушению естественных биоценозов и оказывает негативное влияние на фауну и здоровье людей.

Наиболее важной задачей является разработка мероприятий, направленных на эффективное применение средств защиты растений в производстве при минимальном негативном воздействии на окружающую среду (Красницкий В.М., 1999, 2001; Юшкевич Л.В., 2001; Прокуратова А.С., 2006; Холмов В.Г., 2006).

Охрана почв от загрязнения пестицидами предусматривает создание менее токсичных и менее стойких соединений. Разрабатываются приемы сокращения доз без снижения их эффективности при борьбе с сорняками и вредными насекомыми (Чашин В.П., 2006).

Применение пестицидов в научно-обоснованных дозах обеспечивает производство качественного урожая. В настоящее время при выращивании полевых культур пестицидная нагрузка в Великобритании составляет в среднем 3,0 кг/га; во Франции – 2,9 кг/га; в Китае – 2,4 кг/га; в Германии – 2,2 кг/га; в США – 1,8 кг/га; в Бразилии - 1,2 кг/га; в Польше – 1,1 кг/га; в Канаде – 1,0 кг/га; на Украине – 0,8 кг/га; в России, Индии только 0,2 кг/га; в Казахстане – 0,6 кг/га; в Омской области (2009г.) всего 0,19 кг/га [162] (приложение 3).

1.2.2. Минеральные и органические удобрения

Минеральные и органические удобрения являются приоритетными факторами антропогенного воздействия на агроэкосистему в сельскохозяйственных ландшафтах. В 1929 г. в мире выпущено 3,5 млн. т. минеральных удобрений. По состоянию на 2006 год их производится более 120

млн. т. в год или 23 кг на человека. Так, в России в 1994 году минеральных удобрений было выпущено 8,0 млн. тонн, а с 1999 года по 2008 год наблюдается рост производства минеральных удобрений в России - с 11,9 до 17,3 млн. тонн [137] (приложение 4). Только за счет этого фактора химизации всемирный сбор зерна во второй половине XX века увеличился больше чем на четверть. Минеральные удобрения содержат в своем составе не только питательные вещества для растений (N, K, P, Ca, микроэлементы и т.д.), но и вредные примеси, которые ухудшают плодородие почвы, снижают продуктивность растений, угнетают развитие животных и наносят вред здоровью человека. Калийные удобрения зачастую содержат бор в концентрациях, вредных для растений. Фосфорные – несут, как правило, в себе соединения фтора, угнетающе действуя на животных и человека (Чащин В.П., 2006).

Избыточное внесение в почву минеральных удобрений приводит к загрязнению грунтовых вод, к накоплению их в форме нитратов в растениях и организме человека.

Продукции без нитратов не бывает: наличие нитратов в растениях – это нормальное явление. Азот, окисляясь в растениях до нитратов, наряду с фосфором и калием составляет основу питания растений. Другое дело, когда поступление нитратов превышает потребности органического синтеза, и они накапливаются в корнях, листьях, плодах в значительных количествах.

Многие российские и зарубежные ученые изучали влияние макроудобрений (NPK) на урожайность, качество зерновых растений и особое внимание обращали именно на азотные удобрения (Авдонин Н.С., 1979; Андропова Т.М., 1981, Ганиев М.М., 2006; Воронкова Н.А., 2009).

Высокие дозы азотных удобрений, в том числе и органических, их несбалансированность для конкретных почв и культур могут стимулировать накопления в растениях нитратов и нитритов, которые, переходя в воду и растительный корм, вызывают отравления, хронические заболевания.

Нерациональное применение и внесение повышенных доз, средств интенсификации: пестицидов, минеральных и органических удобрений приводит довольно часто к загрязнению почв и продукции токсикантами.

Основная задача природоохранных мероприятий должна быть направлена на предотвращение выноса удобрений с поверхностными и подземными водными стоками и недопущение поступления избыточных количеств вносимых элементов в сельскохозяйственную продукцию.

1.2.3. Тяжелые металлы

Загрязнение тяжелыми металлами наземных экосистем не является новым экологическим фактором (Алексеев Ю.В., 1987; Красницкий В.М., 2002). Они входят в состав любых природных объектов. Многие из них относятся к числу биогенных элементов (медь, железо, цинк и т.д.) и в малых количествах в виде микроэлементов необходимы для поддержания всех форм жизни. Другие – оказывают токсическое воздействие на экосистемы, присутствуя в почве даже в незначительных количествах. К ним относятся кадмий, свинец, ртуть, мышьяк, считающиеся наиболее опасными экотоксикантами (Иванова Т.Н., 1997).

Увеличение содержания тяжелых металлов в почвах приводит к их деградации и ухудшению экологического состояния компонентов экосистем (Савич В.И. и др., 2011). Процессы роста и развития растений находятся под влиянием всего комплекса экологических факторов, составляющих среду обитания организмов. Каждый организм испытывает на себе воздействие других видов растений, животных и человека. В связи с развитием промышленности влияние антропогенного фактора в экосистемах существенно возросло. Тяжелые металлы нередко обладают высокой токсичностью и способностью к аккумуляции в почве, растениях и организме человека.

По данным Центра агрохимической службы «Омский» из всех минеральных удобрений наибольшее количество тяжелых металлов содержат фосфорные удобрения, наименьшее – азотные и калийные. Комплексные удобрения занимают промежуточное положение (Красницкий В.М., 2001) (таблица 1).

Таблица 1 - Среднее содержание тяжелых металлов в удобрениях, мг/кг

Удобрения	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni
Аммиачная селитра	0,25	0,5	1,0	0,3	0,9
Мочевина	1,3	6,0	0,8	0,25	7,5
Суперфосфат двойной гранулированный	38,0	14,2	13,0	3,5	17,0
Хлористый калий	12,5	12,3	4,5	4,3	19,3

По данным Овчаренко М.М. и Черных Н.А. (1988, 1997) ячмень характеризуется относительно низким уровнем накопления в продуктивных органах тяжелых металлов (ТМ). Минимальное количество токсикантов накапливается в зерне, максимальное - в корневой системе растения.

Анализ поступления тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr) в почвы Омской области свидетельствует о том, что наименьшее их количество приходится на минеральные удобрения (0,8 - 1,6% каждого элемента), доля поступления ТМ за счет органических удобрений находится в пределах 24 - 90%, при этом свинца, цинка и меди больше всего поступает с атмосферными осадками, а кадмия, никеля и хрома - с органическими удобрениями. В целом с органическими удобрениями в почву поступает в несколько раз больше тяжелых металлов, чем с минеральными (Красницкий В.М., 2001).

1.2.4. Радиоактивные элементы

Оптимизация сельскохозяйственного производства - наиболее важная проблема на территориях с повышенным содержанием радионуклидов. Известно, что использование средств интенсификации - необходимое технологическое звено в растениеводстве. Но некоторые препараты, обладающие биологической активностью, способны привести к изменению транспорта радиоактивных веществ и химических токсикантов в системе «почва-растение» (Филипас А.С., 2003). Главной задачей в условиях загрязнения почвенного покрова радиоактивными элементами является сокращение поступления данных элементов в растениеводческую продукцию.

Техногенные выбросы радионуклидов в природную среду в ряде районов земного шара значительно превышают природные нормы. Радионуклиды по цепи

«почва-растение-животное» попадают в организм человека, постепенно накапливаются и оказывают негативное воздействие на его здоровье.

Существенное влияние на накопление радионуклидов сельскохозяйственными культурами оказывают показатели почвенного плодородия. При повышении содержания гумуса в почве от 1 до 3,5% переход радионуклидов в растения снижается в 1,5–2 раза, по мере повышения содержания в почве подвижных форм калия от низкого (менее 100 мг K_2O на 1 кг почвы) до оптимального (200–300 мг/кг) – в 2–3 раза. Поступление радионуклидов в культуры существенно зависит от гранулометрического состава почв и режима их увлажнения [64]. Борьба с радиоактивным загрязнением окружающей среды носит предупредительный характер, поскольку не существует способов биологического разложения и других механизмов, позволяющих нейтрализовать этот вид заражения природной среды. Наибольшую опасность представляют радиоактивные вещества с периодом полураспада от нескольких недель до нескольких лет: этого времени достаточно для проникновения таких веществ в организм растений и животных.

К основным радионуклидам, определяющим характер загрязнения, относятся стронций - 90 и цезий – 137, которые образуются при ядерных взрывах в атмосфере, а также поступают в окружающую среду с отходами атомной промышленности. Благодаря химическому сходству с кальцием ^{90}Sr легко проникает в костную ткань позвоночных, тогда как ^{137}Cs накапливается в мышцах.

Таким образом, при длительном воздействии антропогенных факторов на почвенный покров происходят существенные изменения в элементах плодородия черноземных почв и экологического состояния посевов ячменя. Важнейшей задачей современного земледелия является производство экологически «чистой» продукции и постоянный экологический мониторинг за состоянием почвы и агрофитоценоза посевов ячменя, а также конечной продукции (зерно).

Глава 2. Объекты, методы исследований.

Почвенно – климатические условия

Территория Сибири составляет 56,7% от площади России. Под сельскохозяйственными угодьями освоено 56,4 млн. га, в том числе пашни - 27,8 млн. га, сенокосов и пастбищ - 28,6 млн. га. Общая площадь сельскохозяйственных угодий Западно – Сибирского региона составляет 35,5 млн. га или 14,2% земельного фонда страны. Под пашню освоено 19,43 млн. га, зерновые занимают в её структуре 52-54%. На долю плодородных земель в сочетании с благоприятными гидротермическими условиями приходится только 1% территории. Бонитет почв в Западной Сибири - 26-27, тогда как в Краснодарском крае - 58,8; агроклиматический потенциал соответственно 0,56 - 0,58 и 1,4 (Буянкин Н.И., 2006; Аниськов Н.И., 2007).

Площадь пашни в лесостепных районах Западной Сибири составляет около 10 млн. га (51,3%). Южная часть лесостепной зоны занимает свыше 4,4 млн. га пашни (22,8%). Зона проходит узкой полосой от Урала через южную часть Тюменской области, охватывает южно - лесостепные районы в Омской области и Южно - Барабинскую зону Новосибирской области и включает приобскую зону Алтайского края и основную (64%) часть пашни Кемеровской области (Холмов В.Г., 2006).

Территория ОПХ СибНИИСХ находится в зоне южной лесостепи. Условия хозяйства соответствуют южной лесостепной зоне. Опытный участок представляет собой микрорельефную равнину, около 15% территории которой занято лесополосами – почвозащитными насаждениями, оказывающие положительное влияние на его микроклимат. Южная лесостепная зона занимает 13,4% территории Омской области. Эродированность пашни колеблется от 15 до 35%, а распаханность территории составляет от 30 до 60% (Юшкевич Л.В., 2001).

Агроклиматические условия играют значительную роль в формировании зерна ячменя с низким содержанием белка для пивоваренного производства (Кадычев А.Н., 2011). В СибНИИСХ проанализированы результаты агрометеорологических условий за 11 лет (1993-2003гг.) в различных почвенно –

климатических зонах Омской области и составлена карта территории с вероятностью получения зерна с содержанием белка до 9 - 12% (Максимов Р.А., 2004).

2.1. Климат южной части Западной Сибири типично континентальный с продолжительной зимой и коротким летом, поздними весенними и ранними осенними заморозками. На территорию свободно вторгаются холодные арктические и тёплые, сухие из пустынь и степей Казахстана и Средней Азии, воздушные массы. Неустойчивость погодных явлений – отличительная черта климата лесостепной зоны Западной Сибири.

Важная особенность температурного режима зоны – большая (80-90⁰С) годовая амплитуда. Максимальная температура воздуха летом достигает 38-41⁰С, а низкие температуры зимой могут опускаться до -45-52⁰С.

Характерным показателем условий лесостепи является холодная и суровая зима, жаркое лето, ветреная и сухая весна, непродолжительная осень, короткий безморозный период, резкие колебания температуры по месяцам и периодам суток.

Весна характеризуется малым количеством осадков, неустойчивой погодой (жарой, возвратом холодов, суховеями, пыльными бурями). Лето короткое и теплое, велика вероятность засухи.

Переход среднесуточной температуры через 0⁰С происходит в середине апреля. Сумма эффективных температур выше 10⁰С составляет 1800-2000⁰С. Вегетационный период достигает 160-165 дней, в том числе безморозных 105-120 дней. Осадки весенне-летнего периода неустойчивы, носят ливневый характер и распределяются в пределах территории крайне неравномерно.

Период со среднесуточной температурой воздуха выше 15⁰С длится 70-80 дней. Слабые и средней интенсивности засухи наблюдаются ежегодно; продолжительность их за тёплый период бывает в среднем до 7 дней средней интенсивности и до 21 дня слабой.

Среднегодовая температура близка к 0°C. Температура самого теплого месяца (июль) 19-19,5°C, самого холодного (январь) -19 -20°C. Суховеи наблюдаются весной и в первой половине лета.

Преобладающие ветра зимой – юго-западного, а в летний период – северного и северо-западного направления. По степени влагообеспеченности зона южной лесостепи Западной Сибири относится к районам неустойчивого увлажнения. Обеспеченность растений влагой характеризуется гидротермическим коэффициентом (ГТК), который за вегетационный период колеблется в пределах 1,0-1,2, что указывает на удовлетворительную в среднем влагообеспеченность в период активной вегетации.

Среднегодовое количество осадков в южной лесостепи Омской области составляет 300-400мм, в том числе за вегетационный период – 190-220мм. Характерная черта климата зоны – неравномерное распределение осадков в течение года. В зимние месяцы выпадает 20-25%, а летом – 50-65%. Годовой максимум осадков в июле - 60-70мм, а минимум – с января по март (8-10мм). Несмотря на то, что основное количество осадков выпадает в летнее время, расход влаги на физическое испарение в этот период превышает сумму выпадающих осадков. Суточное количество осадков в Омске больше 10мм за вегетацию бывает в среднем 5 раз, больше 15мм – только 2 раза.

Зима длится около 5 месяцев. Первый снежный покров наблюдается в 3 декаде ноября, устойчивый - в 1-2 декадах ноября и достигает максимальной высоты (20-30см) в 1 декаде марта. Продолжительность снеготложения 150-160 дней, плотность снега в течение зимы возрастает с 0,28 до 0,34 г/см³. Сход снега на территории растянут. Разность между средними датами разрушения и полным сходом снега значительно меньше, чем между его появлением и образованием устойчивого снежного покрова. Продолжительность периода между появлением и образованием снежного покрова составляет 21 день, разрушением и сходом его – 10 дней. Усвоение зимних осадков составляет около 30-40%, промачивается в основном верхний полуметровый горизонт [2, 222].

По мнению Огородникова Л.П. (1994) лучшая способность к прорастанию зерна отмечена при выращивании ячменя в засушливые и умеренные годы, худшая – во влажные, когда этот показатель снижался до 81 - 82%.

2.1.1. Погодные условия за годы исследования (2010-2012 гг.)

Вегетационный период 2010 года был острозасушливым, что неблагоприятно повлияло на рост и развитие зерновых культур вследствие продолжительных периодов с засушливой погодой. За период вегетации выпало 112 мм осадков, что на 44% меньше нормы при температуре воздуха 16,6⁰С. Июль – август отличался малым количеством выпавших осадков (20-22 мм), что ниже нормы в 2,5-2,7 раза при средней температуре воздуха 18,2⁰С. Величина гидротермического коэффициента составила только 0,55 при норме 1,10 (таблица 2, приложение 1).

Таблица 2 - Метеорологические показатели в период вегетации,
в среднем 2010-2012 гг. (МТС «Омск - Степная»)

Месяц	Годы исследований			Среднее	Средне-многолетнее	Отклонение от нормы, ± °С; %
	2010	2011	2012			
Температура воздуха, °С						
Май	11,4	11,9	12,3	11,9	11,6	+0,3
Июнь	18,6	19,3	20,5	19,6	17,6	+2,0
Июль	17,8	17,9	22,8	19,5	19,3	+0,2
Август	18,6	16,1	17,9	17,5	15,9	+1,6
Май - август	16,6	16,3	18,4	17,1	16,2	+0,9
Сумма осадков, мм						
Май	27	23	38	29	26	112
Июнь	43	36	47	42	51	82
Июль	20	80	8	36	67	53
Август	22	64	50	45	53	85
Май - август	112	203	143	153	197	78
Гидротермический коэффициент ГТК (по Селянинову)						
Май - август	0,55	0,99	0,69	0,74	1,10	- 0,36

2011 год - более благоприятный по увлажнению: 203 мм осадков при норме 197 мм со средней температурой воздуха 16,3⁰С. Во второй декаде апреля удерживалась аномально теплая погода, средняя температура воздуха была выше

нормы на 6 -8°C. В целом апрель характеризовался необычно теплой, дождливой погодой. В июле - августе выпало 144 мм осадков, что превышало норму на 16,6%. ГТК за период май – август составил 0,99.

Период вегетации 2012 года был очень теплым с недобором осадков. Средняя температура за летний период составила +18,4°C, что на 2,2°C выше климатической нормы. Очень жарким и сухим был июль, среднемесячная температура воздуха (22,8°C) превысила норму в среднем на 3,5°C с количеством осадков только 8мм при норме 67мм. Во второй декаде июля наблюдалось опасное явление – «сильная жара». Максимальная температура воздуха в течение 3-7 дней повышалась до 33-39°C. За последние 5 лет лето 2012 года было теплее предыдущих в среднем на 2°C. За период май – август выпало 143 мм осадков, что было ниже нормы в 1,3 раза, ГТК за вегетационный период составил только 0,69 при норме 1,10.

2.2 Почвенный покров лесостепной зоны неоднороден. Южная лесостепь отличается сочетанием черноземов обыкновенных, лугово-черноземных почв в комплексе с солонцами, солончаками, солодами. Степная зона представлена сочетанием черноземов южных, обыкновенных, лугово-черноземных почв (Мищенко Л.Н., 1991; Юшкевич Л.В., 2001).

Черноземы являются зональным типом почв лесостепной зоны и занимают в общей сложности около 4 млн. га или 16% ее земельного фонда (Каретин Л.Н., 1974; Юшкевич Л.В., 2001; Холмов В.Г., 2006).

В своих работах по изучению черноземов Сибири профессор К.П. Горшенин (1955) объяснил генезис этих почв, направленность процессов почвообразования и разработал основы их классификации.

Микрооструктуренность пахотного слоя черноземов удовлетворительная, макрооструктуренность невысокая, а фактор дисперсности варьирует в пределах 3-16%. Количество водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм в пахотном слое заметно увеличивается и превышает 20-30%, на долю агрегатов крупнее 1мм приходится всего 2-16% (Качинский Н.А., 1958; Юшкевич Л.В., 2001; Холмов В.Г., 2006)

Исследованиями Слесарева В.Н. (1984) установлено, что для чернозёмов лесостепи наиболее благоприятные почвенные условия жизни растений пшеницы и ячменя формируются при плотности пахотного слоя $1,10 \text{ г/см}^3$. На более рыхлой ($0,9 \text{ г/см}^3$) и уплотненной ($1,3 \text{ г/см}^3$) почве снижается урожайность, в зависимости от места культуры в севообороте, в пределах от 16 до 32%.

Плодородной почвой, по мнению Denker С.Н. (1961), является такая почва, в которой твердая фаза занимает 50%, почвенный воздух – 25%, жидкая фаза – 25% общего объема. Водопроницаемость черноземов средняя. Максимальная гигроскопичность (МГ) по профилю колеблется от 6 до 11% к массе почвы. Влажность завядания – 1,3 МГ.

Запасы влаги, соответствующие влажности завядания (ВЗ) в слое 0-100 см тяжелосуглинистых черноземов, составляют 142-175 мм, среднесуглинистых – 117-123 мм или 41-52% от наименьшей влагоемкости (НВ), которая определяется гранулометрическим составом, содержанием гумуса и сложением почвы. Запасы влаги при НВ в слое 0-100 см на средне- и тяжелосуглинистом выщелоченном черноземе составляют соответственно 299 и 334 мм, из них продуктивной влаги 176 и 192 мм (57-59% от НВ) (Юшкевич Л.В., 2001; Холмов В.Г., 2006).

Многие исследователи (Костяков А.Н., 1960; Кружилин И.П., 1981; Лохачева О.А., 2011) отмечают, что влага относится к одному из главных факторов жизни растений. Для зерновых культур нижний порог влажности почвы, при котором растения нормально вегетируют, составляет 60-65% от НВ (наименьшая влагоемкость).

2.2.1. Характеристика почвенного покрова

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный среднемощный, среднегумусовый с содержанием гумуса в пахотном слое до 7-8% (Очерк к почвенной карте территории ОПХ СибНИИСХоза, 1969).

Описание почвенного покрова опытного участка представлено по материалам почвенного обследования в 1968 году кафедрой почвоведения Омского СХИ им. С.М. Кирова и Омской зональной агрохимической лабораторией. Участок представляет собой микрорельефную равнину, около 15% территории занято

лесополосами. Выщелоченные чернозёмы в ОПХ «Омское» в пашне занимают 33-34%, характеризуются относительно глубоким залеганием карбонатов кальция, глубина вскипания составляет в среднем 80-90 см.

Почвообразующие породы представлены палево-бурыми тяжёлыми суглинками и глинами, содержат карбонаты в пределах от 9 до 12% (CO_2). Грунтовые воды находятся на глубине 4,2-6,0 м, горизонтальное движение в них не наблюдается.

Морфологическое описание почвенного профиля, типичное для данной территории:

- *горизонт А* (0-25 см) – пахотный, темно-серый, комковато пылеватый, рыхлый. Переход в горизонт АВ постепенный по цвету и структуре;
- *горизонт АВ* (25-45 см) – темно-серый, однородный тяжелосуглинистый, комковато-зернистый с капролитами. Переход в горизонт В заметный по цвету и уплотнению;
- *горизонт В* (45-75 см) – серовато-бурый, неоднородный с гумусовыми подтеками, комковато - ореховатый, тяжелосуглинистый. Переход в горизонт ВС постепенный вскипание на глубине 59 см;
- *горизонт ВС* (75-118 см) – темновато-бурый, однородный, комковато - ореховатый, тяжелосуглинистый переход в горизонт С постепенный;
- *горизонт С* (глубже 118 см) – буровато-жёлтый, однородный, бесструктурный.

Мощность пахотного слоя 26 см, гумусовых горизонтов А и АВ составляет 38-44 см.

С увеличением глубины содержание гумуса по горизонтам уменьшается, в его составе преобладают гуминовые кислоты. Гумус слабо минерализован. Содержание валового фосфора в почве недостаточно: 1348-1756 мг/кг почвы. Подвижного фосфора (по Францесону) – до 8% от валовых запасов. Место его концентрации – гумусовые горизонты (таблица 3).

По данным Холмова В.Г. (1986, 1990) ежегодные потери гумуса в южной лесостепи на вспашке составляют в среднем 0,84, а на плоскорезной и минимальной обработке – 0,45-0,47 т/га или почти в 2 раза меньше.

Почва богата обменным калием, содержание которого достигает 583-812 мг K_2O на кг почвы (по Масловой), рН солевой вытяжки близка к нейтральной. В верхних горизонтах хорошо выражена комковато-зернистая структура, однако водопрочность её составляет только 12-24 % (Мищенко Л.Н., 1991).

Таблица 3 - Химический состав чернозёма выщелоченного среднесуглинистого

Глубина взятия образ- цов, см	Гу- мус %	Азот %	От- но- ше- ние С:N	Фосфор, мг/кг		Поглощенные основания, мг/экв/100г почвы			Сумма поглощ. основ. мг/экв	рН соле- вой вы- тяж- ки
				вало- вый	под- виж- ный	Ca	Mg	Na		
0-23	8,43	0,342	14	1524	108	27,3	8,4	0,32	36,02	6,4
34-42	5,71	0,190	17	1237	67	21,0	9,1	0,42	30,52	6,4
56-71	1,86	0,116	8,9	909	-	14,7	5,6	0,21	20,51	6,1
83-94	1,34	0,151	7,1	904	-	-	-	-	-	6,9
116-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,7

Гранулометрический состав почвы изменяется по профилю от среднесуглинистого до тяжелосуглинистого (таблица 4).

**Таблица 4 - Гранулометрический состав чернозема
в % к массе абсолютно-сухой почвы (по данным Соколова Б.С., 1968)**

Слой почвы, см	Физический песок					Физическая глина			
	Размер частиц, мм								
	>1,0	1,0- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	Сумма фрак- ций >0,01	0,01- 0,005	0,005 - 0,001	<0,001	Сумма фрак- ций <0,01
0-20	0,02	0,94	37,84	18,83	57,63	8,48	13,49	20,40	42,37
20-40	0,01	0,83	31,77	24,16	56,77	4,97	14,37	23,89	43,23
40-60	0,01	1,32	37,85	19,04	58,22	7,38	7,66	26,74	41,78
60-80	0,01	1,12	35,79	21,03	57,95	6,74	8,66	26,65	42,05
80-100	-	0,24	36,92	19,18	56,44	6,31	10,84	26,41	43,56

Величина гигроскопической влаги в слое 0-100 см составляет 106 мм; влажность завядания в метровом слое 155 мм. Запасы продуктивной влаги при наименьшей влагоемкости составляют 173 мм. Общие влагозапасы при капиллярной влагоемкости – 312.

Черноземы степной и лесостепной зон отличаются высокой влажностью завядания, недостаточными запасами продуктивной влаги, уплотненными и низкопористым сложением подпахотных горизонтов. Это определяет необходимость оптимизации водно-физического состояния почв (Чашина Н.И., 1969; Мальцев Т.С., 1971; Панфилов В.П., 1977).

Величина урожайности в основном определяется изменчивостью ресурсов света, тепла и влаги. Поэтому важной задачей является правильно оценить агроэкологические условия для нормальной жизнедеятельности сельскохозяйственных культур в опытной зоне. Более эффективное использование природных почвенно-климатических ресурсов возможно при научно-обоснованном размещении сельскохозяйственных культур в соответствии с требованиями к условиям среды обитания, а также рациональном применении ресурсосберегающих технологий выращивания и средств интенсификации [6].

2.3. Схема полевых опытов и их экологические особенности

Исследования выполнялись в стационарном полевом, многофакторных опытах. Изучение агрофизических свойств черноземных почв, состояния агрофитоценоза, оценка технологий выращивания сельскохозяйственных культур и содержания тяжелых металлов проводилось в лаборатории земледелия черноземной лесостепи, агрохимии и питательного режима почв Сибирского НИИ сельского хозяйства в период с 2010 – 2012 гг. (3 года). Определение остатков пестицидов, радионуклидов в почве и зерне, тяжелых металлов в конечной продукции (зерно) проводилось в Омской контрольно – токсикологической лаборатории.

Схема стационарного опыта №1

Исследования выполнялись в ОПХ «Омское» на базе длительного стационарного опыта, расположенного на опытном поле СибНИИСХ в зоне

южной лесостепи Омской области под культурой – ячменем пивоваренного сорта Аннабель в 2010-2012 гг.

Рациональное применение удобрений в стационаре осуществлялось в течение 40 (с 1972 г.), а интенсивных технологий – в течение 26 лет (с 1986 г.).

Опыт двухфакторный – закладывалось два блока: системы основной обработки почвы и применения средств интенсификации.

Варианты опыта:

1. Фактор обработки почвы (Фактор А)

1. Отвальная (ежегодная вспашка на глубину 20-22 см) – наиболее энергоемкая и разрушающая гумус;
2. Плоскорезная (на глубину 10-14 см) – ресурсосберегающая, почвозащитная;
3. Минимально - нулевая (на глубину 6-8 см) - щадящая.

2. Фактор химизации (Фактор В):

1. Контроль (без химизации);
2. Система гербицидов группы 2,4-Д (Г);
3. Система удобрений $N_{30}P_{30}$ (У);
4. Система гербицидов и удобрений (ГУ);
5. Система гербицидов, удобрений и фунгицидов (комплексная химизация).

Площадь под опытом – 8,5 га. Опыт закладывался в четырехкратной повторности, расположение вариантов последовательное. Удобрения вносились весной до посева локально сеялкой СЗ-3,6 ($N_{30}P_{30}$). Обработку гербицидами проводили в фазу полного кущения ячменя. Фунгициды вносили в фазу выхода в трубку – колошение культуры. Из средств интенсификации применялись: баковая смесь гербицидов – «Диален Супер» (0,2 л/га) + «Магнум» (7 г/га); фунгицид «Тилт-250» (0,5 л/га) по первым признакам листостеблевых болезней.

Обработка посевов средствами защиты растений проводится опрыскивателем ОП-2000 в оптимальные сроки согласно рекомендациям и схеме опыта. При закладке опыта по обработке почвы, ранневесенней обработке и посеве использовалась агротехника, общепринятая для зоны. Ячмень сорта Аннабель

высевался рядовой сеялкой СЗ-3,6 с нормой высева 4,5 млн. всхожих зёрен на 1га в оптимальные сроки. Учет урожая производился методом однофазной уборки с оставлением измельченной соломы на поверхности поля.

Методика исследований

1. При выполнении наблюдений использовались следующие методики: Агрофизические методы исследования почв, 1966; Методика полевого опыта Доспехова Б.А. и др., 1968, 1977; Агрохимические методы Соколова А.В. и др., 1965; Методика определения биологической активности Купревича В.Ф., 1951; Практикум по микробиологии Аристовской Т.В., 1962; Методы почвенной микробиологии и биохимии, 1980; Методические указания к практическим занятиям по методике опытного дела, 1974; Опытное дело в полеводстве, 1982; Методика Ревута И.Б. по физике почв, 1972; Методика и техника учета сорняков, 1969; Методика Чулкиной В.А. по болезням культур, 1973, 1987; Методика Качинского Н.А. по физике почв, 1965; Методика по определению гумусового состояния почв, Барановская Б.А., 1988; Методика Ларионова Ю.С. по корневой системе зерновых культур, 1992; Методические указания НИИСХ Юго-Востока по определению площади листовой поверхности, 1982 и другие.

Наблюдения в стационарном опыте №1:

1. Определение плотности почвы методом Качинского Н.А., повторность четырехкратная. Сроки отбора - после посева и уборки культуры в слоях 0-10, 10-20 и 20-30 см на фоне контроля (без химизации).

2. Определение агрегатного состава почвы (сухое просеивание) на приборе Бакшеева, повторность четырехкратная. Сроки отбора - после посева в слоях 0-10 и 10-20 см на фонах – контроль (без химизации) и комплексная химизация.

3. Определение эрозионно-опасных частиц почвы ($<1\text{мм}$), повторность пятикратная. Сроки отбора – после посева культуры в слое 0-5 см на фонах – контроль (без химизации) и комплексная химизация.

4. Определение количества растительных остатков на поверхности почвы (соломы) на фонах – контроль (без химизации) и комплексная химизация. Расчет эродируемости поверхности почвы (по Шиятому).

5. Учет численности микроорганизмов проводился на твердых питательных средах: общее количество бактерий, в т.ч. аммонификаторов на МПА, олигонитрофилов – на среде Мишустинской, разрушающих минеральные фосфаты – на среде Муромцева - Герретсена, нитрификаторов на водном агаре с добавлением аммонийной соли фосфорной кислоты.

Почвенные образцы отбирались 3 раза в течение вегетации зерновых: в период кушения (июнь), колошения (июль), налива зерна (конец августа - сентябрь) в слое 0-20см на фонах – контроль (без химизации), гербициды, комплексная химизация.

6. Определение продуктивной влаги термостатно - весовым методом Доспехова Б.А. (1987). Сроки отбора - после посева, кушение - трубкавание, уборка культуры в слое почвы 0-100см через 10см на фонах - контроль (без химизации) и комплексная химизация на всех вариантах обработки почвы. Расчёт коэффициента водопотребления проводился на 1 т зерна (мм/т).

7. Определение питательного режима почвы – в образцах для определения влажности при посеве до внесения удобрений и после уборки в слоях через 20см для всех вариантов обработки почвы на фонах – контроль и комплексная химизация. Определение $N-NO_3$ проводится по Грандваль-Ляжу; P_2O_5 - по Чирикову; K_2O – по Масловой.

8. Определение густоты стояния растений (шт./м²) по методике Госсортосети. Сроки отбора - после полных всходов культуры на стационарных площадках (по 0,25м²) во всех вариантах обработки на фонах - контроль (без химизации), комплексная химизация.

9. Определение засорённости посевов по биомассе и видовому составу сорняков по методике НИИСХ Юго-Востока (1969). Сроки отбора - в фазу колошения на всех вариантах обработки почвы по фонам - контроль и комплексная химизация.

10. Определение распространения и развития корневых гнилей культуры по методике Чулкиной В.А (1987). Срок отбора - в фазу молочно-восковой спелости

(10 проб на делянке) на всех вариантах и повторностях обработки почвы по фонам - контроль и комплексная химизация.

11. Оценка пораженности растений листостеблевыми инфекциями по общепринятым методиками (Гешеле Э.Э., 1978; Хохряков М.К., Ботлайчук В.Н., 1984) на всех вариантах обработки почвы по фонам - контроль и комплексная химизация.

12. Фенологические и биометрические наблюдения проводились по методам в изложении Доспехова Б.А. (1973). Структурный анализ растений проводился в фазу восковой спелости зерна на всех вариантах обработки по фонам - контроль и комплексная химизация.

13. Учёт урожая – однофазной уборкой прямым комбайнированием с пересчетом на 100% чистоту и 14% влажность на всех вариантах систем обработки почвы.

14. Определение технологических свойств зерна (белок, крахмал, жир, плёнчатость) проводилось во всех вариантах обработки почвы на фонах - контроль, гербициды + удобрения, комплексная химизация.

15. Определение кислоторастворимых форм металлов в почве проводилось экстракцией пятимольной азотной кислотой методом атомно – абсорбционного анализа (РД 52.18.191-89).

16. Определение подвижных форм металлов в почве путем ее обработки ацетатно-аммонийным буферным раствором методом атомно – абсорбционного анализа (РД 52.18.289-90).

17. Определение остатков пестицидов, радионуклидов в почве, тяжелых металлов, остатков пестицидов в зерне проводилось в Омской контрольно – токсикологической лаборатории.

Схема полевого опыта № 2

Учёными селекционерами СибНИИСХоза, ОмГАУ и за рубежом непрерывно ведется работа по выведению новых сортов, более устойчивых к неблагоприятным климатическим условиям и поражению инфекционными

заболеваниями, что даёт основание предполагать и различную реакцию сортов на применение средств интенсификации (удобрения, гербициды, фунгициды).

Сорт определяет основные требования к технологии возделывания: продуктивность, энергоэкономичность, экологически безопасное качество, природоохранность (Жученко А.А., 2000). Он выступает одним из мощных рычагов в инновационных технологиях по производству пивоваренного ячменя в России.

В наших исследованиях проводилась оценка отзывчивости различных сортов ячменя пивоваренного направления на средства интенсификации.

Опыт двухфакторный – закладывалось два блока: системы сортов ячменя и применения средств интенсификации.

Технология обработки почвы – мелкая плоскорезная на глубину 10-14 см (почвозащитная).

Варианты опыта:

1. Сорта пивоваренного ячменя (Фактор А)

1. Омский 90; 2. Сигнал; 3. Аннабель; 4. Ксанаду; 5. Беатрис.

2. Средства интенсификации (Фактор В)

1. Контроль (К); 2. Гербициды (Г); 3. Гербициды + удобрения (Г+У);
4. Гербициды + удобрения + фунгициды (Г+У+Ф).

Схематический план опыта

(первая повторность)

1*	2	3	4	5
Контроль				
Гербициды				
Гербициды + удобрения				
Гербициды + удобрения + фунгициды				

*) 1 - 5 – сорта пивоваренного ячменя.

Размещение делянок систематическое, повторность четырёхкратная. Площадь делянок первого порядка (сорта ячменя) 88 м^2 ($44 \times 2 \text{ м}$), площадь делянок второго порядка (варианты химизации) 154 м^2 ($11 \times 14 \text{ м}$). Учётная площадь делянок 22 м^2 ($2 \times 11 \text{ м}$).

Применение средств интенсификации, посев и уборка урожая осуществлялась по схеме стационарного опыта №1.

Наблюдения в полевом опыте № 2:

1. Определение продуктивной влаги термостатно - весовым методом по Доспехову Б.А. (1987). Сроки отбора - после посева, кущение - трубкавание, уборка культуры в слое почвы 0-100 см через 10 см на фонах - контроль (без химизации) и комплексная химизация для всех вариантов сортов ячменя. Расчёт коэффициента водопотребления 1 т зерна (мм/т).

2. Для изучения начального роста семян ячменя определялись число и длина зародышевых корешков в полевых условиях. Через 8-10 дней после всходов ячменя отбиралось по 10 растений с делянки каждого сорта культуры. Длина корней измерялась с точностью до 1мм, и подсчитывалось число корешков. Для учета данных по вторичной корневой системе сортов ячменя отбиралось по 10 растений на 20 день после посева, измерялась длина корней и глубина залегания корневой системы с точностью до 1мм., подсчитывалось число корешков. Учет данных по корневой системе сортов ячменя производился на 2-х фонах химизации (контроль, комплексная химизация) в несмежных повторностях по методике Ларионова Ю.С. (1992).

3. Площадь листьев сортов ячменя определялись по методическим указаниям НИИСХ Юго-Востока (1982) на контроле и на варианте с применением комплексной химизации на пятые сутки после цветения, площадь флагового листа определялась по формуле Аникеева В.В (1961).

4. Определение засорённости посевов по биомассе и видовому составу проводилось по методике НИИСХ Юго-Востока (1969). Сроки отбора - в фазу колошения на всех вариантах сортов ячменя по фонам – контроль и комплексная химизация.

5. Определение распространения и развития корневых гнилей культуры по методике Чулкиной В.А (1987). Срок отбора - в фазу молочно-восковой спелости (5 проб на делянке) на всех вариантах сортов ячменя по фонам контроль и комплексная химизация.

6. Оценка пораженности растений листостеблевыми по общепринятым методиками (Гешеле Э.Э., 1978; Хохряков М.К., Ботлайчук В.Н., 1984) на всех вариантах сортов ячменя по фонам контроль и комплексная химизация.

7. Фенологические и биометрические наблюдения проводились по методам в изложении Доспехова Б.А. (1973). Структурный анализ растений проводился в фазу восковой спелости зерна на всех вариантах сортов ячменя по фонам контроль и комплексная химизация.

8. Определение технологических свойств зерна (белок, крахмал, жир, плёнчатость) проводилось во всех вариантах выращивания сортов ячменя на фонах - контроль, комплексная химизация.

9. Учёт урожая – однофазной уборкой прямым комбайнированием с пересчетом на 100% чистоту и 14% влажность на всех вариантах сортов ячменя на фонах контроля и комплексной химизации.

Математическая обработка данных проводилась по существующим методикам в изложении Доспехова Б.А. (1973, 1979); Роктанэна, Томилова В.П. (1975) с использованием прикладных программ ЭВМ, а также программы Statist.

2.4. Основные требования к качеству зерна пивоваренного ячменя

Для получения высококачественного пивоваренного ячменя необходимо применять адаптивные технологии его производства, которые определяют свойства зерна и получаемого из него солода. Предшественник пивоваренного ячменя не всегда гарантирует получения высокого урожая требуемого качества. Он создает предпосылки для этого [7, 145, 167, 197]. Данные качества регламентируются ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный. Технические условия».

Зерно ячменя для пивоварения оценивают по внешним знакам (цвет, запах, форма, зараженность вредителями и др.), физическим (натура, масса 1000 зерен, крупность, засоренность, выравненность), физиологическим (прорастаемость,

водочувствительность), химическим (влажность, экстрактивность, содержание белка и крахмала, пленчатость) и технологическим (способность к поглощению воды при замачивании, интенсивность прорастания и характер роста корешков при соложении, качество солода).

Зерно ячменя, заготовленное для пивоварения, должно иметь влажность не более 14-15%, содержать сорных и зерновых примесей не более 2%, мелкого зерна (проход через сито 2,2х2 мм) - 5%. Зараженность амбарными вредителями не допускается.

Для производства пива высокого качества зерно ячменя должно быть чистосортным, биологически вызревшим, иметь нормальный цвет (желтый или светло-желтый) и запах, экстрактивность - 79-82%, содержание белка – от 9 до 12%, пленчатость - не более 9 %, способность прорасти на пятый день - выше 95%.

2.5. Ботаническая характеристика ячменя

Ячмень — род однолетних и многолетних растений семейства мятликовых. Колос ячменя состоит из колосового стержня и одноцветковых колосков, которые расположены по три на каждом уступе колосового стержня. Все культурные ячмени, по классификации Н. И. Вавилова и А. А. Орлова, объединяются в один вид — ячмень посевной (*Hordeum Sativum*), который по числу плодоносящих, нормально развитых колосков на уступе колосового стержня делится на три подвида: ячмень многорядный, у которого развиты и образуют зерно все три колоска на каждом уступе; ячмень двухрядный, у которого развит и образует зерно только средний колосок, а боковые колоски бесплодны; ячмень промежуточный, у которого развито неопределенное число (1—3) колосков.

В земледелии используются главным образом двухрядные и многорядные ячмени. Наиболее распространенными разновидностями двухрядного ячменя являются: нутанс (*nutans*), медикум (*medicum*), эректум (*erectum*), нудум (*nudum*); многорядного — паллидум (*paliidum*), рикотензе (*ricotense*), параллелюм (*parallelum*), пирамидатум (*piramidatum*) (Бахтеев Ф.Х, 1955; Складал В., 1961; Коданев И.М., 1964).

2.6. Биологические особенности

Среди зерновых ячмень наиболее раннеспелая культура. Длина его вегетационного периода зависит от места произрастания и биологических особенностей сорта. По этому признаку сорта ячменя делятся на скороспелые, среднеспелые, среднепоздние и поздние.

Погодные условия влияют на созревание ячменя. При теплой погоде весной, летом и при недостатке осадков оно наступает раньше, а при повышенной влажности почвы, воздуха и умеренных температурах — позже [Юшкевич Л.В., 2001; Холмов В.Г., 2006].

В процессе жизненного цикла растения ярового ячменя проходят несколько фаз роста и развития: прораствание семян, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, формирование и созревание зерна [169].

Прораствание семян. Для прораствания требуется 48-70% воды от массы сухих семян. В благоприятных условиях фаза прораствания длится 2-5 дней. Во время прораствания ячмень весьма чувствителен к неблагоприятным факторам среды - недостатку влаги, низкой температуре, избыточному увлажнению, плотности почвы. Обеспечение оптимальных условий для дружного появления всходов является главным приемом агротехники.

Всходы. Быстрые и дружные всходы - необходимое условие получения высоких урожаев. Период от посева до всходов у ячменя длится 5-7 дней.

Одним из факторов, определяющих быстрое и дружное появление всходов является *влажность почвы*. Большое влияние на время появления всходов оказывает и температура верхнего слоя почвы. Ко времени посева почва должна прогреться не менее чем на 5-7°C. Похолодание после посева задерживает появление всходов.

Негативно отражается на появлении всходов ячменя глубокая заделка семян и особенно возникающая после дождя почвенная корка, затрудняющие доступ воздуха к семенам.

Первым при прораствании зерен появляется главный корень, вслед за ним и остальные первичные корешки. Всего их у ячменя 4—8. В момент прораствания в

зерне культуры происходят значительные биохимические и физиологические изменения. Вслед за корешками трогается в рост и конус нарастания. Первый лист растения покрыт сверху тонкой бесцветной пленкой — колпачком, которая предохраняет лист от повреждений при прорастании.

При выходе на поверхность колпачок приостанавливает свой рост, а лист продолжает расти, разрывает его и разворачивается. С этого момента в растении начинается процесс фотосинтеза. После образования трех листьев растение ячменя переходит в фазу кущения.

Кущение. При кущении ячменя происходит образование стеблей из узла кущения растения. Главный узел кущения расположен в почве на глубине 2-6 см, в зависимости от ее типа, влажности и генетики сорта. По числу стеблей, приходящихся на одно растение, судят об энергии кущения или кустистости растения.

В связи с тем, что не все стебли образуют колос, различают кустистость общую и продуктивную. *Общая кустистость* выражается количеством всех стеблей, приходящихся на одно растение, а *продуктивная* — числом только колосonoсных стеблей. От всходов до кущения проходит около двух—трех недель.

Значительное влияние на кустистость ячменя оказывает плодородие почвы. На малоплодородных почвах ячмень почти не кустится. Одной из практических мер по повышению его кустистости является внесение минеральных удобрений. Кустистость этой культуры зависит также и от посевных качеств семян: абсолютного веса, всхожести. Чем крупнее зерно, тем больше продуктивных стеблей оно может дать при адаптивной агротехнике.

Большое влияние на кустистость ячменя оказывают ранний срок сева и качественная предпосевная обработка почвы. Различные сорта характеризуются неодинаковой кустистостью. Сорта многорядного ячменя кустятся обычно меньше двухрядных. Важно отметить, что слишком высокая кустистость приводит к полеганию посевов. В фазе кущения (через 8-12 дней после всходов) заканчивается формирование зачаточного колоса. В период от кущения до выхода

в трубку ячмень интенсивно использует питательные вещества, поэтому под ячмень почву рекомендуется вносить минеральные удобрениями весной при предпосевной обработке почвы. За рубежом применяется внесение части минеральных удобрений, особенно азотных, в фазе выхода в трубку и выколашивания с целью повышения содержания белка в зерне ячменя [165, 169].

В фазе всходы - кущение протекает важный процесс корнеобразования. Первичные корни в период кущения проникают на глубину 50-60 см. Вторичные (узловые) корни начинают образовываться одновременно с появлением новых боковых побегов. Основная масса корней (до 60-80%) находится в пахотном слое.

Выход в трубку у ячменя начинается примерно через 3-4 недели после появления всходов. Внешним признаком наступления этой фазы является появление у основания главного стебля небольшого бугорка - первого стеблевого узла, который можно прощупать. В этот период заканчивается формирование колоса, колосков и цветков.

Колошение ячменя отмечается в момент появления остей из влагалища флагового листа и наступает примерно на 50—54-й день после всходов. К этому моменту ячмень имеет уже хорошо сформированный колос. Теплая и сухая погода ускоряет выколашивание, прохладная и дождливая затягивает. Причем во втором случае колос формируется с большим числом зерен, величина и вес их также возрастают и в итоге урожай ячменя увеличивается.

Цветение и оплодотворение происходит в период его выколашивания, когда колос еще находится в устье последнего листа. Этим у ячменя обусловлено самоопыление. К моменту выхода колоса наружу в цветках уже имеется завязь. В отдельные засушливые годы ячмень полностью не выколашивается, колос так и остается наполовину в устье листа.

Высокие температуры воздуха и низкая относительная влажность в этот период могут отрицательно сказаться на развитии зерновки, в результате зерно получается щуплым и неполновесным.

Цветение начинается со средних колосков и одновременно распространяется на верхние и нижние части колоса. Интенсивное цветение и оплодотворение

наблюдается в утренние часы. Весь процесс оплодотворения продолжается 6-8 часов. Цветение - важный период в жизни растений, так как к концу его прекращается рост вегетативных органов и корневой системы ячменя.

Созревание зерна. При созревании ячменя зерно проходит 3 фазы спелости: молочную, восковую и полную.

Молочная спелость наступает на 15-17-й день после выколашивания. В этой фазе растения сохраняют зеленую окраску (желтеют и отмирают лишь самые нижние листья). Во время молочной спелости происходит интенсивное накопление в эндосперме минеральных и органических веществ. К концу молочной спелости зерно достигает максимальной величины, его влажность составляет 40- 60%. В дальнейшем оно постепенно высыхает и уменьшается в объеме.

В фазе *восковой спелости* растения желтеют, зерно приобретает естественную для сорта окраску и влажность его снижается до 20— 25%. В этот период можно приступать к отдельной уборке ячменя. При переходе к *полной спелости* зерно становится твердым, его влажность снижается в сухую погоду до 14—16%. Вегетативные органы растения засыхают и отмирают. В этот период ячмень часто убирают прямым однофазным комбайнированием.

2.6.1. Влияние абиотических факторов на продуктивность культуры

Скорость развития и характер роста ячменя во многом определяется типом и плодородием почвы, а также факторами внешней среды, основные из которых - свет, температура, влага [7].

Требования к почвам. Вследствие быстрого прохождения фаз роста и короткого вегетационного периода ячмень требователен к плодородию почвы. Он отличается тем, что в процессе роста в растение ускоренно поступают питательные вещества, особенно в начальный период роста и развития. Через три недели после появления всходов растения содержат почти половину поглощаемого фосфора и 2/3 калия, хотя органической массы к этому времени накапливается меньше 1/5. Высокая требовательность ячменя к почвам обуславливается также его биологическими особенностями, связанные с

относительно слаборазвитой корневой системой и с её низкой способностью усваивать минеральные вещества и воду (Беляков И.И., 1990). Наиболее высокие урожаи ячменя получают на плодородных почвах с глубоким пахотным горизонтом и нейтральной реакцией почвенного раствора. Наилучшие почвы для выращивания ячменя - чернозёмы. Супесчаные и песчаные почвы без внесения удобрений для возделывания ячменя малопригодны.

Почвы, отводимые под ячмень, должны быть плодородными и однородными по содержанию питательных веществ, влагоёмкости и водопроницаемости.

Для нормальной жизнедеятельности сельскохозяйственных культур требуется постоянный приток в необходимых количествах абиотических факторов жизни: света, тепла, воды, воздуха и элементов питания. Требования к ним определяется в основном наследственностью растения (Колесников Г.И., 1930; Коданев И.М., 1964; 65).

Требования к свету. Ячмень относится к группе культур длинного дня и для своего развития требует сравнительно длительного освещения. Поэтому в северных районах вегетационный период у культуры меньше, чем в южных, где световой день короче.

Требования к температуре. Требования ячменя к температуре на различных этапах роста и развития неодинаковы. Зерно ячменя может прорасти при температуре 1-3°C, но оптимальной температурой является 15-20°C (Колесников Г.И., 1930; Неттевич Э.Д., 1981). Всходы ячменя без особого ущерба переносят заморозки до -6°C, однако длительное похолодание и увлажнение вызывают задержку роста и угнетают растение. Опасны заморозки во время цветения и созревания зерна. Завязь и пыльники повреждаются при температуре -1 -2°C. Кущению и корнеобразованию благоприятствует невысокая температура. Ячмень сильно страдает от быстрого наступления высокой температуры в фазе выхода в трубку, когда формируется продуктивность колоса. В период выхода в трубку—колошения наиболее благоприятна среднесуточная температура 20-22°C, в период созревания 23-24°C. При температуре ниже 13-14°C налив и созревание зерна задерживаются.

Резкие колебания, а также слишком высокая температура в сочетании с низкой влажностью воздуха в период налива зерна отрицательно влияют на выполненность зерновки. При этом снижается масса 1000 зерен и ухудшаются пивоваренные свойства ячменя. Заморозки в молочную и восковую спелость отрицательно влияют на зародыш и ухудшают посевные качества зерна. Зерно, повреждённое морозами, имеет низкую всхожесть и непригодно в качестве семенного материала.

Требования к влаге. Ячмень менее требователен к воде и более экономно расходует её, чем пшеница, рожь и овёс. Транспирационный коэффициент (расход воды на образование единицы сухого вещества) у ячменя составляет 350-450. Из-за более слабого развития корневой системы ячмень хуже других культур переносит весеннюю засуху. Много влаги расходует ячмень в первые фазы роста: кущения и, особенно выхода в трубку - колошения. Недостаток влаги в период образования репродуктивных органов губительно действует на пыльцу ячменя. Стерильность части пыльцы обуславливает увеличение числа бесплодных колосков, тем самым, снижая продуктивность растений. Более экономично ячмень расходует влагу при внесении удобрений.

Для получения высокого урожая ячменя необходимо улучшать водный режим почвы, применяя агротехнические приёмы для накопления влаги и экономном её расходовании (Неттевич Э.Д., 1981; Юшкевич Л.В., 2001). В связи с этим в районах недостаточного увлажнения большое значение имеют подбор предшественников, применение удобрений, обработка почвы, снегозадержание, ранневесеннее боронование, оптимальные нормы и сроки посева культуры, глубина заделки семян и выбор сорта.

2.7. Характеристика сортов пивоваренного ячменя

Омский 90. Сорт ярового ячменя Омский 90 создан в Государственном научном учреждении Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (ГНУ СибНИИСХ).

Авторы сорта: Н.И. Аниськов, Н.М. Федулова, Г.Я. Козлова, Е.И. и др.

Впервые для условий Омской области получен сорт ярового ячменя, сочетающий в себе высокий потенциал урожайности (4,0-5,0т/га), пивоваренное качество зерна, устойчивость к полеганию и ряду опасных болезней [190].

Родословная сорта: Омский 80 х Донецкий 9.

Ботаническая характеристика. Разновидность медикум. Куст полупрямостоячий. Солома полая, средней толщины, высокорослая (85-101см), флаговый лист имеет антациановую окраску ушек и восковой налет. Колос двурядный, пирамидальный, рыхлый, желтый со слабым восковым налетом. Ости длинные, гладкие от основания зерна, верхняя часть слегка зазубрена. Зерно желтое, полуудлиненное, очень крупное. Масса 1000 зерен 50-61,5г.

Биологическая характеристика. Сорт среднеспелый. Вегетационный период (65-75 дней) позднее Омского 87 на 2-3 дня. Сорт характеризуется высокой степенью адаптации к природным условиям Западной Сибири. Посевы устойчивы к поражению хлебной полосатой блошки.

Конкурентоспособность. Благодаря высокому потенциалу продуктивности, повышенным пивоваренным свойствам зерна Омский 90 вполне конкурентоспособен в Западной Сибири, по которому он внесен в Госреестр.

Основные достоинства – высокая урожайность и хорошие пивоваренные свойства зерна. Содержание белка - на уровне пивоваренных сортов (9,0-11,5%). Включен в список ценных и пивоваренных сортов.

Данный сорт обладает высокой технологичностью возделывания, повышенными экономическими показателями в производство. Сбор высококачественного зерна с 1 га посева 2,5-3,0 т/га, что обеспечивает получение чистого дохода 2,5-3,5 тыс. руб. с гектара. Пользуется спросом в хозяйствах Омского, Новосибирской областях и Алтайского края.

Коммерческая ценность сорта Омский 90 состоит в его способности формировать пивоваренное зерно в условиях Западной Сибири, высокого потенциала продуктивности, стабильности урожаев и хороших экономических показателей при выращивании.

Сигнал. Сорт ярового ячменя Сигнал создан в Алтайском научно-исследовательском институте земледелия и селекции.

Родословная сорта: (Винер х Кейстон) х (Кейстон х Новосибирский 1) и (Московский 121 х Омский 13709) х К-23484.

Ботаническая характеристика. Разновидность нутанс. Колос соломенно-желтый, средней длины и плотности, неломкий, иногда значительно поникает. Ости длинные, нерасходящиеся, желтые, средней грубости, при созревании иногда склонны к опадению. Зерно желтое, эллиптической формы, крупное (масса 1000 зерен 42-47 г). Цветковая чешуя морщинистая, переход ее в ость резкий, пленчатость низкая (8-10%). Основная щетинка зерна волосистая. Соломина низкая и средней высоты (50-70 см), устойчива к полеганию.

Биологические особенности. Сорт среднеспелый (от посева до восковой спелости 80-95 дней). Засухоустойчивость выше средней. Сигнал не поражается твердой головней. Шведской мухой повреждается средне.

Конкурентоспособность. Устойчив к поражению твердой головней, используется как в кормовом, так и пивоваренном направлениях.

Основное достоинство. В конкурсном сортоиспытании (1992-1996 гг.) урожайность сорта составляет от 29,1 до 60,2 ц/га. За пять лет сортоиспытания Сигнал превысил по урожаю зерна стандартные сорта Омский 86 и Омский 87 на 10,5 и 5,0 ц/га, соответственно. Сигнал с 1997 г. районирован (включен в Госреестр) по Западно-Сибирскому региону.

Коммерческая ценность. Рекомендуются для возделывания в лесостепной зоне Алтайского края и Западной Сибири. Норма высева 4-5 млн. всхожих семян на гектар.

Аннабель. Оригинатором сорта ячменя Аннабель является Saaten-Union GMBH (Германия).

Родословная сорта: 90014 ДХ х Крона

Ботаническая характеристика. Разновидность нутанс. Куст промежуточный – полустелющийся. Влагалища нижних листьев без опушения. Антациановая окраса ушек флагового листа очень сильная, восковой налет на

влагалище средний. Высота растения от короткой до средней. Колос цилиндрический, среднеплотный, с очень сильным восковым налетом. Ости по длине равны колосу, с сильной антациановой окраской кончиков. Первый сегмент колосового стержня короткий, со средним изгибом. У среднего колоска колосковая чешуя с остью по длине равна зерновке. Опушение основной щетинки зерновки длинное. Зерновка крупная, с неопушенной брюшной бороздкой и охватывающей лодикулой.

Биологические особенности. Среднеспелый сорт, вегетационный период 79-102 дня. Масса 1000 зерен 38-46 г. Средняя урожайность в Центральном регионе - 30,2 ц/га, в Центрально-Черноземном - 33,6 ц/га, на уровне средних стандартов. Максимальная урожайность 75 ц/га получена в 2001 г. в Калининградской области.

Конкуренциоспособность. Устойчив к полеганию. Включен в список пивоваренных сортов.

Основное достоинство. Устойчив к каменной головне, восприимчив к гельминтоспориозу, умеренно восприимчив к стеблевой ржавчине, сильновосприимчив к мучнистой росе.

Ксанаду. Патентообладатель сорта является SAATEN-UNION GMBH (ГЕРМАНИЯ).

Родословная сорта: Вискоза х Скарлетт.

Ботаническая характеристика. Разновидность нутанс. Куст полустелющийся - стелющийся. Влагалища нижних листьев без опушения. Антоциановая окраска ушек флагового листа средняя - сильная, восковой налет на влагалище сильный. Растение среднерослое. Колос цилиндрический, рыхлый, со слабым - средним восковым налетом. Ости длиннее колоса, антациановая окраска кончиков средней интенсивности. Первый сегмент колосового стержня короткий - средний, со слабым изгибом, без горбинки. Стерильный колосок параллельный, с заостренным кончиком. Опушение основной щетинки зерновки длинное. Антоциановая окраска нервов наружной цветковой чешуи и зазубренность

внутренних боковых нервов наружной цветковой чешуи слабая. Зерновка крупная, с неопушенной брюшной бороздкой и охватывающей лодикулой.

Биологические особенности. Среднеспелый, вегетационный период 75-95 дней. Масса 1000 зерен 39-48 г. Средняя урожайность в Центральном регионе - 30,2 ц/га, в Центрально-Черноземном - 33,6 ц/га, на уровне.

Конкурентоспособность. Устойчив к полеганию. По засухоустойчивости несколько уступает стандартам. Пивоваренный. Устойчив к твердой головне; восприимчив к пыльной головне; сильновосприимчив к гельминтоспориозу.

Беатрис. Патентообладатель сорта является SAATEN-UNION GMBH (ГЕРМАНИЯ).

Родословная сорта: Вискоза х Пасадена.

Ботаническая характеристика. Разновидность нутанс. Куст промежуточный - полустелющийся. Влагалища нижних листьев без опушения. Антациановая окраска ушек флагового листа средняя, восковой налет на влагалище сильный. Растение короткое. Колос пирамидальный - цилиндрический, рыхлый - средней плотности, с восковым налетом средней интенсивности. Ости длиннее колоса, со средней антациановой окраской кончиков. Первый сегмент колосового стержня короткий, со средним изгибом. Стерильный колосок параллельный. Опушение основной щетинки зерновки длинное. Антациановая окраска нервов наружной цветковой чешуи сильная. Зазубренность внутренних боковых нервов наружной цветковой чешуи отсутствует или очень слабая. Зерновка очень крупная, с неопушенной брюшной бороздкой и охватывающей лодикулой.

Биологические особенности. Среднеспелый, вегетационный период 74-87 дней, созревает на 1-2 дня раньше сорта Ксанаду. Масса 1000 зерен 44-53 г. Средняя урожайность в регионах допуска составила 32,4 ц/га, что на 3,7 ц/га выше среднего стандарта.

Конкурентоспособность. Устойчив к полеганию. Засухоустойчивость на уровне или несколько ниже стандартов. Пивоваренный. Восприимчив к пыльной головне и гельминтоспориозу.

С 2010 года районирован в Омской области.

Глава 3. Влияние длительного применения почвоохранной обработки и средств интенсификации на экологические свойства черноземных почв

В настоящее время практически все черноземы Омской области распаханы, освоены и испытывают интенсивное антропогенное воздействие в течение последних 50-100 лет, особенно на гумусовое и структурное состояние, что приводит к существенному снижению качества пахотных почв (Кирюшин В.И., 1997; Красницкий В.М., 1999; Булгаков Д.С., 2002; Мищенко Л.Н., 2009).

Важным условием достижения экологической безопасности земледелия является оптимизация его структуры, технологических процессов и экологическая направленность. В связи с этим возникает необходимость качественной оценки и обоснование оптимальных агрофизических свойств черноземных почв в условиях интенсификации земледелия.

3.1. Агроэкологическая оценка агрофизических свойств почвы

Одной из актуальных задач, стоящих перед современным сельскохозяйственным производством, является сохранение плодородия почв и повышение их продуктивности. Главным условием проявления почвенного плодородия являются благоприятные физические и физико-химические свойства зональных почв (Кирюшин В.И., 1997; Джалалов А.М., 2005; Титова Т.В., 2011).

Выбор адаптивной системы обработки почвы является важным критерием, направленным на улучшение агрофизических и агрохимических свойств почвы, стабилизации плодородия и урожайности (Кирюшин В.И., 1997; Тихонов Н.И., 2010).

К важным агрофизическим показателям плодородия почв относят ее структуру и плотность (Ревут И.Б., 1960; Качинский Н.А., 1970). Плотность пахотного слоя почв может быть в пределах от 1,0 до 1,4 г/см³, в соответствии с этим характеристика почв изменяется от оптимальной до сильно уплотнённой.

С увеличением плотности ухудшается использование растениями воды из почвы. Известно, что при плотности почвы выше 1,4 г/см³ существенно ухудшается проникновение в нее корней. По данным Ревута И.Б. (1960, 1972) при увеличении плотности чернозёма с 1,1 до 1,6 г/см³ мёртвый запас влаги возрастал

с 11 до 19% веса абсолютно сухой почвы, а при плотности 2,0 г/см³ вся она оказывалась недоступной растениям. При одинаковом количестве воды на переуплотнённой почве быстрее отмечается не только засуха, но и заболачивание. Границы оптимальной плотности пахотного слоя в период вегетации обычно приближается к величине 1,1 г/см³, в засушливые годы - до 1,2 г/см³ (Слесарев В.Н., 1984). При сокращении числа и глубины механических обработок под ячмень плотность верхнего слоя приближается к оптимуму (1,0-1,05 г/см³), на 9,3-33,8% повышается содержание водопрочных агрегатов, эродированность поверхности поля снижается в 1,8 – 2,8 раза (Холмов В.Г., 1986; Юшкевич Л.В., 2001).

Определение плотности почвы в поверхностном слое (0-30см) под ячменем в стационарном опыте за период исследований показало, что при минимальной почвоохранной системе обработки она составила 1,08 – 1,14 г/см³, что соответствует оптимальным параметрам для черноземных почв (таблица 5, приложение 5).

Таблица 5 - Изменение плотности верхнего слоя в зависимости от системы обработки почвы, г/см³ (2010-2012 гг.)

Система обработки почвы	Слой почвы, см			
	0-10	10-20	20-30	0-30
Перед посевом				
Отвальная	0,94	1,02	1,07	1,01
Плоскорезная	0,98	1,10	1,06	1,05
Минимальная	1,01	1,11	1,11	1,08
Среднее	0,98	1,08	1,08	1,07
Уборка				
Отвальная	1,03	1,07	1,14	1,08
Плоскорезная	1,06	1,12	1,15	1,11
Минимальная	1,08	1,16	1,18	1,14
Среднее	1,06	1,12	1,16	1,11

НСР₀₅ для фактора системы обработки почвы - 0,02 г/см³.

При отвальной системе обработки почвы она имела более рыхлое состояние (1,01-1,08 г/см³), что способствовало более высоким потерям влаги в весенний период. Наибольшая плотность почвы перед посевом и уборкой ячменя в

поверхностном слое 0-10 см наблюдалась при минимальной обработке – 1,01 – 1,08 г/см³, а наименьшая на отвальной – 0,94-1,03 г/см³.

Наиболее заметное различие в плотности почвы наблюдалось в подповерхностном слое 10-20 см, где в варианте с минимальной обработкой почва была плотнее в среднем на 0,09 г/см³, чем на эрозионноопасной вспашке.

Установлено наличие положительной сопряженности между показателем плотности почвы и урожайностью ячменя в полевых условиях за 2010-2012 гг. При отвальной и плоскорезной системе обработки почвы она составляет 0,65 - 0,70, а при минимальной обработке почвы снижается до слабой сопряженности ($r=0,43$).

Исследованиями ученых Вильямса В.Р. (1951), Ревут И.Б. (1960), Шевлягина А.И. (1972), Кузнецовой И.В., Долгова С. (1969), Мальцева Т.С. (1971), Юшкевича Л.В. (2001), Холмова В.Г. (2006) установлено, что структура почвы существенно влияет на рост растений лишь через физические условия в почве, плотность, водный и тепловой режимы, а также биологические процессы, что во многом определяет потенциал ее плодородия.

Тесную связь между уровнем урожая и содержанием гумуса в почве отмечает Красницкий В.М. (1999). Установлено, что на черноземных почвах повышение содержания гумуса на 0,5% обеспечивает прибавку урожая зерновых на 4—5 и более ц/га.

В настоящее время исследователи (агрохимики, почвоведы, экологи) отмечают ежегодные потери гумуса в пахотных черноземах в пределах 0,5-2 т/га в европейской части России и до 0,5-0,8 т/га в Западной Сибири (Мищенко Л.Н., 2009).

Медведевым В.В. (1984) для чернозёмных почв были предложены для размеров почвенных агрегатов в качестве оптимальных следующие параметры: от 20 до 5 мм – 20-25 %; от 5 до 0,25 мм – 60-65 и менее 0,25мм (пыль) не более 16%. При таком соотношении структурных отдельностей в условиях недостаточной влагообеспеченности эффективнее используется почвенная влага и питательные

вещества, при значительном преобладании в посевном слое комочков почвы размером менее 5 мм.

Агрегатный состав структурности почвы в опыте приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Коэффициент структурности (К) и содержание водопрочных агрегатов более 0,25 мм в зависимости от системы обработки почвы и применения средств интенсификации, % (2010-2012 гг.)

Система обработки почвы	Слой почвы, см	Контроль		Комплексная химизация		Среднее	
		К	>0,25 мм	К	>0,25 мм	К	>0,25 мм
Отвальная	0-10	3,25	44,7	3,48	49,2	3,37	47,0
	10-20	2,09	43,1	1,68	47,8	1,89	45,5
Плоскорезная	0-10	2,40	43,0	2,85	43,5	2,63	43,3
	10-20	1,23	44,1	1,36	47,1	1,30	45,6
Минимальная	0-10	3,34	46,0	3,10	55,4	3,22	50,7
	10-20	2,08	57,1	1,53	58,5	1,81	57,8
Среднее	0-10	3,00	44,6	3,14	49,4	-	-
	10-20	1,80	48,1	1,52	51,1	-	-

Наименьший коэффициент структурности в поверхностном (0-10 см) слое отмечался на почвоохранной плоскорезной обработке почвы в среднем по фонам химизации - 2,63.

Наблюдения показали, что наибольшее количество водопрочных агрегатов (50,7%) формировалось в поверхностном слое (0-10 см) при минимальной, а наименьшее – при плоскорезной обработке почвы (43,3%). В целом почва имеет устойчивое сложение и благоприятную оструктуренность верхнего слоя для выращивания ячменя.

Применение средств интенсификации со временем благоприятно влияло на увеличение коэффициента структурности верхнего (0-10 см) слоя почвы, повысив его до 3,14 при равном содержании водопрочных агрегатов более 0,25 мм (до 49,4%) или выше контрольного варианта на 10,8%

Около 25% площади Западной Сибири, находящейся в сельскохозяйственном использовании, подвержены эрозионным процессам (Рейнгард Я.Р., 1973, 2002).

На деградационные процессы территории климат оказывает влияние через ряд факторов: осадки, ветер, температура воздуха, вода, почва, относительная влажность воздуха. В целом климатические факторы существенно влияют на состояние и развитие фитоценозов и, тем самым, отражаются на развитии эрозионных процессов.

В Омской области после распашки целины и применения отвальной обработки почвы ветровой эрозией было охвачено 1,2 млн. га пашни (Рейнгард Я.Р., 2002). В южной лесостепи, где 294 тыс. га (28,7%) почв находится в разной степени эродированности, а третья часть земель потенциально эрозиоопасна, система обработки почвы должна быть почвоохранной.

Эрозионная устойчивость почвы в исследованиях оценивалась по степени эродированности (по Шиятому Е.И., 1970) и состоянию ее комковатости.

Эродированность почвы во многом зависит от комковатости верхнего слоя (0-5см) и наличия на её поверхности растительных остатков. Применение средств интенсификации при выращивании зерновых культур положительно влияет на агрегатный состав и повышает количество растительных остатков на поверхности поля, что в конечном итоге определяет показатель ветроустойчивости почвы (таблица 7).

Таблица 7 - Влияние системы обработки почвы и средств интенсификации на эродированность поверхности поля, 2010-2012 гг.

Система обработки почвы	Контроль (без химизации)			Комплексная химизация			Среднее по обработке		
	К, %	С, шт/м ²	Э, г	К, %	С, шт/м ²	Э, г	К, %	С, шт/м ²	Э, г
Отвальная	62,9	21,3	23,1	65,5	24,3	19,0	64,2	57,8	21,0
Плоскорезная	69,6	95,3	12,6	69,6	155,0	11,6	69,6	125,2	12,1
Минимальная	70,4	137,3	9,8	72,3	189,0	8,3	71,4	163,2	9,1
Среднее по химизации	67,6	84,7	15,2	69,2	122,8	13,0	68,4	103,7	14,1

К – комковатость, С – стерня, Э – эродированность.

Комковатость поверхностного слоя составила в среднем при отвальной обработке почвы - 64,2%, плоскорезной – 69,6% и минимальной – 71,4%, или на

почвозащитных вариантах она имела тенденцию к повышению на 8,4 – 11,2%. Увеличение растительных остатков на поверхности поля при длительном применении средств интенсификации с 84,7 до 122,8 шт/м² (в среднем в 1,4 раза) и повышение комковатости (до 69,2%) способствовало снижению эродируемости поверхности поля до 13,0 г., причем на минимальной обработке она была в 2,3 раза меньше относительно эрозионноопасной отвальной обработки.

3.2. Обеспеченность почвы влагой. Водопотребление посевов ячменя

Влагообеспеченность растений в период их развития является основным лимитирующим фактором урожайности (Шумаков Б.А., 1965; Слесарев В.И., 1978; Холмов В.Г., 1990; Юшкевич Л.В., 2001; Лохачева О.А., 2010; Полуянова О.Б., 2011, [151].).

Существенные изменения урожайности ячменя в отдельные годы довольно часто связаны с неустойчивым водным режимом почвы в период роста и развития растений, поэтому накопление и сохранение влаги в засушливых условиях имеют решающее значение. У растений ячменя в условиях конкуренции происходит снижение урожайности зерна, а его пивоваренные свойства улучшаются за счет снижения его белковости (Глуховцев В.В., 2001; Чибис В.В., 2010).

В условиях южной лесостепи Западной Сибири в первой половине лета, в основной период роста и развития зерновых культур, преобладает засушливая погода, поэтому весенние влагозапасы имеют существенное значение для их развития и конечной продуктивности.

При применении средств интенсификации растения экономнее и производительнее используют имеющиеся запасы влаги. Уничтожая сорняки, гербициды сокращают расход влаги на их транспирацию. Эффективность их во многом зависит от степени засоренности культуры (Юшкевич Л.В., 2001).

На основании предложенной Милащенко Н.З. (1981) шкалы обеспеченности почвы продуктивной влагой удовлетворительной обеспеченностью является содержание влаги в метровом слое почвы в пределах 90-130 мм (таблица 8).

Таблица 8 – Шкала обеспеченности почвы продуктивной влагой

Обеспеченность	Отличная	Хорошая	Удовлетворительная	Плохая	Очень плохая
	Запасы, мм				
0-20см	-	> 40	20-40	< 20	-
0-50см	> 80	70-80	50-70	30-50	< 30
0-100см	> 160	130-160	90-130	60-90	< 60

За период исследований наибольшее увлажнение почвы в слое 0-100 см перед посевом ячменя отмечалось на плоскорезной обработке почвы – 180,4 мм (на контроле), что на 14,8 мм (8,9%) было выше, чем на отвальной (таблица 9).

Таблица 9 - Динамика запасов продуктивной влаги в зависимости от системы обработки почвы и средств интенсификации, мм (2010-2012 гг.)

Система обработки почвы	Слои почвы, см	Срок определения (фаза)						В среднем за вегетацию	
		перед посевом		трубкование		после уборки			
		к	к/х	к	к/х	к	к/х	к	к/х
Отвальная	0-50	83,3	75,8	81,8	73,1	56,7	44,6	73,9	64,5
	0-100	165,6	160,6	165,6	166,2	142,6	104,9	157,9	143,9
Плоскорезная	0-50	92,6	80,8	85,2	70,6	58,7	57,6	78,8	69,6
	0-100	180,4	162,6	165,5	144,6	128,7	133,1	158,2	146,6
Минимальная	0-50	85,9	80,9	77,3	74,6	46,3	61,7	69,8	72,4
	0-100	166,2	166,0	134,7	151,1	114,9	138,4	138,6	151,8
Среднее	0-50	87,2	79,2	81,4	72,8	53,9	54,6		
	0-100	170,7	163,0	155,3	153,8	128,7	125,5		
НСР ₀₅ (по системе обработки почвы) в слое 0-100см, мм								11,9	
НСР ₀₅ (по химизации) в слое 0-100см, мм								9,7	
НСР ₀₅ (при взаимодействии АВ) в слое 0-100см, мм								16,9	

Примечание: к - контроль (без химизации), к/х – комплексная химизация

Влагозапасы в метровом слое почвы к фазе развития ячменя «кущение - трубкование» снизились в среднем на 12,3мм (7,4%) при наименьшем увлажнении на варианте минимальной обработки почвы – 134,7 мм.

В целом за вегетацию наибольшее количество влаги наблюдалось на ресурсосберегающей плоскорезной обработке почвы (146,6 – 158,2 мм).

Наименьшие влагозапасы из-за снижения водопроницаемости наблюдалось в варианте без химизации на минимальной обработке – 138,6 мм. Таким образом, применение ресурсосберегающей почвоохранной системы обработки почвы на глубину 10-14 см под ячмень и средств интенсификации оказало положительное влияние на водный режим почвы.

В острозасушливый вегетационный период 2010 года при количестве осадков 112 мм запасы продуктивной влаги составили в среднем в слое 0-50 и 0-100: 69,3 – 159,6 мм при отвальной; 69,7 - 154,3 мм – на плоскорезной и 65,8 - 141,1 мм при минимальной системах обработках почвы, что оказало влияние на урожайность зерна ячменя.

В благоприятный по увлажнению 2011 год (203 мм) наибольшие влагозапасы почвы составили в метровом слое в варианте с плоскорезной обработкой почвы (167,1мм), наименьшие – на минимальной – 147,2 мм, или были меньше на 11,9%.

В период вегетации 2012 года с недобором осадков (143мм) не отмечено существенных различий по содержанию продуктивной влаги в слоях почвы.

Повышение влагозапасов в почве за вегетационные периоды 2011-2012 гг. благоприятно повлияли на формирование урожайности зерна ячменя (приложение 6).

Суммирующим показателем эффективности различных технологий выращивания зерна в гидрологическом отношении является коэффициент водопотребления единицей продукции (зерно, зелёная масса). Данный показатель представляет суммарный показатель расхода воды, включающий использование влаги летних дождей и почвенной влаги, накопленный за осенне-зимний период. Коэффициент водопотребления – величина, зависящая от погодных условий вегетационного периода, уровня почвенного плодородия, применения минеральных удобрений и других абиотических факторов (Овчаренко М.В., 2001, Максимов Р.А., 2004; Гильгенберг И.В., 2007).

В острозасушливый вегетационный период 2010 года расход влаги ячменя, в зависимости от технологии возделывания, изменялся в пределах от 130 до 420 мм/т или в 3,2 раза. При применении средств интенсификации коэффициент

водопотребления посевами ячменя был в среднем в 2,5 раза меньше, чем на фоне без применения средств интенсификации (таблица 10).

В 2012 год, отмеченный недобором осадков, коэффициент водопотребления изменялся от 32 до 108 мм/т, а при применении средств интенсификации уменьшался на 56 мм/т (59,0%) по сравнению с контролем.

В среднем за период исследований (2010-2012 гг.) на варианте плоскорезной обработки почвы отмечалось максимальное водопотребление зерном ячменя на варианте без применения средств интенсификации (292 мм/т), а минимальное и более экономное (73 мм/т) – с рациональным применением средств интенсификации.

Таким образом, при острозасушливых условиях (2010 г.) отмечается повышенный расход воды, а при достаточной обеспеченности атмосферной влагой (2011г.) коэффициент водопотребления посевами пивоваренного ячменя снижается.

Наблюдения показали, что водопотребление посевов ячменя при применении средств интенсификации в среднем составляло только 82 мм/т или было в 2,8 раза меньше относительно контрольного варианта (без химизации).

Исследованиями установлено, что урожайность зерна ячменя зависит от количества вегетационных осадков и имеет среднюю сопряженность при отвальной и плоскорезной системах обработки почвы ($r = 0,46 - 0,59$), Юшкевич Л.В., 2001.

Применение ресурсосберегающей почвозащитной системы обработки почвы под ячмень на глубину 10-14 см в агрофитоценозах способствовало улучшению водного режима почвы относительно энергоемкой вспашки. Отсутствие механической обработки под ячмень без применения средств интенсификации ухудшало водный режим за вегетацию культуры в среднем до 135 мм при повышении водопотребления ячменя.

Таблица 10 - Коэффициент водопотребления пивоваренного ячменя сорта Аннабель

год	Обработка почвы	Влага, мм				Отклонения, +/-		Осадки, мм	Суммарное водопот- ребление, мм		Урожайность зерна, т/га		К водопот- ребления, мм/ т	
		посев		уборка										
		к	к/х	к	к/х	к	к/х		к	к/х	к	к/х	к	к/х
2010	Отвальная	170,2	184,3	138,4	109,2	31,8	75,1	112	143,8	187,1	0,63	1,34	228	134
	Плоскорезная	204,4	192,5	106,3	99,4	98,1	93,1		210,1	205,1	0,5	1,58	420	130
	Минимальная	196,9	192,2	73,1	129,8	123,8	62,4		235,8	174,4	0,65	1,24	363	144
Среднее за 2010 год		204,2	186,3	95,9	110,4	108,3	76,9		220,3	188,9	0,59	1,37	337	136
2011	Отвальная	181,4	176,4	156,3	81,4	25,1	95	203	228,1	298	1,24	4,46	184	67
	Плоскорезная	210,7	177,2	144,9	144	65,8	33,2		268,8	236,2	0,77	4,05	349	58
	Минимальная	144,9	155,6	169,4	109,5	-24,5	46,1		178,5	249,1	0,72	2,94	247	85
Среднее за 2011 год		179	169,7	156,9	111,6	22,1	58,1		225,1	261,1	0,91	3,82	260	70
2012	Отвальная	104	121	163	124	-59	-3	143	84	140	0,96	3,36	87	42
	Плоскорезная	126	118	135	156	-9	-38		134	105	1,24	3,26	108	32
	Минимальная	121	137	163	158	-42	-21		101	122	1,11	2,86	91	43
Среднее за 2012 год		117	125,3	153,6	146	-36,6	-20,7		106,3	122,3	1,10	3,16	95	39
Среднее за 2010-2012гг.		166,7	160,4	135,5	122,7	31,3	38,1	153	183,9	190,8	0,87	2,78	231	82

Примечание: к – контроль (без химизации); к/х – комплексная химизация

$НCP_{05}$ (по системе обработки почвы) = 9,8 мм/т; $НCP_{05}$ (по химизации) = 4,6 мм/т;

$НCP_{05}$ (для частных различий) = 13,8 мм/т.

Рациональное применение средств интенсификации способствует снижению коэффициента водопотребления культуры в среднем с 231 до 82 мм/т или в 2,8 раза, а также увеличению урожая зерна ячменя в среднем с 0,87 до 2,78 т/га без ухудшения его пивоваренных свойств. Доля влияния фактора системы обработки почвы на коэффициент водопотребления культуры составила 12,8%, средств интенсификации – 80,5% и взаимодействие факторов – 6,7%.

3.3. Влияние средств интенсификации и приемов обработки почвы на биологическую активность

Почва - это среда обитания микроорганизмов, представляющая собой гетерогенную трехфазную систему с твердой поверхностью, контактирующей с жидкой и газообразной фазой. Твердая фаза состоит из почвенных частиц, которые объединяются в микроагрегаты и формируются при участии микроорганизмов. Распределение бактерий внутри почвенных агрегатов во многом определяет их способность к выживанию в неблагоприятных условиях окружающей среды, активность и экологические функции. Биохимические процессы, осуществляемые почвенными микроорганизмами, оказывают существенное влияние на миграцию химических элементов, распределение элементов минерального питания растений и токсических веществ (Заварзин Г.А., 2003; Торшин С.П., 2009).

Механическая обработка почвы, а также средства интенсификации изменяя агрофизические параметры пахотного слоя, условия питания почвенных микроорганизмов, оказывают существенное влияние на интенсивность мобилизационных процессов, питание растений, состояние агрофитоценоза и продуктивность растений. Микробиологическая активность является чутким индикатором экологического состояния почв. Применение почвозащитных обработок почвы, интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с внесением удобрений и других средств интенсификации для повышения урожайности зерновых культур оказывают влияние на элементы почвенного плодородия, одним из основных показателей которого является ее биологическая активность. Минеральные удобрения и пестициды, выступая

эффективными средствами повышения продуктивности агрофитоценозов, изменяют направленность и интенсивность целого ряда процессов в почве. Являясь важнейшим компонентом почвенной среды, микроорганизмы принимают непосредственное участие в процессах трансформации органических и минеральных соединений. Любые изменения, вызванные применением тех или иных средств интенсификации, отражаются на состоянии микробного сообщества. При изменении соотношения между группами микроорганизмов, происходит угнетение одних и активация других почвенных процессов (Хамова О.Ф., 1998, 2009; Белебезьев А.С., 2002; Холмов В.Г., 2006).

Одним из факторов снижения плодородия эродированных почв является обеднение верхнего слоя органическим веществом, приводящее к снижению биологической активности. В связи с нарушением оптимально протекающих микробиологических процессов, в данных почвах ослабляется процесс накопления элементов минерального питания растений, разложения растительных остатков, процесс синтеза гумуса (Юферов В.А., 1965; Юшкевич Л.В., 2001).

В целом количество почвенных организмов, участвующих в образовании органического вещества составляет 0,3 - 3 млрд. на 1 г почвы [66].

М. Исмаилом и А.А. Ваньковой (2011) выявлено, что содержание микробной биомассы, численность бактерий и грибов на поверхности почвенных агрегатов (2 мм) существенно выше, чем внутри (10-20мм). Растительные остатки существенно влияют на почвенную микрофлору, направленность биологических процессов, связанных с превращением этих веществ. При поступлении в почву растительных остатков от зерновых культур происходит расширение спектра почвенных грибов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов (Хамова О.Ф., 1998; Юшкевич Л.В., 2001).

Определяющую роль в получении высокой урожайности зерна отводится оптимальной обеспеченности растений азотом. Минерализация органических соединений азота в почве в основном определяется процессами аммонификации и нитрификации. В этой связи целесообразно рассматривать изменения

численности этой группы бактерий и нитрификационную способность почвы (Холмов В.Г., 2006).

Под посевами ячменя в слое 0-30 см численность нитрификаторов закономерно убывает от весны к осени при незначительных различиях между вариантами обработки почвы. При почвозащитной обработке почвы отмечалась повышенная концентрация нитрификаторов по сравнению со вспашкой (Хамова О.Ф. 1998, 2009).

Изменения условий жизнедеятельности микроорганизмов, связанные с накоплением растительных остатков при безотвальных обработках и, особенно, с применением средств интенсификации, изменяют почвенный микробиоценоз и выводят его из состояния равновесия.

Данные исследований Зерфуса В.М. (1977) свидетельствуют о том, что минимизация обработки почвы в годы с недостаточным увлажнением приводит к увеличению числа микрофлоры, мобилизующей органические и минеральные фосфаты.

Установление характера и степени длительного воздействия приемов обработки почвы и средств интенсификации на микробиологический компонент почвенной среды является неотъемлемой предпосылкой теоретического обоснования рациональных приемов почвозащитных обработок почвы и изменения ее экологического состояния.

Наблюдения за численностью микроорганизмов, динамикой подвижных азота и фосфора проводили в вариантах химизации: контроль (без внесения удобрений и пестицидов), гербициды (Пума - супер 100), комплексная химизация (гербициды + удобрения + фунгициды). Перед посевом вносили азотные и фосфорные удобрения ($N_{30}P_{30}$). Всего на 1 га севооборотной площади применяли 60 кг д.в. минеральных удобрений, в том числе азотных – 24, фосфорных – 36 кг.

Почвенные образцы отбирались 3 раза в течение вегетации зерновых: в период кущения (июнь), колошения (июль), налива зерна (конец августа - сентябрь) в слое 0-20 см.

Количественный учет микроорганизмов проводили на твердых питательных средах согласно общепринятым методам (Стрельчик Н.В., 2009).

Наблюдениями установлено, что почвозащитная ресурсосберегающая плоскорезная обработка почвы способствовала увеличению общей численности микроорганизмов в среднем на 9,2% относительно отвальной и предельно минимальной (таблица 11).

Таблица 11 - Влияние системы обработки почвы и применения средств интенсификации на численность микроорганизмов в верхнем слое (0-20 см) почвы при выращивании пивоваренного ячменя

Вариант обработки почвы	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/гр. абс. - сухой почвы				
	Бактерии на МПА	Микро-организмы на КАА	Нитри-фикаторы	Грибы	Общее количество микро-организмов
КОНТРОЛЬ					
Отвальная	29,9	28,8	3,0	38,8	162
Плоскорезная	33,8	27,0	2,7	46,1	153
Минимальная	33,3	26,4	2,8	42,6	141
Среднее	32,3	27,4	2,8	42,5	152
ГЕРБИЦИДЫ					
Отвальная	29,0	24,3	3,8	31,6	137
Плоскорезная	32,8	30,0	2,6	54,0	162
Минимальная	33,6	28,3	2,6	52,2	165
Среднее	31,8	27,5	3,0	45,9	155
КОМПЛЕКСНАЯ ХИМИЗАЦИЯ					
Отвальная	35,8	35,4	4,4	40,0	171
Плоскорезная	38,9	36,2	4,4	66,2	205
Минимальная	36,5	33,4	4,0	61,4	165
Среднее	37,1	35,0	4,3	55,9	180
НСР ₀₅ (по системе обработки)	1,01	1,06	0,45	1,16	4,66
НСР ₀₅ (по химизации)	1,01	1,06	0,45	1,16	4,66

В варианте с энергоемкой эрозионноопасной отвальной обработкой отмечена тенденция к снижению численности почвенной микрофлоры при применении гербицидов на 15,4%, в том числе грибов - на 18,5% по сравнению с контролем

(без химизации). Длительное систематическое применение умеренных доз азотно-фосфорных удобрений положительно повлияло на численность почвенных микроорганизмов и их активность, стимулируя рост нитрифицирующих бактерий (в среднем в 1,5 раза). Грибы-сапрофиты осуществляют важную экологическую функцию – разложение органических соединений – от самых простых углеводов до сложных биополимеров. Улучшение минерального питания, накопление органических остатков на фонах с применением средств интенсификации существенно повышали их численность (в среднем на 31,5%).

При почвозащитной обработке почвы систематическое рациональное применение гербицидов, в целях борьбы с засоренностью агрофитоценоза, в целом не оказало негативного воздействия на численность определяемых групп микроорганизмов в основном по причине более значительного накопления растительных остатков под замыкающей культурой севооборота.

Предыдущими исследованиями (до 2010 г.) в стационарном опыте установлено, что по мере сокращения числа и глубины обработки почвы содержание гумуса под заключительной культурой севооборота существенно возрастает в ряду: отвальная обработка (7,75%) – минимальная (7,96%) – плоскорезная (8,17%) при $НСР_{05} = 0,15\%$. Большая масса растительных остатков в вариантах с почвозащитными обработками способствует значительному накоплению гумуса по сравнению со вспашкой.

Таким образом, длительное применение средств интенсификации со временем повышало общую численность почвенных микроорганизмов в верхнем (0-20 см) слое почвы в среднем на 18,4%. Улучшение условий минерального питания растений, накопление органических остатков на фонах с комплексным применением средств интенсификации существенно увеличивало численность грибов (в среднем на 31,5%), нитрификаторов (в среднем в 1,5 раза) и других групп микроорганизмов, что в целом оказывало положительное влияние на ее биологическую активность.

Почвозащитная ресурсосберегающая почвоохранная обработка почвы на глубину 10-14 см при применении комплексной химизации способствовала

увеличению общей численности микроорганизмов в верхнем слое чернозема на 16,5-19,5% относительно эрозионной отвальной и минимальной обработок почвы.

В целом доли влияния факторов системы обработки почвы и средств интенсификации на численность различных почвенных микроорганизмов составили от 62,5 до 88,8%.

В своих исследованиях Хамова О.Ф. и другие (2009) отмечали корреляционную сопряженность между величиной урожайностью как итоговой оценкой эффективного плодородия и показателями биологической активности почвы. Так, численность сапрофитов на МПА, микроорганизмов, потребляющие азот в минеральной форме, грибов, автотрофных нитрификаторов имела среднюю сопряженность ($r = 0,40 - 0,50$) с конечной урожайностью культуры.

Увеличение пестицидной нагрузки (гербициды группы 2,4-Д + фунгициды) на фоне внесения азотно-фосфорных удобрений (комплексная химизация) в научно-обоснованных количествах при выращивании пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири не вызывает существенных сдвигов в биологической активности верхнего слоя почвы.

Применение комплексной химизации на посевах ячменя вместе с увеличением почвенно-корневых остатков способствовало росту численности аммонифицирующей микрофлоры и коэффициента трансформации органического вещества, при этом направленность микробиологических процессов протекает в направлении сохранения потенциального плодородия почвы при более интенсивной минерализации растительных остатков.

3.4. Влияние приемов обработки почвы и средств интенсификации на питательный режим

Изучение содержания питательных элементов в почве в доступной для растений форме в течение вегетационного периода - экологическая проблема при управлении плодородием, в особенности при антропогенном воздействии на почву.

Ячмень отличается повышенным требованием к уровню питания, что объясняется очень коротким вегетационным периодом и быстрым усвоением

питательных веществ. Наибольшая потребность в питательных веществах наблюдается в начальные периоды роста. Для формирования 1 ц зерна ячмень потребляет примерно 2,5-3 кг N, 1-1,5 кг P₂O₅ и 2-2,5 кг K₂O.

При рациональном внесении удобрений в почву поступают питательные вещества в количествах, необходимых для формирования планируемого урожая высокого качества, не допуская при этом снижения плодородия почвы и загрязнения окружающей среды. Главным условием этого является совершенствование научных основ диагностики минерального питания растений и оптимизация применения удобрений на каждом конкретном поле с учетом выращиваемой культуры почвенного плодородия, погодных условий и экологических ограничений.

В зависимости от направления выращивания, зерно ячменя должно быть соответствующего качества, которое можно изменить рациональным применением удобрений в разумных пределах. По данным многочисленных исследований установлено, что при увеличении азотного питания белковость зерна ячменя возрастает, а содержание крахмала снижается. Усиленное снабжение растений калием при низком уровне азотного питания способствует накоплению в зерне крахмала, растворимых сахаров, что приводит к увеличению урожайности зерна ячменя с наибольшим содержанием белка. Для получения высококачественного пивоваренного зерна необходимо, чтобы уровень калийного питания преобладал над азотным и фосфорным. При этом формируется зерно с высоким содержанием крахмала, растворимых сахаров и растворимых фракций белка, возрастает экстрактивность, содержание белка обычно не превышает 12 %.

Применением минеральных и органических удобрений в севооборотах можно целенаправленно регулировать полноценное питание растений, обеспечивающее рост урожайности зерна в среднем на 0,13-0,33 т/га и снизить содержание белка на 0,4-1,1% (Коданев И.М., 1970; Стищенко О.В., 2002; Павленкова Т.В., 2008; Воронкова Н.А., 2009).

В настоящее время основным способом улучшения питательного режима является мобилизация основных элементов плодородия путем интенсивной обработки почвы.

При уменьшении глубины обработок снижается активность аэробной почвенной микрофлоры. В этом случае минерализация растительных и других органических остатков протекает умеренно, что способствует сбалансированному азотно-фосфорному питанию растений пивоваренного ячменя. Именно сбалансированность азотно-фосфорного питания позволяет получать качественное зерно, пригодное для переработки на пиво.

Почвозащитная обработка почвы и минеральные удобрения оказывают положительное влияние на активность почвенных целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Применение минеральных удобрений повышает степень разложения льняного полотна в 1,6 раза относительно неудобреного фона (Юшкевич Л.В., 2001; Павленкова Т.В., 2008).

В ходе исследований были проведены наблюдения за содержанием питательных элементов в почве при длительном применении почвозащитных систем обработки почвы на контрольном варианте и фоне с комплексным применением средств интенсификации.

3.4.1. Азотный режим почвы. Для формирования высокого и качественного урожая зерна пивоваренного ячменя растение всегда должно иметь в корнях, стеблях или листьях запасы подвижного азота, который является источником питания культуры. При воздействии неблагоприятных внешних условий окружающей среды на растение азот вступает в реакцию образования сложных органических соединений.

Установлено, что содержание нитратов в растениях зависит не только от уровня применения удобрений и состояния почвы, но и заметно изменяется в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода (Мальцев Т.С., 1971; Холмов В.Г., 2006; Ермохин Ю.И., 2009)

Ячмень особо нуждается в подвижном азоте в период от начала кущения до выхода растений в трубку. В это время происходит развитие побегов кущения,

фотосинтетического аппарата и формирование колоса. В начальные фазы роста ячменя азот способствует накоплению углеводов. Внесение азота с удобрениями в период развития колошение-созревание зерна, как правило, урожайность не повышает, но увеличивает количество белка в зерне (Гамзиков Г.П., 1981).

Изучение азотного режима почвы проводилось на контроле (без химизации) и на фоне с применением удобрений и пестицидов. Установлено, что содержание нитратного азота изменялось в почве в зависимости от интенсивности основной обработки почвы и применения средств интенсификации. При сокращении числа и глубины обработок содержание нитратов снижается до 30-40% (Юшкевич Л.В., 2001).

Определение подвижных форм азота в слое почвы 0-20 см перед посевом показало, что при снижении интенсивности обработки почвы до минимального варианта уменьшалось содержание $N-NO_3$ как на контрольном варианте, так и на фоне с применением комплексной химизации. При ресурсосберегающей обработке почвы перед посевом культуры с применением средств интенсификации содержание $N-NO_3$ составило 8,4 мг/кг, что в 1,6 раза превышало контрольный вариант (таблица 12, приложение 7).

Таблица 12 – Содержание нитратного азота в почве в зависимости от системы обработки и применения средств интенсификации, 2010-2012 гг.

Система обработки почвы	Слой 0 - 20 см, мг/кг		Слой 0 - 40 см, мг/кг	
	к	к/х	к	к/х
Перед посевом				
Отвальная	7,3	9,8	6,2	8,7
Плоскорезная	5,1	8,4	4,4	6,8
Минимальная	3,8	7,6	3,6	5,2
Среднее	5,4	8,6	4,7	6,9
После уборки				
Отвальная	3,3	6,8	2,8	5,8
Плоскорезная	2,8	6,0	2,4	3,4
Минимальная	3,0	5,1	2,1	3,6
Среднее	3,0	6,0	2,4	4,3

Содержание азота в слое почвы 0-20 см перед посевом пивоваренного ячменя Аннабель как на контроле так и при применении средств интенсификации снижалось от отвального до минимального варианта с 7,3 - 9,8 мг/кг до 3,8 – 7,6 мг/кг или на 22,4 – 47,9%. Длительное применение минеральных удобрений способствовало повышению содержания нитратного азота с 5,4 до 8,6 мг/кг или в 1,6 раза, что способствовало к более сбалансированному питанию зерна ячменя подвижным азотом.

Нитронакопление в слое почвы 0-40 см при различных обработках почвы имеет характерные особенности: максимальное значение (8,7 мг/кг) отмечалось на фоне комплексной химизации на отвальной обработке перед посевом культуры и минимальное (2,1 мг/кг) – при минимальной обработке почвы в контрольном варианте после уборки ячменя.

В целом обеспеченность растений нитратным азотом перед посевом ячменя по шкале обеспеченности почвы N-NO₃ в слое 0-40см, разработанная Кочергиным А.Е. (1972) оценивалась как низкая (в среднем по обработкам и фонам химизации 5,8 мг/кг), что способствовало получению высокой урожайности зерна и его качества.

Таким образом, исследованиями установлено, что относительно отвальной обработки применение мелкой плоскорезной обработки почвы приводит к уменьшению содержания N-NO₃ в слое 0-20 см к посеву ячменя на 2,2 мг/кг (30,1%) и на предельно - минимальной – на 3,5 мг/кг (47,9%). Систематическое применение удобрений (N₃₀P₃₀) повышало содержание N –NO₃ в слое 0-40 см с 4,7 до 6,9 мг/кг (в 1,5 раза), что способствовало более сбалансированному питанию ячменя. К уборке культуры содержание нитратного азота уменьшалось до очень низкого уровня обеспеченности (2,4 - 4,3 мг/кг) или в 1,6 - 2,0 раза. Выявлено, что доля влияния фактора обработки почвы на содержание нитратного азота в слое 0-20 и 0-40 за годы исследований составила 51, 0 - 56,1% соответственно, а доля фактора применения средств интенсификации – 36,7 - 40,9%.

3.4.2. Фосфорный режим почвы. Фосфор является важным элементом питания растений. Он входит в состав ядра клеток, сложных белков (нуклеопротеидов), нуклеиновых кислот, фосфатидов, ферментов, витаминов, фитина и других биологически активных веществ. Значительное количество фосфора содержится в растениях в минеральной и органической формах. Критическим периодом фосфорного питания зерновых культур является начальный период роста и развития. Обеспеченность подвижным фосфором зерновых культур в этот период способствует росту корневой системы, формированию более крупного колоса и ускоренному созреванию растений. Оптимальная обеспеченность растений фосфором повышает устойчивость растений к болезням и засухе, улучшает азотный обмен. Внешним признаком фосфорного голодания у молодых растений является красновато-фиолетовая окраска листа.

Фосфорные удобрения обычно обеспечивают несколько меньшую прибавку урожая, чем азотные, но при дефиците фосфора происходит угнетение растения. На усиление роста корней у растений влияют не только более ранний срок посева и плотное посевное ложе, но и внесение фосфорных удобрений [3, 5].

Выяснение условий доступности фосфатов почвы и вносимых удобрений имеет важное значение для формирования фосфатного потенциала почвенного плодородия. Доступность растениям фосфатов во многом зависит от соотношения процессов мобилизации и иммобилизации фосфора в почве (Холмов В.Г., 2006).

На основе почвенной диагностики Стищенко О.В. (2002) было установлено, что в условиях южной лесостепи Западной Сибири для получения более высоких урожаев пивоваренного ячменя (выше 3,0 т/га) необходимо, чтобы в почве содержалось в среднем 12,0-14,5 мг на кг нитратного азота; 17,5-19,0 мг на 100 г. почвы подвижного фосфора при ее высокой обеспеченности обменным калием.

Согласно разработанной шкале обеспеченности черноземных почв фосфором (Чириков Ф.В., 1963) при наличии P_2O_5 до 10 мг/кг обеспеченность почвы оценивается слабой, 10 - 15 – средней и более 15 мг/кг – высокой.

Содержание подвижного фосфора на варианте без применения удобрений составило перед посевом 10,3-11,4 мг/100 г почвы и не зависело от приемов обработки почвы.

На вариантах с длительным внесением фосфорных удобрений содержание подвижного фосфора повышалось в 1,5–1,8 раза до высокого уровня (17,4-21,0 мг/100 г), причем на почвозащитных вариантах содержание P_2O_5 относительно отвальной обработки уменьшалось на 2,2-3,6 мг/100 г (10,5-17,1%), аналогичная закономерность сохранилась и к уборке культуры (таблица 13, приложение 8).

Уменьшение содержания подвижного фосфора в почве от посева до уборки ячменя, в связи с выносом культурой, снижается незначительно, в среднем на 6,2% в варианте с отвальной обработкой почвы, на 14,4% - при плоскорезной и на 11,3% - при минимальной.

Наши исследования подтверждают, что длительное рациональное применение фосфорных удобрений в сочетании с пестицидами способствует повышению содержания подвижного фосфора в пахотном (0-20 см) слое до высокой обеспеченности (в среднем до 19,1 мг/100 г почвы) с тенденцией уменьшения на почвозащитных вариантах до 10,5-17,1%.

Таблица 13 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы (0-20 см) в агрофитоценозе посевов пивоваренного ячменя, мг/100г почвы (2010-2012 гг.)

Обработка почвы	Срок определения	
	Посев	Уборка
Контроль		
Отвальная	11,4	10,7
Плоскорезная	10,3	10,2
Минимальная	11,1	10,9
Среднее	10,9	10,6
Комплексная химизация		
Отвальная	21,0	19,6
Плоскорезная	17,4	13,5
Минимальная	18,8	15,7
Среднее	19,1	16,3
НСР ₀₅ (по химизации)	2,5	2,2

При длительном применении фосфорсодержащих удобрений на варианте комплексной химизации содержание подвижного фосфора в почве повышалось до максимального при всех вариантах обработки почвы в 1,5-1,8 раза (21,0 мг/100г), что способствует более сбалансированному питанию растений ячменя. Доля влияния фактора применения удобрений в сочетании с пестицидами на фосфорный режим черноземных почв являлась доминирующей и составляла за годы исследований до 83,3 - 96,5%.

3.4.3. Калийный режим почвы. Калий является одним из основных, наряду с азотом и фосфором, элементов минерального питания. В зерне ячменя его содержится около 0,6%, а в соломе – до 0,8 – 1,5% (Прокуратова А.С., 2006). В отличие от азота и фосфора он не входит в состав органических соединений, а находится в клетках растения. Калий положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образование органических кислот в растении, он участвует в углеводном и азотном обмене. При недостатке калия в растениях тормозится синтез белка, в результате нарушается весь азотный обмен. При достаточном калийном питании у зерновых культур повышается устойчивость растений к засухе, полеганию, заболеваниям, как мучнистая роса и ржавчина. Ячмень потребляет наибольшее количество калия в начальный период роста. Для получения высококачественного пивоваренного зерна, в зарубежных странах практикуют внесение калия в дозах до 100-160 кг/га д.в. Урожайность при этом повышается незначительно, но зерно ячменя приобретает отличное качество [66].

По мнению Л.А. Нечаева и др. (2002) ячмень благоприятно произрастает и развивается на почвах с высокой (до 40см) мощностью гумусового горизонта с повышенным содержанием подвижного фосфора и калия и благоприятными агрофизическими свойствами пахотного слоя.

При длительном (40 лет) применении азотно-фосфорных удобрений и пестицидов в рациональных количествах наблюдается несколько иная закономерность в содержании обменного калия по сравнению накоплением фосфора (таблица 14).

При почвозащитной обработке почвы содержание обменного калия в слое 0-20 см превышало его содержание на отвальной обработке на 7,5-10,0 мг/100г почвы или 27,3-36,4%. Обеспеченность растений калием отмечалась на высоком уровне и находилась в слое 0-20 см в пределах 25,0 – 40,6 мг/100 г.

Таблица 14 – Содержание подвижного калия в пахотном слое почвы (0-20 см) в агрофитоценозе пивоваренного ячменя в зависимости от приемов обработки почвы и применения средств интенсификации, мг/100г почвы (2010-2012 гг.)

Обработка почвы	Отвальная		Плоскорезная		Минимальная		Среднее	
Фон химизации	к	к/х	к	к/х	к	к/х	к	к/х
<i>Посев</i>	27,5	25,0	37,5	28,0	35,0	26,3	33,3	26,4
<i>Уборка</i>	31,2	26,3	40,6	28,8	33,8	25,0	35,2	26,7
НСР ₀₅ (по системы обработки почвы)							2,69	
НСР ₀₅ (по химизации)							2,20	

Примечание: к – контроль, к/х – комплексная химизация.

На фоне рационального применения удобрений и пестицидов содержание обменного калия к посеву пивоваренного ячменя сорта Аннабель на всех вариантах обработки почвы снижалось относительно контроля (без применения средств интенсификации) в среднем на 6,9 – 8,5 мг/100г почвы или до 24,2%, что связано в основном с более высоким выносом урожаем культуры. Доля влияния фактора применения комплексной химизации на содержание обменного калия в почвенном слое 0-20 см составляла за годы исследований 77,3%, а системы обработки почвы только 17,1%.

3.5. Агроэкотоксикологическая оценка черноземов при выращивании пивоваренного ячменя

В связи с интенсивным воздействием промышленного производства на объекты природной среды, негативные последствия их антропогенного загрязнения уже проявляются не только на региональном, но и на глобальном уровнях. В процессе техногенеза увеличивается содержание в биосфере долгоживущих радионуклидов искусственного и естественного происхождения, тяжелых металлов, изменяется радиационный фон. Загрязняющие вещества легко

вовлекаются в экосистемные миграционные циклы, накапливаясь в почве, растениях и сельскохозяйственной продукции (Молчанова И.В., Караваева Е.Н., 2001, Красницкий В.М., 2001).

Главная задача экологической агрохимии сегодня и на перспективу – это контроль над содержанием химических элементов в почве, растительной продукции, возможность их регулирования, изучение зависимости от биогеохимических условий среды в многокомпонентной системе: «почва – растение – животное – человек» (Алексеев Ю.В., 1987).

Тяжелые металлы - термин «тяжелые металлы» применим к элементам с относительной атомной массой более 40, присутствующим в почве, растениях, живых организмах, способных накапливаться в тканях и вызывать нарушение или оказывать негативное влияние на их рост и развитие.

Тяжелые металлы относятся к числу наиболее опасных загрязнителей. Результаты их действия проявляются не столь очевидно, как другие виды загрязнения почв, но тяжелые металлы передаются по трофическим цепям с выраженным кумулятивным эффектом. Максимальную опасность эти элементы представляют для человека, находящегося на вершине цепи питания, где он может получать продукты с концентрацией токсикантов в 100-1000 раз более высокой, чем в почвах (Warren H.V., 1979; Dyggan M., Williams S., 1977; Milke H., 1983).

Главным источником загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами являются промышленные предприятия и автотранспорт (Ильин В.Б., 1994; Кузнецов А.В., 1997). Также загрязнение окружающей среды возможно и за счет средств интенсификации, в том числе и удобрений, не отвечающих по своему составу требованиям экологической безопасности или при нарушении общепринятых рекомендаций по их применению. Однако нельзя исключать, что в ряде случаев могут складываться условия одновременного поступления загрязняющих веществ в почву и растения из всех названных источников (Ладонин В.Ф., 1995).

В минеральных удобрениях тяжелые металлы являются естественными примесями, содержащимися в агрорудах. Поэтому их количество зависит от

исходного сырья и технологии его переработки. Наиболее существенным по концентрации примесей тяжелых металлов являются фосфорные удобрения.

Вероятность загрязнения объектов агроэкосистемы за счет примесей тяжелых металлов и токсичных элементов в фосфорных удобрениях обусловлена практически повсеместным их применением под различные сельскохозяйственные культуры, в том числе имеющие пищевое или кормовое значение. Рассматривая удобрения как один из потенциальных источников загрязнения почв тяжелых металлов, необходимо постоянно осуществлять контроль за почвой и растениями, так как имеются данные об аккумуляции в них тяжелых металлов (Дубиковский Г.П., 1980; Глуховский А.Б. и др., 1994).

Анализ поступления ТМ в почвы Омской области показал, что наименьшее их количество приходится на минеральные удобрения. При этом свинца, цинка и меди больше всего поступает с атмосферными осадками, а кадмия, никеля, хрома – с органическими удобрениями (Красницкий В.М., 2002).

Механизмы связывания тяжелых металлов в почвах многообразны и изменяются в зависимости от химизма и гранулометрического состава почв, их реакционной способности и окислительно-восстановительных условий. Таким образом, микроэлементы могут образовывать различные соединения в зависимости от того, с каким компонентом почвы они связаны и каковы площади реагирующих поверхностей фаз.

Валовое содержание тяжелых металлов (Cu, Cd, Ni, Zn, Pb) в почвенных образцах по данным результатов исследований не превышает ПДК (ГН 2.1.7.2511-09) (приложение. 9). Цинк, свинец и кадмий относятся к первому классу опасности, никель и медь – ко второму (ГОСТ 17.4.1.02-83).

Содержание меди в почвенных образцах было ниже ПДК в среднем в 6,9 раза на вариантах без применения химизации и в 7 раз – при длительном применении средств интенсификации; кадмия – в 4,5 и 4,3 раза соответственно; никеля – в 2,6 и 2,7; цинка – в 4,8 и 4,6; свинца – 6,9 и 6,4 раза во всех местах отбора образцов.

При длительном применении средств интенсификации уровень содержания кадмия в почве, никеля (20-50 мг/кг), цинка (30-70 мг/кг), свинца (10-35 мг/кг),

меди (15-50 мг/кг) относится к очень низкому (20-50 мг/кг) согласно шкале экологического нормирования тяжелых металлов, разработанной Обуховым А.И. и Ефремовой Л.Л. (1988).

Валовое содержание элементов не всегда может характеризовать степень опасности загрязнения почвы тяжелых металлов, поскольку для растений доступны лишь подвижные формы. Мобильность тяжелых металлов, а, следовательно, токсичность их для растений в условиях загрязнения зависит от многих компонентов и свойств почвы, обуславливающих ее буферность, или ее защитные возможности (Савич В.И., 2011).

Исследования показали, что превышения норм ПДК (ГН 2.1.7.2041-06) по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в верхнем слое (0-20см) почвы также не наблюдалось (таблица 15, приложение 10).

Таблица 15 - Содержание подвижных форм тяжелых металлов в верхнем слое почвы в зависимости от технологии возделывания ячменя

Место отбора образца	Вариант обработки почвы	Глубина отбора образца, см	Содержание тяжелых металлов, мг/кг				
			Cu	Cd	Ni	Zn	Pb
Контроль	Отвальная	0-10	0,43	0,20	0,65	0,38	1,43
		10-20	0,38	0,17	0,57	0,40	1,45
	Минимальная	0-10	0,32	0,15	0,60	0,42	1,12
		10-20	0,27	0,16	0,54	0,45	1,10
Среднее			0,35	0,17	0,59	0,41	1,28
Комплексная химизация	Отвальная	0-10	0,37	0,19	0,61	0,35	1,25
		10-20	0,30	0,17	0,58	0,33	1,39
	Минимальная	0-10	0,50	0,18	0,56	0,38	1,27
		10-20	0,44	0,18	0,48	0,32	1,26
Среднее			0,40	0,18	0,56	0,35	1,29
НСП ₀₅ (0-20см)			0,06	0,01	0,03	0,03	0,10
ПДК			3,0	1,0	4,0	23,0	6,0

При изучении степени накопления тяжелых металлов в почве на фоне длительного (40 лет) применения минеральных и органических удобрений исследованиями установлено, что содержание подвижных форм тяжелых металлов в верхнем слое почвы было меньше ПДК: меди – в 7,5 раз, кадмия – в 5,6, никеля – в 7,2, цинка – в 65,7 и свинца - в 4,7 раза. Также отмечено

незначительное увеличение концентрации таких металлов, как никель (на 0,03 мг/кг), цинк (на 0,06 мг/кг) в контрольном варианте по сравнению с применением комплексной химизации, которое связано, в основном, с более высоким выносом их конечной продукцией.

Таким образом, содержание токсикантов в почве находилось в пределах естественного фона и не превышало предельно допустимые концентрации, что свидетельствует об отсутствии загрязнения черноземных почв тяжелыми металлами и возможности получения экологически чистой растениеводческой продукции.

Остатки пестицидов - микроколичества пестицидов, не подвергшиеся естественному распаду и разложению под влиянием различных воздействий в объектах окружающей среды (Ганиев М.М., Недорезков М.Д., 2006).

Основным антропогенным фактором, вызывающим повышенное содержание токсических веществ в зерне ячменя является применение пестицидов. Опасным источником загрязнения продукции фоновыми токсикантами является почва, ранее аккумулировавшая различные по происхождению химические соединения.

К числу пестицидов, применявшихся ранее (до 80х годов) на территории России, относятся ДДТ (ди-хлордифенилтрихлорметилметан) и ГХЦГ (гексахлорциклогексан).

Находясь в почве, пестициды подвергаются интенсивному воздействию различных абиотических факторов, существенную роль в их разложении играют микробные сообщества.

Следует отметить, что чрезвычайно высокая стойкость ранее применяемого в земледелии ДДТ в почве, как чужеродного для природы соединения, определяется экзотичностью структуры его молекулы для микроорганизмов, доводящих органические вещества до глубокой деструкции или минерализации, а также отсутствием оптимальных значений, определяющих их факторов - температуры, влажности, аэрации, окислительно-восстановительного потенциала, рН почвы и содержания в ней необходимых для микробных клеток источников питания и энергии. Поэтому ДДТ в почве претерпевает первоначально лишь

частичное превращение до стадии образования его метаболитов ДДЭ или ДДД и в таком составе не только долго сохраняется в почве, но и попадает в водную среду (Галиулин Р.В., Галиулина Р.А., 2008).

Период разложения того или иного пестицида в значительной степени зависит от метеорологических условий. Большое влияние оказывает низкая температура окружающей среды и интенсивность солнечного излучения. Чем выше их показатели, тем сильнее сдерживается или интенсивнее протекает процесс разложения большинства пестицидов в различных экосистемах.

Для предотвращения накопления пестицидов в почве прибегают к увеличению интервала времени между их введением и сбором урожая, к уменьшению кратности обработки, снижению расходов препаратов. Всё это уменьшает, однако не исключает возможность загрязнения почвы. Масштаб выноса пестицидов определяется количеством, способом и временем внесения препаратов в почву, их растворимостью, устойчивостью к разложению, способностью сорбироваться почвой и мигрировать по ее профилю, интенсивностью эрозионных процессов, типом почв, рельефом местности, объемом и интенсивностью выпадения осадков и т.д. (Прокуратова А.С., 2006).

По литературным данным 2,4-Дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) может сохраняться в почве от 1 до 6 месяцев. В почве 2,4-Д разлагается в основном под действием микроорганизмов, поэтому скорость разложения 2,4-Д зависит от тех же параметров, которые влияют и на развитие микробов (содержание гумуса и воды, сорбционной емкости, температуры и pH почвы и др.). Известно, что более 85% внесенного в почву количества 2,4-Д разлагается в течение 300 часов с момента применения и только в засушливых районах длительность гербицидного действия может сохраняться 6—9 месяцев. Наиболее быстро 2,4-Д разлагается в почвах, которые ранее обрабатывались этим гербицидом или 2-метил-4-хлорфеноксиуксусной кислотой (2М-4Х), по-видимому, в результате того, что в этих почвах уже имеются достаточно многочисленные популяции микроорганизмов, способных разлагать гербицид (Kearney P.C., 1970; Майер-Боде Г., 1972; Torstensson L., 1975).

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что содержание ГХЦГ и его изомеров во всех почвенных образцах было меньше 0,005 мг/кг, что более чем в 14,8 раза ниже ПДК. Содержание ДДТ и его метаболитов было более чем в 20 раз ниже ПДК. Концентрация 2,4-Д кислоты, ее солей и эфиров составила меньше 0,01 мг/кг (ниже ПДК в 10 раз), а концентрация тилта - в 20 раз меньше ОДК (приложение 11).

Следовательно, в условиях рационального применения средств интенсификации при выращивании пивоваренного ячменя в почвенном покрове не наблюдается накопление опасных количеств остатков пестицидов.

Важнейшая проблема сельского хозяйства в условиях загрязнения почвы радиоактивными элементами – максимальное снижение поступления этих веществ в продукцию и предотвращение накопления их в организмах сельскохозяйственных животных. Поступление антропогенных радионуклидов в природные и аграрные экосистемы является следствием деятельности человека.

Техногенные выбросы радионуклидов в природную среду в ряде районов земного шара значительно превышают природные нормы. Также известно, что природные фосфориты (сырье для производства фосфорных удобрений) содержат природные радионуклиды: уран, торий, стронций.

До недавнего времени в качестве важнейших загрязняющих веществ рассматривались, главным образом, пыль, угарный и углекислый газы, оксиды серы и азота, углеводороды. Радионуклиды рассматривались в меньшей степени. В настоящее время интерес к загрязнению радиоактивными веществами вырос, в связи с факторами появления острых токсичных эффектов, вызванных загрязнением стронцием и цезием.

^{90}Sr относится к долгоживущим техногенным радионуклидам ($T_{1/2} = 28,5$ лет), ^{137}Cs сорбируется почвами прочнее, чем ^{90}Sr , но длительность периода полураспада ($T_{1/2} = 30,17$ лет) и его биологическая значимость играют важную роль в загрязнении сельскохозяйственной продукции.

Чернобыльская катастрофа повлияла на экологическую ситуацию во многих регионах Российской Федерации. В настоящее время загрязнение почв

радионуклидами со средней плотностью загрязнения цезием - 137 более 1,0 кюри/км² составило Тульской области 47% территории, Орловской – 4 %, Брянской – 34%, Калужской и Тамбовской – 17%, Курской – 4,4%, Пензенской – 3%, Воронежской – 1,5%, Ленинградской – 1%, Смоленской – 0,5%, Рязанской область (13%) оказалась одной из наиболее загрязненных выпадения областей России. По площади с уровнями плотности цезиевого загрязнения более 1 Ки/км² - 5210 км² область занимает четвертое место в России. В Рязанской области радиоактивному загрязнению подвержены 19 районов [28].

В изменении естественного радиационного фона окружающей среды большой вклад вносят АЭС, ядерные взрывы и радиоактивные отходы. Наиболее неблагоприятная радиационная обстановка в различных регионах нашей страны складывалась за счёт искусственных радионуклидов (цезия-137 и стронция-90). Причём катастрофа ЧАЭС обусловила загрязнение природной среды главным образом цезия-137, а стронцием-90 в незначительной степени. При этом зоны повышенной радиоактивности распределены на территории России неравномерно. Они известны как в европейской части России, в Зауралье, на полярном Урале, в Западной Сибири, Прибайкалье, на Дальнем Востоке, Камчатке, Северо - Востоке. Влияние радиоактивных элементов проявляется как на молекулярном, клеточном уровне, так и на уровне целого организма.

Известно, что озимые зерновые культуры (рожь, пшеница), как правило, накапливают в 2-2,5 раза меньше стронция-90 и цезия-137, чем яровые (пшеница, овес, ячмень). Позднеспелые сорта обычно накапливают в 1,5-2 раза меньше радионуклидов, чем ранние. Отмечены различия в накоплении радионуклидов, связанные с сортовыми особенностями культур. Накопление цезия-137 и стронция-90 может различаться в 1,5-3 раза в зависимости от сорта одной и той же культуры. Сорта интенсивного типа, потребляющие значительные количества питательных веществ, отличаются повышенным накоплением радионуклидов (ячмень Березинский, Роланд, Селянин, Верас). Подбор сортов с минимальным накоплением радионуклидов не требует значительных затрат и может быть

особенно эффективным в возделывании ячменя на почвах, загрязненных стронцием-90 (Фокин А.Д. и др., 2005).

Приведенные данные (таблица 16, приложение 12) доказали, что длительное рациональное применение средств интенсификации не оказывает влияние на содержание цезия Cs-137 в почве. Как в контрольном варианте, так и на фоне комплексной химизации содержания Cs-137 было в 9,7-9,8 раза меньше ПДК (80 Бк/кг). Содержание Sr-90 при применении комплексной химизации было ниже допустимого уровня (140 Бк/кг) в 53,8 раза.

Таблица – 16 **Содержание радионуклидов в почве (0-20 см) при выращивании пивоваренного ячменя, Бк/кг.**

Обработка почвы	Фон химизации	Цезий-137	Стронций-90
Отвальная	Контроль	8,2	2,3
	Комплексная химизация	8,3	2,0
	<i>Среднее</i>	8,25	2,15
Минимальная	Контроль	8,1	2,7
	Комплексная химизация	8,2	2,5
	<i>Среднее</i>	8,15	2,6
НСР₀₅		0,05	0,23
ПДК		80,0	140,0

Выводы по главе 3

1. При длительном (40 лет) применении почвозащитные ресурсосберегающие обработки черноземных почв оптимизируют агрофизические параметры плодородия почвы: улучшается структурное состояние почвы, плотность пахотного слоя к посеву ячменя приближается к оптимальной (до 1,01-1,11 г/см³), увеличивается содержание водопрочных агрегатов поверхностного слоя (0-20см) до 50,7-57,8% и повышается комковатость с 64,2 до 71,4% по сравнению с эрозионноопасной вспашкой на глубину 20-22см. В ходе исследований установлена сопряженность на вариантах обработки почвы между плотности почвы и конечной урожайностью зерна. Количество условной стерни на поверхностном слое почвы при сокращении интенсивности обработки почвы увеличивается до 163,2 шт/м², а эродируемость, наоборот, понижается в 1,7-2,3

раза, относительно отвальной обработки что способствует защите поля от проявления дефляционных процессов.

2. Выявлено, что при антропогенном воздействии на черноземные почвы (почвоохранные системы обработки и рациональное применение средств интенсификации) во взаимосвязанной многокомпонентной экосистеме «почва - растение - агрофитоценоз – продукция (зерно)» коэффициент водопотребления на формирование 1 тонны зерна ячменя снижается в 2,8 раза (с 231 до 82 мм/т). На варианте ресурсосберегающей плоскорезной обработки почвы на глубину 10-14 см при рациональном применении средств интенсификации влагозапасы перед посевом культуры в слое 0-100 см составили в среднем 171,5 мм, что на 8,4 мм (4,9%) превышало увлажнение почвы на варианте с энергоемкой вспашкой. Применение минимальной обработки приводило к ухудшению водного режима почвы. Использование средств интенсификации способствовало его улучшению за счет оптимизации питательного режима почвы и снижения засоренности посевов при повышении урожайности зерна ячменя (в среднем в 3,2 раза), без ухудшения качества зерна и его пивоваренных свойств.

3. При сокращении интенсивности обработки перед посевом отмечается тенденция снижения содержания нитратного азота в черноземной почве (0-40 см) относительно вспашки на 25 - 38%. При рациональном длительном применении средств интенсификации содержание $N-NO_3$ повышается до 5,2-8,7 мг/кг и различия по вариантам обработки почвы выравниваются. На почвозащитных вариантах уменьшение содержания нитратного азота и сбалансированное обеспечение почвы фосфором и калием способствует снижению белковости зерна до оптимальных параметров (менее 12%).

4. Ресурсосберегающая мелкая плоскорезная обработка почвы на глубину 10-14 см при комплексном применении средств интенсификации способствовала увеличению общей численности микроорганизмов в верхнем слое чернозема на 16,5-19,5% относительно эрозионной отвальной и минимальной обработки почвы. Рациональное применение рекомендуемых к применению гербицидов группы 2,4-Д на посевах пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири не

вызывает существенных сдвигов в биологической активности верхнего слоя почвы. В верхнем слое черноземных почв при длительном рациональном применении средств интенсификации и ресурсосберегающей системы обработки почвы со временем не установлено негативного влияния на микробиологическое сообщество и ее биологическую активность.

5. При длительном применении фосфорных удобрений обеспеченность растений на всех вариантах достигала высокого уровня (до 21,0 мг/кг). На фоне комплексной химизации ресурсосберегающей обработки почвы содержание обменного фосфора составило в среднем 17,4 мг/кг или на 68,9% выше относительного контрольного варианта. На почвозащитных обработках почвы отмечается увеличение обменного калия в почвенном слое (0-20см) до 28,0-37,5 мг/100г почвы. Доля влияния фактора применения средств интенсификации на содержание обменного калия в почвенном слое составила за годы исследований 77,3%, а системы обработки почвы – 17,1%.

6. Проведенные исследования показали, что рациональное длительное (до 40 лет) применение средств интенсификации при выращивании пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири не ухудшало экологическое состояние почвы. Так, содержание подвижных форм тяжелых металлов, пестицидов и радионуклидов в почвенных образцах было значительно ниже ПДК в среднем до 65,7 раза, что меньше нормативного уровня. ГХЦГ и его изомеров во всех почвенных образцах было меньше 0,005 мг/кг или в 14,8 раза ниже ПДК; ДДТ и его метаболитов было меньше ПДК в 20 раз и составило меньше 0,007 мг/кг; остатков 2,4-Д кислоты, ее солей и эфиров было меньше в 10 раз по сравнению с ПДК ($< 0,01$ мг/кг), а концентрация тилта — в 20 раз ($< 0,01$ мг/кг). Содержание радионуклидов Cs-137 в 9,7-9,8 раза было ниже предельно - допустимого уровня; Sr - 90 при применении комплексной химизации ниже ПДК в 53,8 раза, что не представляет экологической опасности для человека.

Глава 4. Особенности агроэкологического и фитосанитарного состояния агрофитоценоза посевов пивоваренного ячменя в зависимости от воздействия антропогенных факторов

В условиях почвозащитного земледелия существенно изменяется экологическая направленность развития агрофитоценозов, характер и условия взаимоотношений культурного и сорного компонентов. Система земледелия должна обеспечивать оптимальное состояние фитосанитарного потенциала посевов и почвы, способствовать повышению почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур (Баздырев Г.И. и др., 2004).

Одними из важнейших факторов устойчивого развития зернового производства Западной Сибири являются защита посевов от сорной растительности и предотвращение потерь конечного урожая от комплекса инфицированного поражения посевов зерновых культур. Применение средств защиты растений от сорной растительности, болезней связано не только с затратами ресурсов, но и, самое главное, с возможным отрицательным воздействием на окружающую среду при неграмотном применении средств интенсификации.

4.1. Количественно - видовой состав сорного компонента агрофитоценоза пивоваренного ячменя

Борьба с сорняками является одной из приоритетных задач современного земледелия, так как высокая засоренность посевов, обусловленная во многом адаптивными условиями, вызывает существенное снижение урожайности полевых культур (Милащенко Н.З., 1977; Юшкевич Л.В., 2001; Спиридонов Ю.Я. и др., 2009). По данным ряда ученых, потери урожая зерновых культур от сорных растений составляют до 20-25%, поэтому борьба с ними является весьма актуальной задачей земледелия.

Главной задачей рациональной борьбы с сорняками в агрофитоценозах является комплексное и дифференцированное применение приемов агротехнологий исходя из оптимальных условий для возделываемых культурных растений.

По мнению Зерфуса В.М. (1977) возрастающая засоренность посевов при почвозащитных обработках почвы приводит к усилению конкурентной борьбы за влагу и пищу между сорняками и культурой, что отражается на увеличении выноса азота, фосфора и калия сорняками и снижением потребления культурой азота и калия.

Сорные растения обладают значительной вредоносностью. В конкурентной борьбе они значительно больше (в 1,5-3,0 раза) усваивают из почвы влаги и элементов питания, что способствует более сильному проявлению засухи, так как влага является основным лимитирующим фактором уровня продуктивности зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири. Значительный урон урожаю наносят мятликовые сорняки, особенно просо сорное (Ионин П.Ф., 1992; Горбачева и др., 2011; Доронин В.Г. и др., 2011).

За годы исследований агрофитоценоз ячменного поля включал в себя 15 видов сорных растений: 3 вида мятликовых (щетинник сизый - *Setaria glauca* (L.) Beauv; просо куриное – *Panicum cmsgalii* L.; просо сорно-полевое – *P. Spontaneum*), 4 вида растений, чувствительных к гербицидам группы 2,4-Д (щирица запрокинутая – *Amaranthus retroflexus* L.; марь белая - *Chenopodium album* L.; марь остистая – *Ch. Aristatum* L.; паслен черный – *Solatium nigrum*), 7 видов растений, устойчивых к 2,4 –Д (аистник обыкновенный – *Erodium cicutarium* L. Herit; пикульник обыкновенный, жабрей – *Galeopsis tetrahit* L.; гречишка вьюнковая (горец вьюнковый) – *Poligonum convolvulus* L.; гречишка развесистая (горец развесистый) – *P. lapatifolium*; подмаренник цепкий – *Galium aparine* L.; липучка ежевидная – *Lappula echinata* Gilib.; смолевка-хлопушка – *Silene inflata* Smith.) и 1 вид корнеотпрысковых растений (вьюнок полевой – *Convolvulus arvensis* L.).

Засоренность посевов ячменя зависит от способов основной обработки почвы, конкурентноспособности сорта, густоты стеблестоя, уровня питания растений и метеорологических условий в период вегетации.

Отношение массы надземной части сорных растений к общей надземной массе агрофитоценоза, выраженное в процентах, академик Н.З. Милащенко (1978,

1981) назвал долей сорняков в агроценозе. На основе полученных результатов он предлагает использовать данный показатель для оценки степени засоренности посевов яровой пшеницы по следующей шкале:

1. слабая при доли сорняков – менее 10%, 2. средняя – от 11 до 20 %, 3. сильная – от 21 до 30 %, 4. очень сильная – свыше 31 %.

За годы исследований отмечалось присутствие в агрофитоценозе посевов пивоваренного ячменя 10-15 видов сорных растений на фоне без химизации (контроль) на всех вариантах. На фоне комплексной химизации отмечалось всего 5-7 видов сорняков, что в 2 раза меньше (из мятликовых: просо куриное, просо сорно-полевое; из чувствительных к гербицидам группы 2,4-Д: щирица запрокинутая; из устойчивых к 2,4 –Д: жабрей, гречишка развесистая, подмаренник цепкий; из корнеотпрысковых растений: вьюнок полевой). В посевах пивоваренного ячменя из всех групп сорняков по процентному отношению к массе биоценоза преобладали мятликовые (до 24,8%). Удельная масса остальных видов сорных растений в агрофитоценозе была мала во всех вариантах опыта - до 20,5% (приложение 13, 14).

Наименьший уровень засоренности посевов в контрольном варианте был отмечен при почвозащитной плоскорезной системе обработке почвы –29,3% от массы агрофитоценоза, а наибольший (39,9%) на минимальном варианте, что соответствует сильному уровню засоренности по Милащенко Н.З. (1981).

В среднем за годы наблюдений удельная масса сорных растений на фоне комплексной химизации снизилась по сравнению с контрольным вариантом в 3,3 раза (слабая степень засоренности) при энергоемкой обработке почвы; в 2,0 раза (средняя степень засоренности) – при плоскорезной и в 3,9 раза (слабая степень засоренности) – при минимальной (таблица 17).

На фоне без применения средств интенсификации по всем вариантам обработки почвы наблюдалось наибольшее разнообразие сорных растений по групповому составу, с преобладанием мятликовых (148 г. или 9,2%) и корнеотпрысковых (329 г. или 20,5%) видов сорняков.

Таблица 17 - Засоренность посевов пивоваренного ячменя в зависимости от системы обработки почвы и средств интенсификации, 2010-2012 гг.

Обработка почвы	Фон химизации	Масса культуры, %	Всего сорняков, %	Видовой состав сорняков (в %)			
				мятликовые	Однолетние двудольные		корнеотпрысковые
					устойчивые	чувствительные	
Отвальная	К	69,3	30,7	11,4	2,1	1,1	16,1
	Г	80,3	19,7	19,7	0,0	0,0	0,0
	У	78,3	21,7	4,1	2,0	0,1	15,4
	К/Х	90,7	9,3	9,0	0,2	0,1	0,0
Среднее		79,6	20,4	11,1	1,1	0,3	7,9
Плоскорезная	К	70,7	29,3	6,9	2,2	0,1	20,1
	Г	77,2	22,8	22,5	0,1	0,0	0,1
	У	73,7	26,3	2,5	0,6	0,2	23,0
	К/Х	85,5	14,5	14,5	0,0	0,0	0,0
Среднее		76,8	23,2	11,6	0,7	0,1	10,8
Минимальная	К	60,1	39,9	8,5	3,5	0,5	27,4
	Г	68,0	32,0	32,0	0,0	0,0	0,0
	У	56,9	43,1	26,8	1,5	0,6	14,1
	К/Х	89,9	10,1	9,1	0,5	0,5	0,0
Среднее		68,7	31,3	19,1	1,4	0,4	10,4

Примечание: К – контроль (без химизации), Г – гербициды, У – удобрения, К/Х – комплексная химизация.

Рациональное применение гербицидов практически полностью подавило сорную растительность (до 0,1%), исключение составляет лишь группа мятликовых сорняков при повышении массы культуры в среднем с 1076 г. до 1744 г. (в 1,62 раза), приложение 13.

В острозасушливом 2010 году при количестве выпавших осадков в вегетационный период только 112 мм (57% от нормы) уровень засоренности посевов формировался при существенном влиянии метеорологических условий. В такие годы сорняки в посевах значительно усугубляют степень засухи, а конкурентоспособность культурных растений снижается.

Таким образом, средства интенсификации оказывают существенное влияние на снижение численности и видовой состав сорных растений. Применение поверхностных ресурсосберегающих почвозащитных обработок почвы

способствует нарастанию засоренности агрофитоценоза и повышению в видовом составе удельной массы мятликовых сорняков. Внесение удобрений провоцирует нарастание засоренности посевов пивоваренного ячменя (до 17,7%). Максимальное подавление сорной растительности обеспечивает комплексная интенсификация, снижающая засоренность посевов относительно контроля более чем в 2 раза. Коэффициент отрицательной корреляции между засоренностью и урожайностью зерна ячменя в среднем составил $-0,84 \pm 0,17$, то есть уровень продуктивности культуры определяется степенью засоренности агрофитоценоза, согласно коэффициента детерминации, до 71%.

4.2. Фитопатологическое состояние агрофитоценоза посевов ячменя

Ухудшение фитосанитарной ситуации в посевах зерновых культур приводит к недобору до 25% урожая, а при эпифитотиях болезней – до 50% от валового сбора зерна (Verma, Morral, Tinline, 1976; Чулкина В.А., 1985; Юшкевич Л.В., 2001; Ашмарина Л.Ф., 2005).

Защита растений от инфекций определяет стабильность сельскохозяйственного производства, которое призвано обеспечить население доброкачественными продуктами питания и здоровой средой обитания, а промышленность – сырьем. Эпифитотии болезней растений наносят и наносят значительный ущерб сельскому хозяйству. В Сибири, например, при поражении яровой пшеницы листостеблевыми инфекциями (бурой ржавчиной, септориозом, мучнистой росой) происходит разрушение фотосинтетического аппарата, снижается содержание хлорофилла на 59,4 -66,9% при засыхании 50-90% листовой поверхности. Данный процесс усугублялся при поражении растений корневыми гнилями, поскольку проявляется сходное отрицательное действие токсичных метаболитов септориоза и возбудителя обыкновенной корневой гнили (Торопова Е. У., Greenberg E.G., 2000; Торопова Е.Ю., 2005).

Ячмень поражается многими болезнями. Наиболее распространены: мучнистая роса, головни, полосатая и сетчатая пятнистости, ржавчины, корневые гнили, ринхоспориоз и другие.

Корневые гнили относятся к наиболее вредоносным заболеваниям. Они поражают первичные и вторичные корни, подземные междоузлия, основание стебля. Обыкновенная корневая гниль ячменя – это группа болезней, со сходными внешними признаками поражения подземных и надземных частей злаковых растений. Подавление обыкновенной корневой гнили усложнено тем, что возбудители болезни – факультативные паразиты – способны длительное время (2-3 года *Fusarium* spp и до 5-6 лет *B. sorokiniana*) сохранять свою жизнеспособность в почве и на растительных остатках, а также передаваться с семенами (Григорьев М.Ф. и др., 2010).

Возбудители корневых гнилей ячменя могут передаваться через почву, растительные остатки и семена, а в течение сезона от растения к растению по воздуху. В последнем случае на колосьях и зерне может появляться одна из форм болезни – фузариоз колоса и зерна. Заражение семян более чем на 28% приводит к потерям урожая до 1,08 т/га (Неттевич Э.Д. и др., 1981; Morrison, 1983).

Данные исследований Тороповой Е.Ю. (1998, 2005) свидетельствуют о негативном влиянии корневой гнили на все основные элементы структуры урожая и качества продукции зерновых культур.

Решающая роль в развитии эпифитотий болезни принадлежит биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. Известно, что в Сибири эпифитотические вспышки заболевания отмечены в те годы, когда в июле выпадало 253 - 354% осадков от многолетней нормы, а ГТК составлял 1,4 и более.

Возбудителем *гельминтоспориозной корневой гнили* хлебных злаков является гриб *Bipolaris sorokiniana*. Болезнь проявляется в 3-х формах: корневая гниль, черный зародыш зерна и бурая пятнистость листьев. Признаками проявления заболевания являются – появление светло-бурых, темно-коричневых полосок или пятен на первичных, вторичных корнях, эпикотиле, coleoptиле, стебле, прикорневых листьях, что ведет к снижению качества, количества клейковины зерна или гибели растения.

Возбудителем *фузариозного увядания* сельскохозяйственных культур является *Fusarium oxysporum* Schlecht. Заболевание активно распространяется в

районах с дефицитом влаги в почве или неустойчивым увлажнением. Характерным признаком болезни является хлороз надземных органов и поникание верхушки растений, что ведет к недобору урожая до 60% при ухудшении качества, включая токсичность получаемой продукции.

В острозасушливом 2010 году инфекция растений развивалась несколько сильнее на отвальном и минимальном вариантах обработки почвы (в среднем от 32,2 до 56,7%), чем на плоскорезном (до 46%), как на контроле, так и на фоне комплексной химизации (приложение 15). При почвоохранной системе обработки почвы пожнивные инфицированные остатки ячменя сохраняются преимущественно на поверхности почвы, что создает условия для повышенного заселения возбудителей корневой гнили верхней части пахотного слоя.

В благоприятном по увлажнению 2011 году (203 мм) распространенность и пораженность растений корневыми гнилями была немного ниже, чем в засушливом 2010 году. При минимизации обработки почвы распространенность обыкновенной корневой гнилью была соответственно на 16,2% ниже, чем на отвальной обработке, при этом пораженность растений была низкой (в среднем 18 баллов) на плоскорезном варианте.

Применение средств интенсификации способствовало снижению инфицированности корневой системы ячменя. Относительно контроля на варианте комплексной химизации распространение инфекции снижалось в среднем с 51,1 до 38,2% (на 25,2 %), а ее развитие – на 9,3 балла (36,8%), табл. 18.

Таблица 18 – Развитие корневой гнили на посевах пивоваренного ячменя при применении средств интенсификации, 2010-2012 гг.

Обработка почвы	Распространенность, %		Пораженность, баллы	
	К	К/Х	К	К/Х
Отвальная	56,7	39,7	29,5	21,5
Плоскорезная	46,0	42,6	20,2	15,6
Минимальная	50,7	32,3	26,2	11,0
Среднее	51,1	38,2	25,3	16,0
<i>НСР₀₅ (по обработке почвы)</i>	8,4		5,2	
<i>НСР₀₅ (для частных различий)</i>	14,5		8,9	

Примечание: К – контроль, К/Х – комплексная химизация.

Применение средств интенсификации на почвозащитных обработках почвы снижало индекс развития корневой гнили в 1,3-2,4 раза (приложение 16).

Таким образом, минимизация обработки почвы способствует снижению развития инфекции по сравнению с энергоемкой вспашкой. При сокращении механических воздействий на почвенный слой развитие заболевания уменьшается за счет повышения устойчивости растений инфекциям. Грибные и бактериальные болезни нарушают нормальный ритм развития растений, отрицательно влияют на налив зерна, снижая его крупность, выполненность, повышая плёчатость, что отражается на технологических свойствах, особенно солодового ячменя (Лукьянова М.В., 1990).

Основной задачей защиты растений при помощи средств интенсификации является сохранение фотосинтетической активности листового аппарата более продолжительное время. Установлено, что в фазу колошения интенсивность фотосинтеза верхнего (флагового) листа в 5 раз больше, чем второго и третьего. В этой связи уничтожение или повреждение листового аппарата болезнями вызывает некроз, что отрицательно сказывается на продуктивности зерновых культур (Жученко А.А., 1999; Юшкевич Л.В., 2001).

Исследованиями установлено, что первичным механизмом эпифитотий бурой ржавчины и септориоза является выпадение обильных осадков в пределах оптимального для возбудителя диапазона температур (Чулкина В.А. и др., 1998; Юшкевич Л.В., 2001; Торопова Е.Ю., 2005; Кольс О.Е., 2006).

Наиболее распространенные листостеблевые болезни у ячменя: мучнистая роса, головни, полосатая и сетчатая пятнистости, ржавчины, корневые гнили, ринхоспориоз и другие.

Мучнистая роса распространена повсеместно, но наиболее вредоносна в южных областях России. *Возбудитель болезни* — сумчатый гриб *Erysiphe graminis* DC. В цикле его развития имеются конидиальное и сумчатое спороношения. Конидии одноклеточные, бесцветные, продолговато-овальные, образуют цепочки на коротких конидиеносцах. С помощью конидий гриб распространяется во время вегетации растений. В сумчатой стадии гриба образуются клейстотеции с

сумками и сумкоспорами. Клейстотеции округлые, черные, диаметром до 180 мкм, сумки бесцветные, эллиптические, с маленьким отростком с одной стороны. В каждой сумке насчитывается по 4—8 бесцветных эллиптических сумкоспор. Заражение растений весной происходит от сумкоспор при температуре 0—20° и относительной влажности воздуха 50—100%. Инкубационный период болезни длится от 3 до 11 дней. При температуре выше 30° развитие мучнистой росы прекращается. *Вредоносность* болезни увеличивается при поражении молодых растений. Недобор урожая в этом случае может достигать 15—20%.

Сетчатая и полосатая пятнистость (гельминтоспориоз) больше распространены в северных и центральных районах России. *Возбудители болезни* — грибы *Drecheslera teres* и *Drechslera graminea*. Возбудитель *сетчатой пятнистости* зимует на пораженных растительных остатках и на семенах в виде конидий, которые вызывают заражение на следующий год. Развивается болезнь локально. Возбудитель *полосатой пятнистости* ячменя сохраняется на зерне. В период цветения споры, образовавшиеся на листьях, распространяются и прорастают, формируя под чешуйками толстостенные споры, которые возобновляют на следующий год жизненный цикл патогена.

Первые симптомы *сетчатой пятнистости* появляются в период кущения растений, а массовое проявление болезни наблюдается во время цветения и налива зерна. На листьях появляются продольные коричневые пятна с бледно-желтым ободком, покрытые продольными и поперечными полосами, образующими сетчатый рисунок. На пятнах появляется темный налет гриба, слияния пятен и их растрескивания не наблюдается.

Признаки *полосатой пятнистости* отмечается от появления всходов до созревания зерна, но наиболее характерные симптомы появляются после колошения. На листьях, между жилками, развиваются светло-желтые пятна, которые постепенно удлиняются. Позднее пятна темнеют и разрываются по длине на 2-3 полосы, а при влажной погоде покрываются темным спорообразующим налетом гриба. Постепенно зараженные листья полностью усыхают. Пораженные растения не колосятся или остаются стерильными. Если зерна образуются, то они,

как правило, щуплые и недоразвитые. Источником инфекции сетчатой пятнистости ячменя являются растительные остатки и семена.

В течение вегетации заражение септориозом осуществляется пикноспорами, распространяющимися воздушно-капельным путем. Зимует грибница и пикноспоры на растительных остатках, посевах озимых, падалице, сорняках. Важным источником инфекции являются семена. Поражаются все надземные органы растений (листья, стебли, стержень колоса, колосковые чешуйки, зерно). На листьях и стеблях, начиная с фазы всходов - кущения, появляются светло-бежевые, светло-бурые пятна с хлоротичным ободком или без него. На стеблях болезнь проявляется в период созревания в виде буроватых, расплывчатых пятен без каймы. На колосковых чешуях пятна темно-бурые или темно-фиолетовые, позднее светлющие с обильными пикнидами в виде черных точек. С колосковых чешуй болезнь переходит на зерно. Факторы, способствующие развитию болезни: сильные росы, полегание культур, обильные осадки в сочетании с повышенной температурой, высокие дозы азотных удобрений, повышенные дозы гербицидов, регуляторов роста. Поражение септориозом приводит к преждевременному усыханию листьев растений.

Исследования показали, что применение средств интенсификации положительно влияет на сохранение фотосинтетической активности листового аппарата при снижении потерь урожая от аэрогенной инфекции (таблица 19).

Комплексная защита зерновых культур от листостеблевых инфекций способствует сохранности листового аппарата пшеницы на 33,1-34,6%, на ячмене - в 1,5 раза; снижению распространения пораженности верхнего яруса листьев мучнистой росой, ржавчиной и септориозом на 18-32% (Юшкевич Л.В., 2001).

За годы исследований распространение сетчатой пятнистости в посевах пивоваренного ячменя не превышало 25,5% при степени поражения растений до 52,4%. Второй ярус листьев ячменя в наибольшей степени был поражен сетчатой пятнистостью и незначительно септориозом. Наблюдения показали, что наибольшее развитие сетчатой пятнистости листьях ячменя отмечалось на минимальном варианте – в среднем 45,6%, что превышает на 10,3% отвалый.

Поражение листьев ячменя септориозом было ниже порога вредоносности (5%) с тенденцией усиления инфекции на отвальном варианте (в среднем 0,8 - 1,0%).

Таблица 19 - Влияние технологии основной обработки почвы и средств интенсификации на развитие листостеблевых болезней, % (2010-2012 гг.)

Система обработки почвы	Вариант химизации	Сетчатая пятнистость		Септориоз	
		1*	2*	1*	2*
Отвальная	контроль	25,5	45,8	1,1	1,5
	к/х	7,0	24,4	0,4	0,5
Плоскорезная	контроль	24,4	48,3	0,7	1,0
	к/х	10,2	30,5	0,6	0,7
Минимальная	контроль	18,0	52,4	0,4	1,4
	к/х	9,4	38,7	0,4	0,7
Среднее по химизации	контроль	21,0	48,8	0,7	1,3
	к/х	8,9	31,2	0,5	0,6
НСР ₀₅ (по обработке почвы)		1,43	0,32	0,19	0,13
НСР ₀₅ (по химизации)		1,17	0,26	0,15	0,10
НСР ₀₅ (для частных различий)		2,03	0,45	0,27	0,18

Примечание: 1* - развитие болезни; 2* - распространение болезни; к/х – комплексная химизация.

Применение комплексной химизации с фунгицидной обработкой посевов системным препаратом (ТИЛТ- 250) позволило снизить развитие сетчатой пятнистости листьев ячменя в 2,4 раза (в среднем с 21,0 до 8,9%), а распространение инфекции – в 1,6 раза (с 48,8 до 31,2%); септориоза – с 0,7 до 0,5% (в 1,4 раза). Корреляционная зависимость между продуктивностью ячменя и распространением сетчатой пятнистости и септориоза имеет высокую отрицательную направленность ($R=-0,97\pm0,11$; $R_1=-0,92\pm0,16$).

Исследования свидетельствуют о том, что в благоприятный для возбудителей инфекции год (2011г.) распространение сетчатой пятнистости достигало уровня эпифитотии (56,6%), а наибольшее развитие септориоза было отмечено только в острозасушливый 2010 год (2,0%) (приложение 17). Поражение растений ячменя бурой ржавчиной и мучнистой росой в годы исследований не отмечено.

В целом прибавка зерна от применения системного фунгицида за годы исследований составила 0,31 т/га (12,6%).

4.3. Влияние экологических условий на продуктивность и основные элементы структуры урожая пивоваренного ячменя

Урожайность культуры является итоговым показателем всех условий, складывающихся в период роста и развития растений, она - величина интегральная и зависит от сорта, его отзывчивости на средства интенсификации, адаптации к комплексу абиотических и биотических факторов, а также технологии выращивания в конкретных агроландшафтах (Юшкевич Л.В., 2001).

Абиотические, биотические и антропогенные факторы оказывают существенное воздействие на комплексное развитие зерновых культур, а через них - на урожайность и качество зерна.

Рост и развитие растений сопровождается формированием его вегетативных и генеративных органов. Вегетативная часть урожая формируется в основном за счет густоты стояния растений на единице площади и кустистости растений, а генеративная – продуктивностью колоса. Важное значение особенности кущения растений имеет при выращивании пивоваренного ячменя. Пивоваренный ячмень должен образовывать сравнительно немного побегов и при усиленном кущении культуры может возникнуть значительное различие в развитии главного побега и побегов кущения, что неблагоприятно сказывается на равномерности созревания зерна и его качестве (Юрин П.В., 1979; Головацкая Е.Н., Караульный В.Н., 2008).

На формирование структуры урожая культуры в годы исследований оказывали существенные влияния: гидротермические условия в течение вегетации, засоренность посевов, наличие вредителей и болезней культуры, а также антропогенные факторы. Потенциал урожайности зерновых культур во многом определяется кустистостью, количеством продуктивных стеблей на единице площади, количеством зерен в колосе и массой 1000 зерен (Сулейменов М.К., 1989; Юшкевич Л.В., 2001; Холмов В.Г., 2006).

Урожайность зерна ячменя во многом определяется полевой всхожестью семян, которая является интегрирующим показателем качества проведения обработки почвы. Полевая всхожесть семян – основной показатель, влияющий на густоту стеблестоя посевов. Ячменю свойственна относительно высокая

полевая всхожесть семян в сравнении с яровой пшеницей. Полевая всхожесть ячменя зависит от всех изучаемых факторов и климатических условий от посева до формирования всходов (Холмов В.Г, 2006; Перов Н.П., 2008).

Наблюдения показали, что полевая всхожесть пивоваренного ячменя на контроле (без химизации) слабо изменялась по вариантам изучаемых технологий (65,4 – 70,8%), а сохранность растений к уборке имела тенденцию повышения по мере сокращения интенсивности обработки почвы на фоне применения средств интенсификации в среднем с 70,5 до 77,6%.

Структурный анализ урожая зерна ячменя сорта инорайонной селекции Аннабель показал, что система обработки почвы и средства интенсификации существенно влияют на составляющие её основные элементы (таблица 20, приложение 18).

Показатели массы снопа ячменя на фоне применения средств интенсификации в среднем возросли до 775 г/м² (на 87,6%) по сравнению с контролем (413 г/м²). Продуктивный стеблестой на варианте комплексной химизации составил в среднем 518 шт/м², что было в 2,1 раза больше, чем на контроле (без химизации) - 252 шт/м².

В целом коэффициент продуктивной кустистости пивоваренного ячменя при применении средств интенсификации повысился в среднем с 1,53 до 2,35 (53,6%).

Таблица 20 – Структура урожая зерна пивоваренного ячменя, 2010-2012 гг.

Обработка почвы	Показатели структуры урожая					
	Продуктивный стеблестой, шт/м ²		Число зерен в колосе, шт.		Масса 1000 зерен, г	
	К	К/Х	К	К/Х	К	К/Х
Отвальная	301	522	18,4	18,0	47,3	50,0
Плоскорезная	220	535	17,1	17,7	47,3	53,1
Минимальная	236	498	17,0	18,7	47,1	51,8
Среднее	252	518	17,5	18,1	47,2	51,6
<i>НСР₀₅ (по обработке)</i>	12,77		0,56		0,49	
<i>НСР₀₅ (по химизации)</i>	10,43		0,45		0,40	
<i>НСР₀₅ (для частных различий)</i>	18,06		0,79		0,69	

Примечание: К – контроль (без химизации), К/Х – комплексная химизация.

Важнейший показатель структуры урожая - масса 1000 зерен, характеризующая крупность зерна, степень его выполненности и выравненности. Количество зерен в колосе ячменя по вариантам, практически не изменялось (в среднем 17,5 – 18,1 шт), а масса 1000 зерен увеличилась на 9,3% (с 47,2 до 51,6 г.).

Следовательно, доминирующее влияние на улучшение элементов структуры ячменя оказывает рациональное применение средств интенсификации, а различие между приемами обработки почвы были менее заметны.

Корреляционный анализ между элементами структуры урожая зерна пивоваренного ячменя, как продуктивным стеблестоем ($r=0,98\pm0,08$), продуктивной кустистостью ($r=0,96\pm0,12$), массой 1000 зерен ($r=0,89\pm0,19$) и урожайностью культуры показал высокую положительную сопряженность между этими составляющими. Коэффициент корреляции между количеством зерен в колосе и урожайностью ячменя имел среднюю степень сопряженности ($r=0,52$).

Исследования ученых показывают, что зональные технологии выращивания ячменя должны быть ресурсосберегающими с рациональным применением средств интенсификации и выращиванием новых более продуктивных и качественных сортов, обеспечивающих повышение урожайности зерна на 40-60% и более.

При выращивании пивоваренного ячменя по влиянию на его продуктивность каждый отдельный компонент интенсификации уступает их комплексному применению, имеет свои особенности в эффективности различных технологий обработки в зависимости от уровня ее интенсификации и фактора химизации.

При отсутствии или ограниченном применении средств интенсификации отмечается четкая закономерность снижения урожайности зерна ячменя по мере сокращения интенсивности обработки почвы. На фоне комплексного применения средств интенсификации различие между полярными по интенсивности обработками почвы существенно сглаживалось при равной продуктивности на мелкой плоскорезной обработке почвы с энергоемкой вспашкой при сохранении почвенного плодородия – 2,96 – 3,05 т/га (таблица 21).

Таблица 21 – Урожайность зерна пивоваренного ячменя, т/га (2010-2012 гг.)

Обработка почвы (фактор А)	Вариант химизации (фактор В)					Среднее по А, НСР ₀₅ = 0,08 т/га
	К	Г	У	ГУ	К/Х (ГУФ)	
Отвальная	0,94	2,03	1,89	2,79	3,05	2,14
Плоскорезная	0,84	1,91	1,54	2,47	2,96	1,94
Минимальная	0,83	1,89	1,18	2,16	2,34	1,68
Среднее по фактору В, НСР ₀₅ = 0,12 т/га	0,87	1,95	1,53	2,47	2,78	-

НСР₀₅ (для частных различий) = 0,22 т/га.

Примечание: К – контроль (без химизации), Г – гербициды, У – удобрения, ГУ – гербициды + удобрения, К/Х) – комплексная химизация (гербициды + удобрения + фунгициды).

Изучение конечной урожайности зерна показало, что без применения средств интенсификации в связи с повышением уровня засоренности агрофитоценоза, ухудшением условий минерального питания, более высокая продуктивность ячменя получена в благоприятный по увлажнению 2011 год на энергоемкой вспашке (1,24 т/га). В острозасушливый 2010 год более высокая урожайность отмечалась на ресурсосберегающей минимальной обработке почвы - 0,65 т/га (приложение 19).

При раздельном применении гербицидов и удобрений различия в урожайности ячменя заметно выравниваются между полярными вариантами обработки почвы. При совместном применении удобрений, гербицидов и фунгицидов варианты с ресурсосберегающей плоскорезной обработкой почвы по продуктивности не уступают энергоемкой отвальной. Так, в острозасушливом 2010 году при совместном применении гербицидов, удобрений и фунгицидов максимальная продуктивность отмечалась при плоскорезной обработке почвы – 1,58 т/га, что было выше на 0,24 т/га (17,9%) относительно отвальной. В 2011-2012 гг., наоборот, более высокая урожайность зерна наблюдалась на энергоемкой обработке при внесении удобрений, гербицидов и фунгицидов (к/х) - от 3,36 до 4,46 т/га.

Комплексное применение средств интенсификации в научно-обоснованных количествах способствовало получению качественных урожаев зерна пивоваренного ячменя при энергосберегающей мелкой плоскорезной обработке почвы - 1,58 т/га (2010г.); 4,05 т/га (2011 г.); 3,26 т/га (2012 г), достоверно не уступая отвальной обработке (0,09 т/га - 3,0%) при защите почвы от дефляции и сбережении энергозатрат до 18-20%.

Эффективность каждого из компонента интенсификации различна в зависимости от погодных условий в годы исследований (приложение 20). Так, применение комплексной химизации позволило получить прибавку зерна в 0,79 т/га (133,8%) в 2010 году; 2,91 т/га (в 4,19 раза) в 2011 году и 2,06 т/га (в 2,87 раза) в 2012 году. При относительно высоком уровне засоренности агрофитоценоза (до 32,9%) применение гербицидов обеспечивало прибавку зерна до 1,08 т/га (124%), причем на менее энергоемких вариантах обработки (плоскорезная и минимальная системы) при более высокой доле сорного компонента в посевах (29 - 40%) повышение продуктивности достигало до 1,07 т/га (до 127%).

Применение удобрений заметно улучшало условия корневого питания растений, повышало биологическую активность почвы, способствуя существенному повышению продуктивности пивоваренного ячменя – в среднем на 0,67 т/га или 77%, а при совместном действии с гербицидами – до 1,6 т/га (в 2,8 раза).

После обработки посевов фунгицидами против комплекса листостеблевых инфекций улучшилось фитосанитарное состояние посевов, продолжительней сохраняется флаговый лист пивоваренного ячменя и повышается продуктивность культуры в среднем на 0,31 т/га (12,6%).

Рациональное применение средств интенсификации при возделывании пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири способствует существенному повышению урожайности зерна с 0,87 до 2,78 т/га или в 3,2 раза относительно контроля. С целью сохранения почвенного плодородия, защиты почвы от дефляции, сокращения энергозатрат и получения экологически чистой конечной продукции (зерно) преимущество при выращивании пивоваренного

ячменя имеет почвозащитная ресурсосберегающая мелкая плоскорезная система обработки почвы - 2,96 т/га.

Оставление почвы без осенней обработки из-за ухудшения водного режима, нарастания засоренности и инфицированности агрофитоценоза приводит к снижению урожайности зерна относительно почвоохранной мелкой плоскорезной обработки почвы в среднем на 0,26 т/га или 13,4%, в том числе на варианте комплексного применения средств интенсификации на 0,62 т/га (20,9%).

4.4. Влияние экологических факторов на качественные параметры зерна

Использование зерна ячменя на кормовые или продовольственные цели, в первую очередь, определяется его биохимическим составом. Одним из основных качественных параметров является содержание белка в зерновке, что во многом определяет биологическую полноценность и пищевое достоинство зерна ячменя.

В современном производстве на долю растительного белка приходится около 80%, при этом основными источниками являются зерновые и зернобобовые культуры. Поэтому при использовании ячменя на крупяные и кормовые цели повышенное содержание белка в зерне является приоритетным. Вместе с тем, в пивоваренной промышленности высокобелковость зерна является нежелательным качеством, оптимальное содержание белка в зерне при производстве пива составляет от 9 до 12% (ГОСТ 5060-86).

По предварительным оценкам, среднедушевое потребление пива в России в 2010 г. составило 72 литра на человека в год, что на 2,9 л меньше, чем в 2009 году. По оценкам экспертов, Россия еще в 2009 г. уступила Бразилии третье место в общемировом потреблении пива (первое место занимает Китай, второе – США).

Как известно, качество зерна определяется совокупностью действия агроклиматических и наследственных факторов, что необходимо учитывать при выращивании ячменя на определенные цели.

Белок – включает в себя лишь белковый азот в составе аминокислот. Азот необходим при производстве пива, так как он используется в питании дрожжей и, кроме того, способствует получению пива с долго не опадающей пеной.

Однако считается, что при содержании белка в ячмене более 12% существующие технологии не обеспечивают получение качественного пива. Объясняется это тем, что чем больше содержится белка в зерне ячменя, тем меньше в нём крахмала, который является основным экстрактивным веществом. Слишком низкая белковость (менее 8-9%) также не желательна, так как это способствует повышению содержания антоцианогена, вызывающего муть пива. В процентном отношении содержание белка в крупном зерне ячменя всегда меньше по сравнению с более мелким. Поэтому технологические требования направлены на формирование полновесного выровненного зерна. В этом отношении снижение засоренности, выравнивание посевов, что достигается применением средств защиты растений и удобрений способствуют получению зерна в соответствии с требованиями стандартов (Перов Н.А., 2008).

Основное количество азота накапливается в начальный период формирования, а синтез крахмала более интенсивно протекает в конечную фазу созревания зерна, поэтому преждевременная уборка ячменя зачастую являются причиной повышенного содержания белка в зерне. Многолетние данные свидетельствуют о том, что в условиях Западной Сибири в засушливые годы большинство сортов ячменя имели на 1,5-2% белка больше в зерне, чем в относительно увлажненные [73].

Изучаемые факторы оказывали определенное влияние на содержание белка в зерне ячменя. При внесении минеральных удобрений содержание белка в зерне повышалось в среднем на 3,9% относительно гербицидного фона. Действие минеральных удобрений определяется погодными условиями. Во влажные годы (2011 год) под их влиянием увеличивается сбор зерна до 1,66 т/га и содержание белка составляло в среднем до 10,2%. В засушливые годы (2010 г.), наоборот, урожай зерна снижается до 0,73 т/га, а накопление белка в зерне возрастало до 12,2% (приложение 21).

В среднем за годы исследований установлено, что минимальное содержание белка в зерне ячменя отмечалось в контрольном варианте (9,0%), а максимальное количество в варианте с комплексным применением средств интенсификации при

энергоёмкой отвальной обработке почвы – 11,2%. Сокращение интенсивности обработки почвы способствует снижению белковости зерна по вариантам в среднем от 9,0 до 8,0%, в том числе на фоне комплексного применения удобрений, гербицидов, фунгицидов – с 11,2 до 10,5% (таблица 22).

Таблица 22 – Содержание белка в зерне пивоваренного ячменя сорта Аннабель, в среднем за 2010-2012 гг.

Система обработки почвы (фактор А)	Средства интенсификации (фактор В)				<i>Среднее по фактору В, НСР₀₅ = 0,42%</i>
	К	Г	У	К/Х	
Отвальная	9,0	10,1	11,0	11,2	10,3
Плоскорезная	8,1	10,4	10,3	10,5	9,8
Минимальная	8,0	10,0	10,2	10,7	9,7
<i>Среднее по фактору А, НСР₀₅ = 0,37%</i>	8,4	10,2	10,6	10,8	-

Примечание: К – контроль (без химизации), Г – гербициды, У – удобрения, К/Х – комплексная химизация.

НСР₀₅ (для частных различий) = 0,74%.

Применение мелкой ресурсосберегающей обработки почвы способствует на всех вариантах применения средств интенсификации получению низкобелкового зерна ячменя (8,1-10,5%) соответствующего ГОСТу.

Таким образом, оптимизируя приёмы обработки почвы и применение средств интенсификации, можно не только существенно повысить урожайность ячменя сорта Аннабель (в среднем в 3,2 раза), но и получить зерно с содержанием белка, соответствующего ГОСТ 5060-86 – до 11,0 - 12,0 %.

Наиболее ценной составной частью ячменного зерна является крахмал, так как он служит основным экстрактивным веществом в пивоварении. Чем больше в зерне содержится крахмала, тем выше его экстрактивность. Качественный пивоваренный ячмень должен содержать в зерне не менее 60% крахмала (Неттевич Э.Д. и др., 1981; Максимов Р.А., 2004).

Экстрактивность – количество сухих веществ, способных при определённой температуре переходить из размолотого зерна в водный раствор под действием ферментов ячменного солода. Это наиболее важный показатель химической

пригодности ячменя для пивоварения. Чем больше в ячмене экстрактивных веществ, тем выше его пивоваренные свойства, тем меньше зерна будет расходоваться на производство пива. ГОСТ 5060-86 допускает использование партий зерна с экстрактивностью для первого класса не менее 78-82%. Содержание крахмала в пределах 60-64% соответствует экстрактивности до 78-82% в пересчёте на абсолютно сухое вещество [166].

В наших наблюдениях было получено зерно пивоваренного ячменя, в зависимости от изучаемых технологий, со значением экстрактивности в среднем 76,5% с изменениями в годы исследований от 73,0 до 80,1%.

Содержание в зерне крахмала в зерне пивоваренного ячменя соответствовало требованиям и варьировало на энергоемкой отвальной обработке почвы от 61,4% на контрольном варианте до 62,1% при рациональном комплексном применении средств интенсификации; при плоскорезной – от 61,0% до 62,7% соответственно и при минимальной – 61,4-62,0%. Показатели содержания крахмала на фоне отдельного применения гербицидов и удобрений изменялись от 60,7% в варианте с отвальной обработкой почвы до 61,4% при мелкой плоскорезной, то есть они имели стабильные параметры.

Содержание жира в зерне ячменя составляют 2-3%, который находится в основном в зародыше и в алейроновом слое. Часть жира расходуется при проращивании зерна.

В наших исследованиях содержание жира в зерне пивоваренного ячменя изменялось в среднем от 1,8 до 2,1% по вариантам химизации и от 2,0 до 2,1% по системам обработки почвы.

Существенное значение для характеристики качества пивоваренного ячменя имеет пленчатость зерна, или содержание мякинной оболочки. Наружные оболочки зерна состоят из веществ, нерастворимых в воде, даже под действием ферментов. Высокое содержание оболочек снижает экстрактивность зерна, при этом может ухудшаться и вкус пива, так как в них содержатся горькие вещества, способные переходить в раствор. Некоторое количество оболочек у ячменя необходимо для нормального проведения технологического процесса, так как они

создают естественный фильтр для затора. По этой причине для пивоварения голозерный ячмень непригоден.

Установлено, что чем выше натура зерна, тем обычно ниже его пленчатость и содержание в нем белка. Поражение комплексом инфекций от корневых гнилей до пятнистостей листового аппарата приводит со временем к нарушению обмена веществ, угнетению растений и уменьшению крупности зерна. Крупное зерно имеет меньшую пленчатость и обеспечивает больший выход конечной продукции (Овчаренко М.В., 2001; Торицов В.Е. и др., 2007; Мухордова М.Е., 2011).

Показатель пленчатости зерна не нормируется ГОСТ 5060-86, но контролируется заводами по производству пива под термином «мякинная оболочка». Для пивоваренных сортов ячменя данный показатель должен быть около 9,0% с колебаниями по годам от 8,0 до 11,0%.

В условиях южной лесостепи Западной Сибири за 2010-2012гг. пленчатость зерна ячменя формировалась в пределах 7,5-11,1% и чаще всего не превышала 9%. В засушливый 2010 год пленчатость зерна несколько снижалась (в среднем до 7,5%), тогда как во влажном 2011 году она была несколько выше (10,5%).

Оценка пивоваренных качеств ячменя сорта инорайонной селекции Аннабель, выращенного в условиях южной лесостепи Западной Сибири показала, что зерно данного сорта отвечает требованиям нормативных ГОСТов при преимуществе ресурсосберегающей почвозащитной обработки почвы, обеспечивающей защиту почвы от дефляции, воспроизводство почвенного плодородия и ресурсосбережение.

4.5. Оценка накопления токсикантов в зерне пивоваренного ячменя

При оценке качества зерна ячменя кроме биохимической оценки проводится экспертиза и на содержание тяжелых металлов, представляющих опасность для здоровья населения и животных. При низком содержании тяжелых металлов в почве, коэффициенты биологического поглощения металлов выше, а при высокой урожайности их содержания снижается (Алексеев Ю.В., 1987; Молчанова И.В., 2001; Просяникова О.И. и др., 2010).

Установлено, что без применения средств интенсификации получение высоких урожаев растениеводческой продукции невозможно. Поэтому в 2012 г. субъектами Российской Федерации была заявлена потребность в минеральных удобрениях до 2,7 млн. тонн действующего вещества. В состав минеральных удобрений могут входить соединения тяжелых металлов в виде балласта (Лебедевский И.А., 2012). Таким образом, при длительном применении средств интенсификации необходимо проведение постоянных мониторинговых исследований как в почве, так и конечной продукции.

Злаковые культуры аккумулируют из природной среды практически все экологические «вредности». Это происходит последовательно на всех этапах их выращивания, переработки, хранения и потребления. При ухудшении качества хотя бы одного из составляющих агроландшафта (воды, почвы, воздуха) производить экологически чистую и незагрязненную продукцию становится весьма проблематично.

По этой причине в настоящее время большинство культурных ландшафтов, включая агроценозы, в той или иной степени загрязнены различными экотоксикантами. Поэтому особое внимание следует уделять получению экологически чистой продукции. При этом одними из наиболее опасных загрязнителей являются тяжелые металлы, обладающие самыми высокими показателями техногенности и одновременно токсичные для живых организмов.

Накопление стойких экотоксикантов антропогенного происхождения в почве зачастую приводит к переносу их в стебли, листья и конечную продукцию. Уровень содержания пестицида в растении определяется абсорбцией, поступлением и разложением его в растении и почве. В целом интенсивность миграции пестицидов из почвы в растение и накопление в продуктивных органах зависят от содержания его в почве.

Для токсикантов, период разложения которых до безопасного уровня или выведения из почвы обычно составляет несколько лет, необходимо учитывать возможности их миграции и бионакопления (Майстренко В.Н. и др., 1996).

Установлено, что растения различного генотипа обладают избирательной поглотительной способностью в отношении тяжелых металлов. Максимальная концентрация токсикантов отмечается в растениях пропашной группы (подсолнечник, кукуруза). Средневзвешенное содержание тяжелых металлов в растениях пропашной группы было на 39,5% выше, чем в зерновых, и на 6,9% выше, чем в бобовых. Пропашные в больших количествах, чем зерновые и бобовые ассимилируют медь, цинк, кадмий и фтор. Однако свинец, никель и хром в более высоких количествах накапливают обычно бобовые культуры. Также установлена тесная сопряженность между содержанием в почве и зерне тяжелых металлов ($r=0,92 - 0,95$) (Деревягин С.С., 2009).

Применение пестицидов, обеспечивающих положительный производственный эффект, может отрицательно повлиять на состав и свойства зерна культуры. Являясь экологически агрессивными ксенобиотиками природной среды, они способны вызывать изменение различных биохимических процессов в живых организмах, в том числе и в растительных культурах. Поэтому изучение пестицидной нагрузки на качественные и количественные показатели обмена белков, углеводов и липидов зерновых культур является актуальной задачей.

В работах Петровой Т.М. (1980) рассматривается принцип распределения пестицидов в растениях при поверхностных обработках почвы. Так, при обработке зерновых культур пестицидами 60-95% их остается на верхних частях растения, на нижних – 5-24%, а в почву попадает менее 14% общего их количества.

Установлено, что поступление и накопление 2,4-Д в растения ячменя более интенсивны в условиях относительно низких температур и повышенного увлажнения. Установлено, что при обработке культуры в ранние фазы развития экотоксикант поступает в растение активнее, чем при обработке в поздние сроки.

Котова Т.В. (2009) в своих научных трудах отмечала влияние содержания гумуса и реакции среды (рН) на внутрипрофильное распределение токсикантов. Была установлена сильная положительная зависимость в черноземе

выщелоченном между содержанием гумуса, Zn ($r=0,78$) и Mg ($r=0,85$). Сильная обратная сопряженность в черноземе выщелоченном установлена между реакцией среды и содержанием Cu ($r=-0,79$) и Co ($r=-0,80$).

По результатам агроэкотоксикологической оценки выявлено, что уровень содержания подвижных форм тяжелых металлов в конечной сельскохозяйственной продукции (зерно) пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири невысок и в среднем значительно ниже норм ПДК (СанПиН 42-123-4089-86) по каждому из элементов и не представляет экологической опасности для человека (приложение 22). Так, концентрация свинца в контрольном варианте и при применении средств интенсификации была ниже ПДК (0,5 мг/кг) в 2,3-2,5 раза, никеля (ПДК = 0,5 мг/кг) – в 4,5-10, кадмия (ПДК = 0,1 мг/кг)– 1,2 - 1,3; цинка (ПДК = 50 мг/кг) – 2,3 - 2,6 и меди (ПДК = 50 мг/кг) – в 4,0 - 4,9 раза соответственно.

Анализ образцов зерна показал, что содержание экотоксикантов в конечной продукции (зерно) при применении средств интенсификации было значительно ниже ПДК (таблица 23). Содержание ГХЦГ и его изомеров в зерне пивоваренного ячменя было меньше ПДК (0,5 мг/кг) более чем в 500 раз, ДДТ и его метаболитов более чем в 3 раза и имело фоновые параметры независимо от уровня интенсификации и системы обработки почвы. Содержание тилта, 2,4-Д кислоты, её солей и эфиров в образцах зерна ячменя не обнаружено.

Таблица 23 – Содержание остатков пестицидов в зерне ячменя

Показатель	Наименование пестицида			
	ДДТ и его метаболиты	ГХЦГ и его изомеры	2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	Тилт
Концентрация в зерне, мг/кг	< 0,006	< 0,001	Не обнаружено	Не обнаружено
ПДК в зерне, мг/кг	0,02	0,5	0,005	0,1

Таким образом, при рациональном применении ресурсосберегающих почвоохранных систем обработки почвы и средств интенсификации опасных количеств экотоксикантов в зерне не накапливается, что способствует получению экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Выводы по главе 4

1. В южной лесостепи Западной Сибири систематическое и рациональное применение средств интенсификации на посевах пивоваренного ячменя приводит со временем к сокращению количества видов сорной растительности в агрофитоценозе и снижению их удельной массы по сравнению с контролем в 3,3 раза при энергоемкой вспашке, в 2,0 раза – при мелкой плоскорезной и в 3,9 раза – при минимальной обработке почвы при одновременном повышении биомассы культуры в среднем в 1,8 раза с преобладанием в агрофитоценозе мятликовых сорняков. Наименьший уровень засоренности посевов на контроле формировался при почвозащитной плоскорезной системе обработки почвы – 29,3% от массы агрофитоценоза, а максимальный на минимальном варианте – 39,9%.

В целом связь конечной продуктивности зерна ячменя со степенью засоренностью агрофитоценоза имеет сильную отрицательную сопряженность ($r=-0,84\pm 0,17$).

2. Фитосанитарное состояние посевов пивоваренного ячменя во многом определяется приемами основной обработки почвы, применением средств защиты растений и гидротермическими условиями вегетационного периода. Обработка посевов ячменя фунгицидами против листостеблевых инфекций способствовала снижению развития сетчатой пятнистости на флаговом листе в среднем с 21,0 до 8,9% (в 2,4 раза) и подфлаговом с 48,8 до 31,2% (в 1,6 раза). Поражение растений ячменя септориозом было менее значительным и составило в среднем до 0,5%.

При сокращении интенсивной обработки почвы поражение листового аппарата ячменя сетчатой пятнистостью возрастает, а при применении средств защиты растений уменьшается более чем в 1,53 раза с увеличением продуктивности культуры.

3. Применение средств интенсификации в рекомендованных количествах в целом способствовало снижению инфицированности корневой системы ячменя. Относительно контроля (без химизации) на варианте комплексного применения средств интенсификации распространение корневой гнили снижалось в среднем с 51,1 до 38,2% (на 25,2 %), а ее развитие – на 9,3 балла (36,8%).

4. Влияние степени интенсивности обработки почвы на изменение элементов структуры урожая ячменя проявилось в меньшей степени, чем средств интенсификации. При их комплексном применении масса снопа ячменя возрастала в среднем в 1,9 раза, количество продуктивных стеблей — в 2,1, а продуктивная кустистость — в 1,5 раза, озерненность колоса только на 3,4%, масса 1000 зерен – на 9,3%, что в конечном итоге оказало существенное влияние на конечную продуктивность ячменя. Результаты корреляционного анализа показали наличие высокой прямой сопряженности между показателями структуры урожая и конечной урожайностью зерна: с продуктивной кустистостью ($r=0,96\pm0,12$), продуктивным стеблестоем ($r=0,98\pm0,08$), массой 1000 зерен ($r=0,89\pm0,19$) и количеством зерен в колосе ($r=0,52$).

5. Эффективность каждого из компонентов применения средств интенсификации была различной в зависимости от гидротермических условий в годы исследований. При отсутствии или ограниченном применении средств интенсификации отмечается закономерность снижения урожайности зерна ячменя по мере сокращения интенсивности обработки почвы. Рациональное применение средств интенсификации при возделывании пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири способствует существенному повышению урожайности зерна с 0,87 до 2,78 т/га или в 3,2 раза относительно контроля. С целью сохранения почвенного плодородия, надежной защиты почвы от дефляции и получения экологически чистой конечной продукции (зерно) преимущество имеет почвозащитная мелкая плоскорезная система обработки почвы - 2,96 т/га.

Оставление почвы без осенней обработки из-за ухудшения водного режима, нарастания засоренности и инфицированности агрофитоценоза приводит к снижению урожайности зерна относительно почвоохранной мелкой плоскорезной обработки почвы в среднем на 0,26 т/га или 13,4%, в том числе на варианте комплексного применения средств интенсификации на 0,62 т/га (20,9%).

6. Качественные параметры зерна ячменя при рациональном применении обработки почвы, средств защиты растений и удобрений отвечали требованиям ГОСТ 5060-86. Содержание белка, в основном, определялось условиями

увлажнения года исследований (8,0 – 11,2%). Экологические факторы оказывали определенное влияние на содержание белка в зерне. При внесении минеральных удобрений содержание белка в зерне ячменя повышалось на 3,9% относительно гербицидного фона. Такие параметры качества зерна, как экстрактивность (76,5%), содержание крахмала (61,0 - 62,7%), жира (2,0-2,1%) и пленчатость (7,5-11,1%) соответствовали требованиям пивоваренных заводов.

Ресурсосберегающая почвоохранная плоскорезная обработка почвы при комплексном применении средств интенсификации обеспечивает урожайность зерна до 2,96 т/га и оптимальное содержание белка в зерне ячменя (до 10,5%).

7. Длительное (40 лет) рациональное ограниченное применение минеральных удобрений и пестицидов не приводило к загрязнению почвы и конечной продукции (зерно). Уровень накопления экотоксикантов в зерне ячменя был значительно ниже норм ПДК. Содержание тяжелых металлов было ниже в 2,3-2,6 раза (Zn); 1,2-1,3 (Cd); 2,3-2,5 (Pb), в 4-4,9 (Cu) и в 4,5-10,0 раза (Ni). Содержание ГХЦГ и его изомеров в зерне пивоваренного ячменя было меньше ПДК(0,5 мг/кг) более чем в 500 раз, ДДТ и его метаболитов более чем в 3 раза и имело фоновые параметры независимо от уровня применения средств интенсификации и системы обработки почвы. Содержание тилта, 2,4-Д кислоты, её солей и эфиров в образцах зерна ячменя не обнаружено.

Глава 5. Экологическое состояние агрофитоценоза сортов пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири в зависимости от применения средств интенсификации

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства, в том числе и совершенствование технологий возделывания зерновых культур, невозможно без изучения закономерностей и внедрения в производство результатов научных исследований. Благодаря научным исследованиям (выведение и внедрение новых сортов, совершенствование технологических приемов и технологий возделывания, применение средств интенсификации) невозможно совершенствование зернового производства. Большинство исследователей, определяя важность и значение различных факторов в повышении урожайности зерна и его качества, на первое место обычно ставят создание новых высокопродуктивных и качественных сортов, использование их генетического потенциала (Неттевич Э.Д., 1978).

В этой связи важно в конкретных зональных почвенно-климатических условиях установить оптимальное сочетание применения средств интенсификации при выращивании новых перспективных отечественных и иностранных сортов и их влияние на состояние агрофитоценоза, урожайность зерна, качество продукции, устойчивость к болезням, вредителям, полеганию стеблестоя, климатическим стрессам, приспособленность к высокотехнологичным элементам возделывания.

Сорт культуры – один из основных факторов устойчивого производства зерна в конкретных почвенно-климатических условиях. За счёт возделывания новых адаптивных и качественных сортов можно получать до 0,5 - 1,0 т/га прибавки урожая зерна ячменя. Наиболее полная реализация генетического потенциала сорта может быть раскрыта при зональном его выращивании с учетом почвенно-климатических условий, биологических особенностей, средств интенсификации и их реакции на элементы агротехники (Кадирова А.М., 2009).

В исследованиях изучались экологические особенности агрофитоценоза сортов пивоваренного ячменя при применении средств интенсификации. В опыте

закладывалось два блока: система сортов ячменя пивоваренного направления (5) и варианты применения средств интенсификации (4).

Система сортов пивоваренного ячменя включала в себя местные сорта (Омский 90, Сигнал) и иностранные (Аннабель, Ксанаду, Беатрис). Изучалась отзывчивость данных сортов ячменя на применение гербицидов группы 2,4-Д, системы удобрений ($N_{30}P_{30}$) и гербицидов и комплекса гербицидов, удобрений и фунгицидов (ТИЛТ – 250).

5.1. Влажность почвы и водопотребление посевов сортов ячменя

Водный режим почвы — это совокупность баланса поступления и расхода влаги за определенный, в том числе вегетационный, период. Расход почвенной воды включает испарение, потребление влаги растениями и сток (поверхностный, внутрипочвенный, грунтовый).

По мнению исследователей, ячмень меньше всех зерновых культур расходует влаги на образование 1 г. сухого вещества. Его семена при прорастании в почве весной нуждаются в 48-65% воды от массы зерна. После появления всходов ячмень из-за слаборазвитой корневой системы в начальный период развития требует значительного количества влаги. Наибольшее количество воды растения расходуют в фазу кущения – трубкования и ее недостаток в это время вызывает увеличение бесплодных колосков в колосе культуры.

Сорта ячменя различаются между собой по требованию к влаге. Однако, несмотря на различную реакцию выращиваемых сортов на влагообеспеченность, все они обеспечивают наибольшую урожайность зерна высокого качества только при оптимальном увлажнении почвы в течение всей вегетации культуры.

За годы исследований увлажнение почвы в слоях 0-50 и 0-100 см перед посевом на всех сортах ячменя составляло 86,9 и 163,0 мм соответственно.

По шкале обеспеченности, предложенной Н.З. Милащенко (1981) запасы продуктивной влаги в почве после уборки ячменя оценивались как удовлетворительные и изменялись на контрольном варианте в слое 0-100 см от 65,0 мм (сорт Беатрис) до 90,6 мм (сорт Омский 90) при средних влагозапасах

75,5 мм; на комплексной химизации в слое 0-100 см от 61,5 мм (сорт Аннабель) до 74,2 мм (сорт Омский 90) при средних их влагозапасах 66,6 мм (таблица 24).

Таблица 24 – Изменение содержания продуктивной влаги в зависимости от сортов пивоваренного ячменя и средств интенсификации, мм, 2010-2012 гг.

Сорта ячменя	Слой почвы, см	Срок определения			В среднем за вегетацию	
		Перед посевом	После уборки		контроль	К/Х
			контроль	К/Х		
Омский 90	0-50	86,9	35,6	24,7	61,3	55,8
	0-100	163,0	90,6	74,2	126,8	118,6
Сигнал	0-50	86,9	28,6	26,2	57,8	56,6
	0-100	163,0	75,7	64,0	119,4	113,5
Аннабель	0-50	86,9	35,5	21,2	61,2	54,1
	0-100	163,0	80,7	61,5	121,9	112,2
Ксанаду	0-50	86,9	26,7	22,1	56,8	54,5
	0-100	163,0	65,3	66,6	114,1	114,8
Беатрис	0-50	86,9	28,9	19,6	57,9	53,3
	0-100	163,0	65,0	66,7	114,0	114,8
Среднее	0-50	86,9	31,1	22,8	-	-
	0-100	163,0	75,5	66,6	-	-

Примечание: К/Х – комплексная химизация

В связи с более интенсивным водопотреблением культуры отмечалось уменьшение содержания влаги в варианте с применением средств интенсификации относительно контроля по всем сортам: в слое 0-50 см на 26,6% и в слое 0-100 см на 11,8%.

Коэффициент водопотребления в контрольном варианте составил 109 – 128 мм/т при минимальном значении (109 мм/т) у отечественного сорта Омский 90, а максимальным он был у сорта зарубежной селекции Аннабель – 128 мм/т зерна. При комплексном применении средств интенсификации коэффициент водопотребления снизился в среднем до 89 - 103 мм/т зерна или на 18,3 – 20,5% при наименьшем его значении у сортов Омский 90 и Сигнал – 89 мм/т зерна. Наиболее экономно водные ресурсы расходовались у сорта Сигнал. На варианте с применением комплексной химизации, в связи с повышением продуктивности сортов ячменя, коэффициент водопотребления снижался в среднем со 118 до 93 мм/т зерна или на 21,2% относительно контроля (таблица 25).

Таблица 25 – Водопотребление сортов пивоваренного ячменя в зависимости от применения средств интенсификации, 2010-2012гг.

Сорта ячменя	Содержание продуктивной влаги, мм				Отклоне- ние, – /+		Осад ки, мм	Суммарное водопотреб- ление		К водопотреб- ления	
	посев		уборка								
	К	К/Х	К	К/Х	К	К/Х		К	К/Х	К	К/Х
Омский 90	163		90,6	74,2	72,4	88,8	153	225,4	241,8	109	89
Сигнал	163		75,7	64,0	87,3	99,0		240,3	252,0	112	89
Аннабель	163		80,7	61,5	82,3	101,5		235,3	254,5	128	103
Ксанаду	163		65,3	66,6	97,7	96,4		250,7	249,4	120	90
Беатрис	163		65,0	66,7	98,0	96,3		251,0	249,3	118	91
Среднее	163		75,5	66,6	87,5	96,4		240,5	249,4	118	93

Примечание: к – контроль (без химизации), к/х – комплексная химизация.

Следовательно, применение средств интенсификации способствовало не только существенному повышению урожайности зерна сортов пивоваренного ячменя (от 2,15 до 2,84 т/га у сорта Сигнал), но и снижению коэффициента водопотребления культуры при более экономном расходовании ограниченных водных ресурсов.

5.2. Влияние средств интенсификации на засоренность посевов

Наблюдения показали определенную зависимость влияния сортового состава агрофитоценоза посевов ячменя и в большей степени – средств интенсификации на степень засоренности и видовой состав сорных растений.

Наши исследования показали, что биомасса культуры изменялась в значительном диапазоне от 901 г/м² в контрольном варианте (без химизации) при выращивании иностранного сорта ячменя Ксанаду до 2218 г/м² на варианте с отечественным сортом Омский-90 при применении средств интенсификации. Устойчивой зависимости засоренности агрофитоценоза от сортовых особенностей у ячменя выявлено не было. Наибольшая степень засоренность отмечалась на контроле у сорта ячменя Омский 90 – 28,8%, а наименьшая на гербицидном фоне у сорта Аннабель (8,4%). При совместном применении гербицидов и удобрений, а так же на фоне комплексной химизации наименьшая засоренность отмечалась у отечественного сорта пивоваренного ячменя Омский 90 - 8,9 и 6,2% (таблица 26).

Таблица 26 – Засоренность посевов сортов пивоваренного ячменя, 2010-2012гг

Показатель	Фон химии-зации	Сорта пивоваренного ячменя					Среднее
		Омский 90	Сигнал	Аннабель	Ксанаду	Беатрис	
Биомасса культуры, г/м ²	К	1255	1293	950	901	1125	1105
	Г	1488	1576	1320	1458	1380	1444
	ГУ	1823	2100	1317	1566	2002	1762
	К/Х	2218	2205	1705	1918	2115	2032
Среднее		1696	1794	1323	1461	1656	-
Биомасса сорняков, г/м ²	К	508	259	299	362	399	366
	Г	113	48	121	70	89	88
	ГУ	177	65	64	146	100	110
	К/Х	147	75	105	102	95	105
Среднее		236	112	147	170	171	-
Доля сорняков, %	К	28,8	16,7	23,9	28,6	26,2	24,8
	Г	7,1	3,0	8,4	4,6	6,1	5,8
	ГУ	8,9	3,0	4,6	8,5	4,8	6,0
	К/Х	6,2	3,3	5,8	5,0	4,3	4,3
Среднее		12,8	6,5	10,7	11,7	10,4	-

Наименьшая степень засоренности посевов на контрольных вариантах отмечалась у сортов пивоваренного ячменя Сигнал и Аннабель (16,7-23,9%), а максимальная у сорта Омский 90 и Ксанаду - 28,6-28,8%. Промежуточное положение занимал сорт Беатрис (26,2%), что соответствует сильному уровню засоренности по шкале Милащенко Н.З. (1981). Существенное влияние на засоренность посевов сортов пивоваренного ячменя оказала обработка посевов гербицидами. Под их влиянием происходило снижение засоренности на всех посевах сортах ячменя, но степень их влияния была неоднозначной. На вариантах у отечественных сортов (Омский 90, Сигнал) под действием гербицидов засоренность посевов снижалась в среднем в 4,1 - 5,6 раза, а на вариантах с сортами зарубежной селекции (Аннабель, Ксанаду, Беатрис) - в 2,8–6,2 раза.

За годы исследований применение гербицидов повышало массу стеблестоя культуры в среднем на 8,5% и уменьшало засоренность агрофитоценоза сортов пивоваренного ячменя в 4,5 раза (до 48 г/м²). Основное снижение засоренности посевов в варианте с гербицидами происходило за счет подавления всех видов сорняков, при этом наблюдалось уменьшение количества мятликовых сорняков в

2,0 раза, устойчивых к 2,4-Д – в 3,8 раза и полное подавление чувствительных к 2,4 Д и корнеотпрысковых сорняков – с 16,1% до 0,1% (приложение 23, 24).

В целом по всем сортам ячменя при совместном применении гербицидов и удобрений, по сравнению с контрольным вариантом, масса культуры повышалась на 45,6%, а масса сорняков снижалась в 4,2 раза в основном за счет подавления однолетних двудольных сорняков.

Применение средств интенсификации способствовала нарастанию биомассы сортов ячменя в среднем в 1,9 раза (до 1705 – 2218 г/м²) относительно контроля (без химизации), причем на данном варианте происходило подавление всех групп сорняков.

Корреляционная связь биомассы сорняков с урожайностью зерна сортов имела обратную высокую сопряженность $r = -0,83 \pm 0,14$.

Таким образом, средства интенсификации, применяемые в научно – обоснованных дозах при выращивании сортов пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири, оказывают существенное влияние на агроэкологическое состояние агрофитоценоза посевов и видовой состав сорных растений. Применение средств защиты растений от сорняков обеспечило прибавку зерна в среднем по изучаемым сортам на 0,28 т/га (13,6%).

5.3. Экологическая оценка инфицированности посевов

В реализации возможностей интенсивной технологии защита растений от листостеблевых болезней - наиболее сложная проблема. Данная технология предполагает использование преимущественно системных препаратов, проникающих в ткани растений, после чего те становятся токсичными для вредителей и возбудителей заболеваний (Юшкевич Л.В., 2001).

Выявлено, что до 90% всех потерь из-за болезней происходит за счет поражение флагового листа и колоса (Ковырялов Ю.П., 1985, 1986).

Наблюдения показали, что несмотря на относительную засушливость климата (112 – 203 мм осадков за вегетационный период), проявление наиболее вредоносных грибных болезней на посевах сортов ячменя отмечается в той или иной степени практически ежегодно. Из воздушно-капельных инфекций наиболее

распространены сетчатая пятнистость (возбудитель - *Drecheslera teres*) и септориоз (возбудитель – *Septoria tritici*).

Из листостеблевых инфекций второй подфлаговый ярус листьев посевов сортов ячменя в наибольшей степени был поражен сетчатой пятнистостью и незначительно септориозом.

Исследования показали, что у сортов пивоваренного ячменя распространение сетчатой пятнистости изменяется в контрольном варианте от 13,7% у сорта Ксанаду до 24,1% у отечественного сорта Омский 90 (таблица 27). При обработке посевов фунгицидами развитие инфекции сетчатой пятнистости снижается в среднем с 11,2 до 7,6% (в 1,47 раза), а ее распространение - с 18,3 до 12,3% (на 32,8%).

Таблица 27 – Развитие листостеблевых болезней на посевах сортов пивоваренного ячменя, % (2010-2012 гг.)

Сорт пивоваренного ячменя (фактор А)	Вариант химизации (фактор В)	Сетчатая пятнистость		Септориоз	
		Р*	Р**	Р*	Р**
Омский 90	контроль	11,7	24,1	0,8	1,2
	К/Х	8,6	15,1	0,7	0,8
Сигнал	контроль	11,2	18,8	0,4	0,5
	К/Х	9,3	14,5	0,2	0,5
Аннабель	контроль	13,6	19,9	0,4	0,8
	К/Х	8,3	14,6	0,1	0,7
Ксанаду	контроль	8,9	13,7	0,1	0,4
	К/Х	5,7	9,0	0,2	0,3
Беатрис	контроль	10,5	15,0	0,3	0,4
	К/Х	6,2	8,1	0,2	0,8
Среднее по химизации	контроль	11,2	18,3	0,4	0,7
	К/Х	7,6	12,3	0,3	0,6
НСР ₀₅ (по фактору В)		2,71	4,19	0,36	0,35

Примечание: *Р - развитие болезни, **R – распространение болезни, к/х – комплексная химизация.

Степень поражения листового аппарата и развития болезни по изучаемым сортам ячменя септориозом снизилась с 0,3% и до 0,6% при минимальном ее развитии у сорта Ксанаду.

За годы исследований не было обнаружено признаков таких болезней как мучнистая роса и бурая ржавчина.

Установлено, что степень развития сетчатой пятнистости в средней степени ($r=0,44 - 0,46$) была сопряжена с повышением количества осадков и ГТК. Септориоз, как наиболее вредоносная инфекция, практически не реагировал на количество осадков и ГТК ($r= - 0,29 - 0,36$) и проявлял положительную реакцию на повышение температуры воздуха ($r=0,52$).

По многолетним данным, в некоторые годы эпифитотический процесс бурой ржавчины вообще не проявлялся, в то время как у обыкновенной гнили в пределах Западной Сибири не опускался ниже 34% (Чулкина В.А., 1973, 1985, 1987).

В острозасушливый 2010 год (112 мм осадков за вегетационный период) наибольшая степень распространения почвенной инфекции наблюдалась у сорта зарубежной селекции Ксанаду (68-54%), а наименьшая – у Беатрис (38-30%), как на контроле, так и на варианте с применением комплексной химизации.

Распространенность и пораженность растений ячменя корневыми гнилями в более благоприятном 2011 году (203 мм осадков за вегетацию) была выше по сравнению с засушливым 2010 годом и составили в среднем от 83% (72 балла) у сорта Ксанаду до 62% (25 балла) – у сорта Беатрис.

В теплый с недобором осадков (143мм) 2012 год инфекция развивалась менее интенсивно на сортах ячменя (до 48%) на контроле и до 25% на варианте с применением комплексной химизации по сравнению с 2010-2011 гг. При рациональном применении средств интенсификации отмечается снижение распространенности и пораженности болезни: у местных сортов на 11,8 – 22,5%, а у иностранных - поражение корневой системы инфекцией было выше на 17,3-35,3% соответственно.

В результате проведенных исследований установлено, что в условиях южной лесостепи Западной Сибири наибольшая распространённость корневых гнилей на контрольном варианте наблюдалась у сортов Ксанаду (67%), Омский 90 (64%), а наименьшая - у сорта Беатрис (45%). Поражение растений ячменя почвенной

инфекцией в варианте с комплексной химизацией была на 33,3% меньше, чем в контрольном (36 балла), при этом она изменялась от 45 баллов у сорта Омский 90 на контрольном варианте до 13 баллов – у сорта Беатрис в вариантах с применением средств интенсификации. Рациональное применение средств интенсификации способствовало снижению распространённости болезни у сортов ячменя в среднем на 18,6%, а индекса ее развития в 1,5 раза (таблица 28).

Таблица 28 – Развитие и вредоносность обыкновенной (корневой) гнили у сортов пивоваренного ячменя, 2010-2012 гг.

Сорта ячменя	Фон химизации	Распростра-ненность, %	Пораженность, балл	Индекс развития, %
Омский 90	контроль	64	45	1,81
	к/х	54	29	1,16
Сигнал	контроль	60	39	1,55
	к/х	47	25	0,99
Аннабель	контроль	57	30	1,20
	к/х	44	25	0,99
Ксанаду	контроль	67	50	2,01
	к/х	58	30	1,19
Беатрис	контроль	45	17	0,69
	к/х	38	13	0,53
Среднее	контроль	59	36	1,45
	к/х	48	24	0,97
НСР ₀₅ (по сорту)		10,0	12,4	0,50
НСР ₀₅ (по химизации)		6,43	7,8	0,31

Примечание: к/х – комплексная химизация

Установлено, что долевое влияние фактора сорта ячменя на развитие и вредоносность инфекции составила в среднем 32,8-33,5%, а химизации – 62,7-62,8% соответственно.

Следовательно, рациональное применение средств интенсификации оказывало положительное влияние на подавление развития корневых гнилей у растений пивоваренного ячменя как местных, так и иностранных сортов.

5.4. Развитие корневой системы

Большое значение в изменении физических свойств почвы, поглощении элементов питания и влаги в нижележащих горизонтах принадлежит корневой

системе растений. Мощность и характер распределения корневой системы растений в пределах почвенного профиля в значительной степени определяется обработкой почвы (Борисоник З.Б., 1974; Перов Н.П., 2008)

В различных абиотических условиях внешней среды территории возможности одного и того же генотипа растений реализуются неодинаково. Сорта зерновых культур в различной степени подвергаются изменению внешней среды, но реагируют по-своему, что во многом отражается на формировании растения, его продуктивности и качестве зерна.

Как первичные, так и вторичные корни растений зерновых культур имеют важнейшее значение в формировании их продуктивности. Исследованиями установлено, что при развитии ячменя только с развитой первичной корневой системой урожайность зерна его составляет только около 20-30% урожая растений с оптимально развитой первичной и, особенно, вторичной корневой системой (Лихачев Б.С., 1983; Ларионов Ю.С., 2003).

Корневая система ячменя не имеет главного стержневого корня. Она мочковатая, состоит из множества мелких нитевидных корней. При прорастании зерна в начале развития растения появляются первичные корни (от 4 до 8), которые начинаются непосредственно от зародыша. Они играют важное значение в снабжении при формировании молодых растений влагой и питательными веществами. Первичные корни не отмирают до окончания вегетации и являются практически единственным средством поглощения воды и питательных элементов растениям и в засушливые годы, которые на юге Западной Сибири довольно частое явление (Станков Н.З., 1964).

По данным исследований Исаенко А.В. (2007) корневая система ячменя усиленно разрастается в период кущения, ее масса достигает 45,1 - 48,3% от общей биомассы растений. Установлено, что основное количество корней формируется в пахотном и подпахотном горизонтах почвы на глубине до 40см.

Станков Н.З. (1964) отмечал, что удобрение оказывает существенное влияние на величину и качество урожая ячменя. Культура требует сбалансированного минерального питания азотом, фосфором, калием и микроэлементами. Так как

корневая система ячменя развита довольно слабо, то он способен в короткий период интенсивно потреблять питательные вещества в легкодоступных формах и к концу кущения поглощать около половины азота и фосфора и 70-75% калия, а к фазе цветения потребление питательных веществ достигает 80-85%. Наличие их в почве перед посевом культуры в доступном и сбалансированном состоянии во многом определяет степень кущения и сохранность растений ячменя к уборке.

Установлено, что заметное увеличение массы корней происходит под влиянием удобрений. По сравнению с неудобренным фоном масса корней увеличивается в среднем на 47,6 %, а на варианте с использованием средств защиты растений – на 29,7 % (Перов Н.П., 2009).

Различия сортов ячменя в образовании первичной корневой системы и темпах ее развития во многом определяют степень их засухоустойчивости. Чем более развита первичная и, особенно, вторичная корневая система, тем интенсивнее и рациональнее сорта ячменя используют весенние влагозапасы и формируют обычно более продуктивные растения.

При изучении начального роста семян ячменя определялись число и длина зародышевых корешков в полевых условиях. Через 8-10 дней после всходов ячменя отбиралось по 10 растений с делянки несмежной повторности каждого сорта культуры. Длина корней измерялась с точностью до 1 мм, и подсчитывалось число корешков.

Для анализа и изучения параметров вторичной корневой системы сортов ячменя отбиралось по 10 растений несмежной повторности на 20 день после посева, измерялась длина корней и глубина залегания корневой системы с точностью до 1 мм., подсчитывалось количество корешков.

Наблюдения, проведенные на начальных этапах развития ячменя, выявили заметные различия в формировании первичной корневой системы между сортами местной и зарубежной селекции. Количество корешков на контроле (без химизации) уменьшалось в среднем с 5,57 шт. у местного сорта Омский 90 до 4,29 шт. у иностранного сорта Ксанаду или на 23%. Длина корешков изменялась в среднем с 4,45 см у сорта Омский 90 на контрольном варианте до 5,74 см у сорта

Сигнал с применением комплексной химизации или повышалась на 22,4% (приложение 25).

Применение средств интенсификации при выращивании пивоваренного ячменя способствовало увеличению длины корешков первичной корневой системы в среднем до 5,26 см, а количество корешков до 5,00 шт.

Интенсивность формирования вторичной корневой системы ячменя пивоваренного назначения на начальных этапах развития культуры в южной лесостепи Западной Сибири имеет свои сортовые особенности.

Погодные условия засушливого 2010 года неблагоприятно отразились на интенсивности развития сортов ячменя вследствие продолжительных периодов с засушливой погодой. Так, длина корней на вариантах - контроль и комплексная химизация составляла в среднем 2,45 – 2,63 см. Количество корешков и глубина залегания вторичной корневой системы варьировала от 2,85 шт у сорта Аннабель до 3,68 шт (Беатрис) и 2,17 см (Сигнал) до 2,89 см (Омский 90) соответственно, что оказывало определенное влияние на урожайность зерна культуры. При этом одни сорта при применении средств интенсификации увеличивали и количество, и длину корней (Омский 90, Аннабель), а у других повышалось количество, но уменьшалась длина корней (Ксанаду).

Исследованиями установлено также изменение глубины залегания вторичной корневой системы у сортов пивоваренного ячменя. Выявлено, что она изменялась на контрольном варианте от 2,42 см у сорта Сигнал до 3,25 см - у сорта Омский 90. При применении средств интенсификации глубина залегания вторичной корневой системы повысилась в среднем на 18,2%, что благоприятно в засушливых условиях, при более глубоком ее залегании у сорта Омский 90 (3,69 см), а наименьшей у сорта Аннабель - 2,92 см (таблица 29).

Количество вторичных корешков пивоваренного ячменя при применении средств интенсификации увеличилось в среднем с 4,18 до 4,75 шт или на 13,6%. Наибольшее количество вторичных корешков у ячменя отмечалось у сорта Омский 90 (4,40 – 4,72 шт), а на варианте комплексной химизации - у сорта

Сигнал и Ксанаду (5,00 - 5,05 шт). Наименьшее количество вторичных корешков сформировалось у растений на контроле у сорта Сигнал (3,98 шт).

Таблица 29 - Формирование вторичной корневой системы у сортов пивоваренного ячменя в зависимости от применения средств интенсификации, 2010-2012 гг.

Сорт ячменя	Глубина залегания, см.		Количество корешков, шт.		Длина корней, см.	
	К	К/Х	К	К/Х	К	К/Х
Омский 90	3,25	3,69	4,40	4,72	3,32	3,47
Сигнал	2,42	3,13	3,98	5,00	3,23	3,82
Аннабель	2,74	2,92	4,05	4,51	3,34	3,81
Ксанаду	2,95	3,14	4,41	5,05	3,81	4,00
Беатрис	2,44	2,98	4,06	4,45	3,52	3,65
Среднее	2,68	3,17	4,18	4,75	3,44	3,75
<i>НСР₀₅ (по системе сортов)</i>	0,14		0,32		0,21	
<i>НСР₀₅ (по химизации)</i>	0,09		0,20		0,13	
<i>НСР₀₅ (для частных различий)</i>	0,20		0,45		0,30	

К- контроль; К/Х - комплексная химизация

Долевое влияние факторов на основные параметры (глубина залегания, количество корешков, длина корней) вторичной корневой системы у сортов пивоваренного ячменя и применения средств интенсификации составили в среднем 28,0 - 9,0 - 21,6% и 62,7 – 87,2 – 71,6% соответственно.

Удобрения и средства защиты растений ячменя способствуют увеличению длины корней и количества корешков на 9,0 – 13,6%, а глубины залегания корневой системы на 18,2%, причем различие между сортами ячменя и вариантами применения средств интенсификации были достоверны.

Развитие вторичной корневой системы растений с урожайностью сортов ячменя пивоваренного направления имеет более тесную сопряженность с количеством корешков ($r=0,35-0,47$), а с интенсивностью нарастания вторичной корневой системы высокую – до $0,71 \pm 0,18$. Применение удобрений усиливает зависимость конечной урожайности зерна сортов ячменя с параметрами развития

корневой системы на начальных этапах ее развития в южно - лесостепных агроландшафтах Западной Сибири.

Рациональное применение средств интенсификации при выращивании различных сортов пивоваренного ячменя способствовало более ускоренному развитию корневой системы растений и повышению урожайности зерна ячменя относительно контроля в среднем на 0,65 т/га (31,6%).

5.5. Фотосинтетическая деятельность посевов

Продуктивность растений во многом зависит от эффективной деятельности фотосинтетического аппарата, которая в основном определяется площадью листовой поверхности. Установлено, что чем больше фотосинтезирующая поверхность у растений, тем, как правило, выше урожайность сельскохозяйственных культур. Площадь флагового листа растений обычно определяет массу зерновки и, в конечном итоге, урожайность зерна. Данным исследованиям посвящаются работы Кумакова В.А. (1970, 1982), Каспаровой В.П. (1972), Зеленского М.И. (1980), Горышиновой Т.К. (1989). Овчаренко М.В. (2001), Петровой Л.Н. (2005), Юсова В.С. (2009, 2010). Козловой Г.Я. (2012).

Для получения высокой урожайности зерна ячменя, соответствующей требованиям пивоваренной промышленности важно сформировать соответствующие условия, которые позволили бы эффективно использовать факторы роста и развития растений. Из факторов жизни растений основополагающее значение принадлежит свету, так как все агротехнические приемы направлены на обеспечение оптимальных условий функционирования листового аппарата, то есть большего поглощения лучистой энергии солнца.

Фотосинтез – важнейший биохимический процесс питания растений, в котором они усваивают энергию солнечной радиации и с ее помощью из неорганических соединений синтезируют первичные органические вещества.

Важнейшим показателем фотосинтетической деятельности растений, связанным с урожаем, является величина фотосинтезирующей поверхности листьев. Однако увеличение ассимиляционной поверхности более оптимальных размеров часто приводит к снижению других показателей фотосинтетической

деятельности – интенсивности и продуктивности фотосинтеза (Mathes D., 1989; Blanco F., 2003).

Фотосинтетический аппарат растений выполняет сложнейшую биохимическую деятельность, образуя, кроме углеводов, аминокислоты, белки, липоиды, нуклеиновые кислоты, ферменты и пигменты.

В посевах зерновых злаков увеличение площади листьев до 20-30 тыс. м²/га сопровождается обычно почти пропорциональным увеличением урожая. Формирование массы зерна с колоса зерновых культур до 40% зависит от остей и флагового листа (Ничипорович А.А., 1956, 1961; Кумаков В.А., 1970; Юсов В.С., 2011). Каспаровой В.П. (1972) установлено, что удаление флагового листа после фазы колошения снижает массу 1000 зерен до 29%, а зерна в колосе – до 25%.

Исследованиями установлено, что применение средства интенсификации благоприятно влияет на формирование фотосинтетического аппарата растений ячменя (флаговый и 1-й подфлаговый лист) в условиях южной лесостепи Западной Сибири (таблица 30).

Таблица 30 – **Формирование площади листовой поверхности у сортов пивоваренного ячменя, 2010-2012 гг.**

Сорт ячменя	Листовая площадь одного растения, см ²			
	Флаговый лист		1-й подфлаговый лист	
	контроль	комплексная химизация	контроль	комплексная химизация
Омский 90	3,93	5,57	11,92	15,79
Сигнал	4,15	5,12	11,53	13,42
Аннабель	2,64	3,93	8,11	11,51
Ксанаду	2,56	4,00	7,89	12,67
Беатрис	2,99	4,66	9,60	12,93
Среднее	3,25	4,65	9,81	13,26
<i>НСР₀₅ (по системе сортов)</i>	<i>0,18</i>		<i>0,19</i>	
<i>НСР₀₅ (по химизации)</i>	<i>0,12</i>		<i>0,12</i>	
<i>НСР₀₅ (для частных различий)</i>	<i>0,26</i>		<i>0,26</i>	

Площадь флагового и 1-го подфлагового листьев у сортов пивоваренного ячменя изменялась в широких пределах: от 2,56 - 7,89 см² у сорта Ксанаду на контрольном варианте до 5,57 - 15,79 см² у сорта Омский 90 при комплексной

применении средств интенсификации. Средства интенсификации в целом повышали площадь флагового листа растений ячменя в среднем на 43,1%, а подфлагового – на 35,2%.

Доля влияния фактора сортовых особенностей ячменя на площадь флагового и 1-го подфлагового листа составила 15,2-18,3%, а средств интенсификации – 81,2-83,3% соответственно, что было более существенным фактором при формировании площади листовой поверхности у культуры.

Максимальная суммарная площадь листовой поверхности ячменя в среднем достигала 30,38 – 40,47 см² у сорта Омский 90; 29,20 – 34,66 см² у сорта Сигнал и 24,03 – 32,94 см² у Беатрис (приложение 26). Наиболее высокими значениями площади листьев характеризовался сорт отечественной селекции Омский 90 (3,93 - 11,92 - 14,53 см²). Превышение над сортом Сигнал составляло 1,18 – 5,81 см² (до 14,4%), а над сортом Беатрис – 6,35 – 7,53 см² (до 20,9%). Установлено, что сорта пивоваренного ячменя местной селекции превосходили сорта иностранной селекции по средней сумме площадей листовой поверхности на 25,7% на контроле и до 20,3% на варианте с применением средств интенсификации. Применение удобрений и пестицидов повышало фотосинтезирующую поверхность листьев в среднем на 30,9% (с 25,19 до 32,96 см²).

Установлено, что сорт культуры и средства интенсификации во многом определяют развитие и формирование листовой поверхности не только одного растений, но и их площадью на 1 га посева и взаимосвязь между величиной листовой поверхностью и продуктивностью культуры ячменя имеет среднюю и высокую сопряженность $r=0,62-0,81$ (Овчаренко М.В., 2001).

Фотосинтезирующая поверхность листьев сортов пивоваренного ячменя является существенным фактором увеличения урожайности зерна культуры и имеет с ней положительную сопряженность средней связи ($r = 0,68 \pm 0,15$).

5.6. Элементы структуры урожая, урожайность и качество зерна ячменя

Существенное влияние на продуктивность и качество зерна оказывают такие технологические приемы, как сроки посева, нормы высева, обеспеченность растений элементами минерального питания и сортовые признаки.

Сохранность растений ячменя – важный показатель, который влияет на продуктивность культуры. Применение удобрений и средств защиты растений повышает сохранность растений ячменя к уборке.

Наибольшее количество сохранившихся растений к уборке отмечено у местного сорта Сигнал – 253 шт/м² на контрольном варианте и 291 шт/м² у зарубежного сорта Ксанаду на варианте с применением средств интенсификации (таблица 31).

Таблица 31 – Влияние средств интенсификации на сохранность растений сортов ячменя, 2010-2012 гг.

Сорта ячменя	Вариант химизации	Количество растений, шт/м ²		Сохранность, %
		полные всходы	перед уборкой	
Омский 90	Контроль	279	225	80,6
Сигнал		351	253	72,1
Аннабель		320	252	78,8
Ксанаду		308	231	75,0
Беатрис		303	220	72,6
Среднее		312	236	75,6
Омский 90	Комплексная химизация	303	253	83,5
Сигнал		378	289	76,5
Аннабель		324	269	83,0
Ксанаду		381	291	76,4
Беатрис		313	276	88,1
Среднее		340	276	81,2
<i>НСР₀₅ (по системе сортов)</i>		<i>14,44</i>	<i>16,97</i>	<i>3,62</i>
<i>НСР₀₅ (по химизации)</i>		<i>9,13</i>	<i>10,73</i>	<i>2,29</i>
<i>НСР₀₅ (для частных различий)</i>		<i>20,42</i>	<i>23,99</i>	<i>5,12</i>

Сохранность растений ячменя варьирует в пределах 72,1 – 76,5% у сорта Сигнал и до 80,6 - 83,5 у сорта Омский 90. Применение средств интенсификации способствует повышению сохранности растений к уборке в среднем на 7,4%.

За период исследований сохранность растений ячменя у сортов зарубежной селекции была в целом выше всего на 1,0%, чем у сортов отечественной, что во многом связано с различной адаптивностью сортов к условиям произрастания в южной лесостепной зоне Западной Сибири.

Анализ структуры урожая сортов ячменя показал, что применяемые средства интенсификации оказали существенное влияние на составляющие ее элементы продуктивности культуры. В наших исследованиях основными величинами, определяющими урожайность зерна культуры, были количество растений на единицу площади, а, следовательно, и количество продуктивных стеблей, а также уровень их продуктивности (таблица 32, приложение 27).

В целом на фоне комплексной химизации по сравнению с контрольным вариантом увеличиваются показатели основных элементов структуры урожая: продуктивный стеблестой до 459 шт/м², озерненность колоса до 19,0 шт, масса зерна с главного колоса – на 6,8%, масса 1000 зерен – до 49,9г.

Таблица 32 – Показатели структуры урожая сортов пивоваренного ячменя, 2010-2012 гг.

Сорта ячменя	Показатели структуры урожая					
	Продуктивный стеблестой, шт/м ²		Число зерен в колосе, шт.		Масса 1000 зерен, г	
	К	К/Х	К	К/Х	К	К/Х
Омский 90	383	399	18,7	19,0	48,0	50,4
Сигнал	471	511	19,3	19,3	45,0	46,0
Аннабель	297	356	17,5	19,2	45,6	49,0
Ксанаду	428	471	18,8	18,7	47,8	50,9
Беатрис	487	556	18,6	18,7	52,8	53,0
Среднее	413	459	18,6	19,0	47,8	49,9
<i>HCP₀₅ (по обработке)</i>	25,88		0,15		1,01	
<i>HCP₀₅ (по химизации)</i>	16,37		0,09		0,64	

Примечание: К – контроль (без химизации), К/Х – комплексная химизация.

Количество продуктивных стеблей у сортов Омский 90 и Сигнал на контрольном варианте составило соответственно 383 и 471 шт/м², у сортов Аннабель, Ксанаду и Беатрис – 297, 428 и 487 шт/м², а на интенсивном фоне этот показатель увеличивался до 511 шт/м² у сорта местной селекции Сигнал и до 556 шт/м² у иностранного сорта Беатрис, или в среднем до 11,1% (приложение 27). Коэффициент корреляции урожайности зерна с продуктивным стеблестоем ячменя имел среднюю сопряженность и составил $r = 0,50$.

Установлено, что одним из факторов, влияющих на количество продуктивных стеблей и кустистость, является уровень применения средств интенсификации. Между продуктивной кустистостью у сортов пивоваренного ячменя и вариантом применения средств интенсификации выявлена положительная корреляция ($r=0,56$).

С применением средств интенсификации продуктивная кустистость ячменя увеличивалась в среднем на 0,28 (13,1%), что связано в основном с улучшением питания растений и снижением отмирания общих и продуктивных побегов. Такие элементы структуры урожая, как масса зерна с колоса и масса 1000 зерен, определились уровнем интенсификации ($r = 0,49-0,72$) и климатическими условиями ($r = 0,41-0,49$). В наших исследованиях более высокие показатели были получены на интенсивном фоне и составили по массе зерна с колоса у сортов Беатрис – 0,99 г.; Омский 90 – 0,96 г.; по массе 1000 зерен – у Беатрис – 53,0 г.

На развитие составляющих элементов продуктивности сортов пивоваренного ячменя благоприятно повлияли факторы применения средств интенсификации (до 66,1%) и системы сортов (до 56,3%) (таблица 33).

Таблица 33 - Доля влияния факторов на развитие составляющих элементов продуктивности сортов пивоваренного ячменя, % (2010-2012 гг.)

Фактор	Продуктивная кустистость	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с одного колоса, г.	Масса 1000 зерен, г.
Сорт (А)	25,7	26,0	30,7	56,3
Средства интенсификации (В)	66,1	42,6	59,9	40,7
Взаимодействие АхВ	8,2	26,4	9,4	3,0

Фенологические наблюдения показали, что применение средств интенсификации при выращивании различных сортов пивоваренного ячменя в условиях южной лесостепной зоны Западной Сибири способствует улучшению корневого питания растений и более высокой сохранности фотосинтетического аппарата.

Урожайность зерна. Урожайность сортов сельскохозяйственных культур во многом зависит от их устойчивости к абиотическим и биотическим факторам (Duvick D.N., 1986; Юсов В.С., 2009).

Более высокую урожайность зерна в засушливый 2010 год обеспечил сорт Омский 90 – 1,63 т/га, далее в порядке убывания Сигнал – 1,38 т/га, Ксанаду – 1,31 т/га, Беатрис – 1,19 т/га и Аннабель – 0,95 т/га.

Во влажный 2011 год наибольшая урожайность зерна сформировалась у сорта ячменя Беатрис – 4,16 т/га, затем по убывающей у сортов Ксанаду – 4,15 т/га, Сигнал – 4,08 т/га, Омский 90 – 3,85 т/га и Аннабель – 3,76 т/га.

В острозасушливом 2012 году более высокая продуктивность культуры была у сорта Беатрис – 2,12 т/га и в порядке убывания у сортов Сигнал – 1,99 т/га, Ксанаду – 1,93 т/га, Омский 90 – 1,90 т/га и Аннабель – 1,80 т/га (приложение 28).

В среднем изменчивость продуктивности зерна у сортов ячменя по вариантам опыта изменялась от 1,73 т/га (сорт Аннабель на контроле) до 2,98 т/га (сорт Сигнал при комплексном применении гербицидов, удобрений и фунгицидов), или выше на 42,0%, что связано в основном с генетическими свойствами сорта, его реакцией на почвенно - климатические условия, средства интенсификации и фитосанитарным состоянием посевов (таблица 34).

Таблица 34 - Урожайность зерна сортов пивоваренного ячменя, т/га (2010-2012 гг).

Средства интенсификации (фактор В)	Сорта пивоваренного ячменя (фактор А)					Среднее по химизации (фактор В), НСР ₀₅ =0,09 т/га
	Омс- кий 90	Сиг- нал	Анна- бель	Кса- наду	Беат- рис	
Контроль (без химизации)	2,07	2,15	1,84	2,09	2,13	2,06
Гербициды	2,42	2,34	2,07	2,40	2,43	2,33
Гербициды + удобрения	2,64	2,60	2,28	2,59	2,65	2,55
Гербициды + удобрения + фунгициды	2,71	2,84	2,48	2,78	2,74	2,71
Среднее по системе сортов (фактор А), НСР₀₅=0,11 т/га	2,46	2,48	2,17	2,46	2,49	-

НСР₀₅ (для частных различий)=0,21 т/га

Прибавка зерна от совместного применения гербицидов и удобрений у изучаемых сортов составила: Омский 90 – 0,57 т/га (27,5%), Сигнал и Аннабель – 0,45 т/га (в 1,21-1,24 раза), Ксанаду – 0,50 т/га (23,9%) и Беатрис – 0,52 т/га (24,4%). Наибольшая прибавка зерна от применения комплексной химизации получена у сортов Сигнал и Беатрис – 0,69 т/га (31,2 – 33,0%).

Качество зерна. Известно, что качество зерна определяется совокупностью действия внешних (агроклиматических) и внутренних (наследственных) факторов, что необходимо учитывать при выращивании ячменя на определенные цели. Фактически пивоваренные свойства зерна на 80% и более формируются за счет агроклиматических условий и технологии возделывания, а на 20% зависят от генетических особенностей сорта (Максимов Р.А., 2004; Головацкая Е.Н., 2008).

Влажность зерна сортов ячменя за годы исследований не превышала 16,9%. При этом наименьшая влажность по всем вариантам химизации отмечена у сорта Омский 90 (12,5%). Применение средств интенсификации приводит к улучшению условий произрастания ячменя и некоторому увеличению периода вегетации и влажности зерна в среднем с 13,4 до 14,9%.

Одним из важных показателей качества зерна ячменя является содержание в нем белковых веществ, которые определяют не только питательную ценность зерна, продуктов его переработки, но и пивоваренные свойства. В зависимости от сорта и влияния антропогенных факторов, содержание белковых веществ в зерне ячменя колеблется от 7 до 25% (Кунце В., 2001).

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что в засушливый 2010 год содержание белка в зерне у сортов ячменя изменялось от 10,7 до 11,3 %. При этом наибольшее содержание белка было отмечено у сорта Омский 90 (11,3%), а наименьшее значение показателя регистрировалось у сорта Беатрис (10,7%). Применение гербицидов незначительно повышало содержание белка у всех сортов (в среднем от 10,6% до 12%).

В 2011 году все исследуемые образцы по содержанию белка в зерне достоверно превышали аналогичные показатели засушливого 2010 года. Так, в условиях контрольного варианта накопление белка в зерне у сортов ячменя достигло

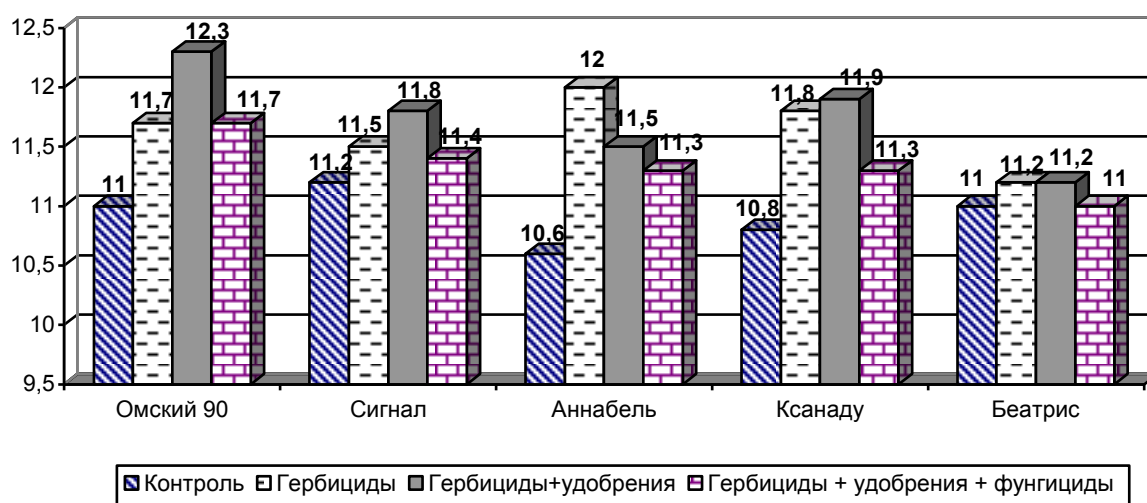
уровня 14,2% (сорт Сигнал), а на фоне комплексной химизации – до 11,5-12,2% (сорта Аннабель и Сигнал).

В 2012 году содержание белка в зерне ячменя варьировало от 10,4% у сорта Беатрис до 11,5% у сорта Омский 90, что отвечало требованиям ГОСТ 5060.

Кроме того, можно отметить широкий диапазон изменений показателя содержания белка в зерне между сортами и в отдельные годы. Так, у сорта Сигнал амплитуда изменений белковости зерна по годам достигала до 15%. Относительно стабильные параметры качества зерна были у сорта Омский 90 (6,5%).

Изучаемые варианты применения средств оказали определенное влияние на содержание белка в зерне сортов ячменя (рисунок 1).

Рис. 1. Содержание белка в зерне у сортов пивоваренного ячменя, %, 2010-2012гг.



HCP_{05} (по системе сортов) = 0,08%; HCP_{05} (по химизации) = 0,07%;

HCP_{05} (для частных различий) = 0,16%.

При гербицидной прополке посевов сортов ячменя содержание белка повышалось в среднем на 6,6% относительно контрольного варианта, а при совместном внесении минеральных удобрений и гербицидов - на 7,5%. Действие минеральных удобрений в большей степени определялось погодными условиями. Рациональное применение удобрений и средств защиты растений привело к незначительному повышению белковости - с 10,9 до 11,3% (3,7%) относительно

контроля. Установлено, что иностранные сорта пивоваренного ячменя отличались более пониженным содержанием белка (11,1-11,3%) по сравнению с сортами местной селекции (11,5– 11,7%). Сорта Аннабель и Беатрис обеспечивали белковость зерна до 11,1-11,3%.

Таким образом, исследования показали, что содержание белка в зерне ячменя у изучаемых сортов в целом было ниже 12% (11,1-11,7%), что наиболее важно для пивоваренных сортов. Доля влияния фактора комплексного применения средств интенсификации на белковость зерна составила 75,3%, а наследственности сортов ячменя – 17,8%. Показатель содержания белка в зерне имел обратную среднюю сопряженность с продуктивностью ячменя ($r = -0,64$), которая при применении средств интенсификации нарастает до высокого уровня связи $r = 0,96$.

Содержание крахмала у сортов пивоваренного ячменя за годы исследований (2010-2012 гг.) составляло до 63%, что соответствует значениям хорошей экстрактивности (82-83%). Содержание жира изменялось в пределах 1,8 -2,1%. Пленчатость зерна у всех сортов отвечала требованиям к пивоваренному ячменю (7,4-8,9%). Иностранные сорта обеспечивали содержание крахмала в среднем 58,2-60,0%, жира – 1,8-2,0% и пленчатость 8,2-8,9%.

Оценка пивоваренных качеств ячменя местных и иностранных сортов, выращенных в условиях южной лесостепной зоны Западной Сибири показала, что зерно данных сортов соответствует требованиям ГОСТ 5060. Сорта зарубежной селекции обеспечивают достаточную урожайность зерна при применении средств интенсификации (до 2,78 т/га) и оптимальные параметры качества зерна с более низким (11,0-11,3%) содержанием белка в зерне относительно сортов местной селекции (11,4-11,7%).

Выводы по главе 5

1. Изучение сортов местной и иностранной селекции пивоваренного ячменя в условиях южной лесостепной зоны Западной Сибири позволило выявить более продуктивные и качественные на различных фонах применения средств интенсификации при технологических свойствах зерна, соответствующего ГОСТу на пивоваренный (Беатрис, Ксанаду).

2. Наименьший коэффициент водопотребления на неудобренном варианте отмечался у сорта Омский 90 (109,0 мм на 1 т зерна). У сортов иностранной селекции коэффициент водопотребления составлял от 118 мм/т (Беатрис) до 128 мм/т (Аннабель) или был выше на 8,2-17,4%.

Применение минеральных удобрений, средств защиты растений повышало продуктивность культуры и снижало коэффициент водопотребления у всех изучаемых сортов пивоваренного ячменя в среднем до 93,0 мм/т (на 21,2%).

3. В агрофитоценозе отечественных сортов пивоваренного ячменя установлены незначительные различия в засоренности посевов. Так, наибольшее содержание сорного компонента на контрольном варианте отмечалось у местного сорта Омский 90 (28,8%) при массе культуры 1255 г., а у инорайонного сорта Ксанаду - 28,6% при массе культуры 901г. Значительное влияние на засоренность оказала химическая прополка гербицидами, которая снизила уровень сорняков на всех сортах пивоваренного ячменя: у сорта Сигнал до 3% при массе культуры 1576г., Ксанаду до 4,6% (1458 г.). Аннабель имел более продолжительный период кущения и сильнее засорялся в эту фазу развития на гербицидном фоне (8,4%), чем местные сорта ячменя. Применение средств интенсификации способствовало нарастанию биомассы ячменя в среднем в 1,9 раза (до 2218 г.) относительно контроля при подавлении всех групп сорняков с увеличением продуктивности на 0,65 т/га (на 31,6%). Урожайность зерна сортов ячменя с биомассой сорняков в агрофитоценозе имела отрицательную высокую сопряженность $-0,83 \pm 0,14$.

4. Инфицированность посевов ячменя во многом определялась сортом, применением средств защиты растений и погодными условиями. Так, сетчатой пятнистостью, как на контрольном варианте, так и на варианте комплексной

химизации сильнее поражался верхний ярус листьев у местного сорта Омский 90 (24,1-15,1%) и несколько слабее у сорта Беатрис (15,0-8,1%). Применение средств интенсификации в целом положительно влияло на листостеблевые болезни, снизив поражение листьев сетчатой пятнистостью с 11,2 до 7,6% или 1,5 раза, септориозом – до 0,3%. Степень развития сетчатой пятнистости в средней степени ($r=0,44 - 0,46$) была сопряжена с повышением количества осадков и ГТК. Септориоз практически не реагировал на количество осадков за вегетационный период и ГТК ($r= - 0,29 - 0,36$) и проявлял положительную реакцию на повышение температуры воздуха ($r=0,52$).

Наибольшее распространение корневых гнилей у ячменя на контрольном варианте наблюдалась у сортов Ксанаду (67%) и Омский 90 (64%), а наименьшая - у сорта Беатрис (45%). Рациональное применение средств интенсификации способствовало снижению распространённости болезни в среднем на 18,6%, а индекса ее развития в 1,5 раза.

5. Формирование на начальных этапах развития первичной и вторичной корневой системы ячменя пивоваренного назначения в южной лесостепи Западной Сибири имеет свои сортовые особенности. Так, рациональное применение средств интенсификации при выращивании пивоваренного ячменя привело к увеличению длины корешков первичной корневой системы до 5,26 см, а количество корешков до 5,00 шт.

Наибольшее количество корешков у вторичной корневой системы ячменя формировалось у сорта Омский 90 (4,40 – 4,72 шт), а на варианте с комплексным применением средств интенсификации у сортов Сигнал и Ксанаду (5,00 - 5,05 шт). Наименьшее количество корешков на контрольном варианте формировалось у сорта Сигнал (3,98 шт). Применение удобрений и средств защиты растений ячменя способствует увеличению длины и количества корешков в среднем на 9,0-13,6%.

Развитие вторичной корневой системы с урожайностью сортов ячменя пивоваренного направления имеет среднюю сопряженность с количеством корешков ($r=0,35-0,47$). Применение комплексной химизации усиливает

зависимость урожайности сортов ячменя с параметрами развития корневой системы на начальных этапах ее формирования.

6. Площадь фотосинтезирующей листовой поверхности у сортов пивоваренного ячменя показало среднюю зависимость ее с урожайностью ($r = 0,68$) при наибольшей площади листьев у сорта Омский 90 ($10,12 \text{ см}^2$). Комплексное применение средств интенсификации способствовало повышению фотосинтезирующей площади листьев с $25,19$ до $32,96 \text{ см}^2$ ($30,9\%$), причем местные сорта пивоваренного ячменя превосходили иностранные сорта по площади листовой поверхности на $25,7\%$ (контроль) и на $20,3\%$ с применением средств интенсификации.

7. С применением средств интенсификации продуктивная кустистость растений ячменя увеличивалась в среднем на $13,1\%$, что связано с улучшением питания и снижением отмирания общих и продуктивных побегов, стеблестой – до 459 шт/м^2 , озерненность колоса - до $19,0 \text{ шт}$ и масса 1000 зерен - до $49,9 \text{ г}$. Элементы структуры урожая, такие как масса зерна с колоса и масса 1000 зерен, определялись уровнем интенсификации ($r = 0,49 - 0,72$) и климатическими условиями ($r = 0,41-0,49$).

8. Качество зерна пивоваренного ячменя во многом зависит от его сортовых особенностей и применения средств интенсификации. Возделывание сортов пивоваренного ячменя в южной лесостепи обеспечивает получение качественного экологически чистого зерна с пониженным содержанием белка ($11,1 - 11,3\%$) у иностранных сортов Беатрис и Аннабель с урожайностью до $2,17-2,49 \text{ т/га}$. По качественным параметрам зерно изучаемых сортов ячменя соответствует требованиям пивоваренной промышленности.

Общие выводы

1. Почвенно-климатические ресурсы юга Западной Сибири позволяют расширить площадь выращивания адаптивных сортов ячменя и повысить его продуктивность до 2,5-3,0 т/га. В Омской области ячмень должен занимать более 360 тыс. га (до 15% от площади зерновых культур), в том числе в южно-лесостепных агроландшафтах до 110-120 тыс. га (18-19%) с увеличением объемов заготовки местных и иностранных сортов пивоваренного направления.

2. Установлено, что при длительном (40 лет) антропогенном воздействии на верхний слой черноземных почв (ресурсосберегающие почвозащитные приемы обработки почвы и рациональное применение средств интенсификации) в многокомпонентной биоэкосистеме «почва – приемы обработки – средства интенсификации – агрофитоценоз – конечная продукция» протекают закономерные направленные изменения: оптимизируется плотность верхнего слоя почвы – 1,08 – 1,14 г/см³; повышается содержание водопрочных агрегатов (51-58%), растительных остатков (189 шт/м²) и уменьшается (в 2,3 раза) податливость почвы к дефляции; коэффициент водопотребления на формирование 1 т зерна снижается с 231 до 82 мм; уменьшается накопление к посеву нитратного азота относительно вспашки до 48%; повышается содержание подвижного фосфора до высокой обеспеченности (17–19 мг/100г) и обменного калия на почвоохранных вариантах на 27-36%; возрастает активность и численность микроорганизмов (на 18,4%), стимулируется рост нитрифицирующих бактерий (в 1,5 раза), грибов (на 31,5%); при комплексном применении средств интенсификации снижается засоренность агрофитоценоза в 2,0 - 3,9 раза, поражение листового аппарата сетчатой пятнистостью – в 1,6 - 2,4 раза, септориозом – до 0,5%; возрастает биомасса снопа культуры в 1,9 раза, количество продуктивных стеблей – в 2,1 раза, кустистость – в 1,5 раза и озерненность колоса с получением экологически чистого качественного зерна ячменя, отвечающего требованиям ГОСТ для пивоваренной промышленности.

3. При рациональном применении средств интенсификации и оптимизации факторов повышения продуктивности культуры (агрофизические параметры

верхнего слоя черноземных почв, водный и питательный режим, фитосанитарное состояние агрофитоценоза) преимущество имеет почвоохранная плоскорезная система обработки почвы под ячмень – 2,96 т/га с превышением над контролем в 3,2 раза при защите почвы от дефляции и воспроизводстве почвенного плодородия.

Изучение местных и иностранных сортов пивоваренного ячменя в южно - лесостепных агроландшафтах Западной Сибири при оптимизации условий выращивания позволило выявить высокопродуктивные сорта (Беатрис, Ксанаду), обеспечивающие получение качественного экологически чистого зерна с пониженным содержанием белка (до 11,1-11,7%), экстрактивностью (76,5%), содержанием крахмала (61,0-62,7%), жира (2,0-2,1%), пленчатости (7,5-11,1%) и продуктивностью до 2,78 т/га и отвечающие требованиям пивоваренной промышленности.

4. При выращивании пивоваренного ячменя применяемые средства интенсификации не ухудшали экологическое состояние почвы. Содержание подвижных форм тяжелых металлов, пестицидов и радионуклидов в почвенных образцах было значительно ниже ПДК (до 65,7 раз); ГХЦГ и его изомеров - в 14,8 раза; ДДТ и его метаболитов - в 20 раз; остатков 2,4-Д кислоты, ее солей и эфиров – в 10 раз ($< 0,01$ мг/кг), тилта — в 20 раз ($< 0,01$ мг/кг), а содержание радионуклидов Cs-137 - в 9,7-9,8 раза; Sr - 90 - в 53,8 раза, что не представляет экологической опасности для человека.

5. Комплексное применение гербицидов, минеральных удобрений, фунгицидов не является источником загрязнения окружающей среды, а также, таких компонентов агроценоза, как почва, растения, продукция. Уровень накопления экотоксикантов в конечной продукции (зерно) был значительно ниже норм ПДК. Содержание тяжелых металлов было меньше в 2,3-2,6 раза (Zn); 1,2-1,3 (Cd); 2,2-2,5 (Pb), в 4,0-4,9 (Cu) и в 4,5-10 раза (Ni). Содержание ГХЦГ и его изомеров в зерне пивоваренного ячменя было меньше ПДК (0,5 мг/кг) более чем в 500 раз, ДДТ и его метаболитов более чем в 3 раза. Содержание тилта, 2,4-Д кислоты, её солей и эфиров в образцах зерна ячменя не обнаружено.

Предложения производству

1. При выращивании ячменя пивоваренного направления в южно - лесостепных агроландшафтах Западной Сибири для повышения почвенного плодородия, продуктивности зерна (до 2,5-3,0 т/га) и оптимизации технологических свойств конечной продукции применять почвоохранные ресурсосберегающие приемы обработки почвы и рекомендуемые средства интенсификации в севооборотах зерновой специализации с расширением площади возделывания и увеличением объемов заготовки пивоваренных сортов, в том числе иностранных сортов.

2. В агрофитоценозах посевов пивоваренного ячменя, при освоении рекомендуемых технологий, проводить экологический мониторинг за состоянием почв, конечной сельскохозяйственной продукции (зерно) и принимать меры по охране окружающей среды.

Библиографический список

1. Авдонин Н.С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции. – М.: Колос, 1979. – 302 с.
2. Агроклиматический справочник по Омской области. – Л.: ГИМИЗ, 1959. – 227с.
3. Агрономическая химия / Под ред. проф. А.Г. Шестакова. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 431 с.
4. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука, 1966. – 259 с.
5. Агрохимия / Под ред. П.М. Смирнова, А.В. Петербургского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1975. – 512 с.
6. Адаптивно – ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / РАСХН Сиб. отделение. СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2002. – 388 с.
7. Адаптивные технологии возделывания пивоваренного ячменя в Краснодарском крае: практическое руководство. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2001. – 36 с.
8. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отд-е, 1987. – 142 с.
9. Андропова Т.М., Астафьева В.П. Влияние минеральных удобрений на урожайность ячменя в Красноярском крае // Сиб. вестник с.-х. науки – Новосибирск: Наука, 1981. - № 3. – С. 5 - 8.
10. Аникеев В.В., Кутузов Ф.Ф. Новый способ определения листовой поверхности у злаков // Физиология растений. – 1961. – Т. 8. – Вып. 3. – С. 375 - 377.
11. Аниськов Н.И., Калашник Н.А., Козлова Г.Я., Поползухин П.В. Голозерный ячмень в Западной Сибири: монография. – Омск: Сфера, 2007. – 160 с.
12. Аниськов Н.И., Поползухин П.В. Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта): монография. – Омск: ООО «Вариант-Омск», 2010. – 388 с.
13. Аристовская Т.В. Большой практикум по микробиологии. – М.: Высшая школа, 1962. – 490 с.

14. Ацци Д. Сельскохозяйственная экология / Пер. с итальянского В.И. Ковалевского; под ред. Н.К. Софотерова. – М.: Ленин, СКХГИЗ, 1932. – 344 с.
15. Ашмарина Л.Ф. Совершенствование защиты зерновых культур от болезней и вредителей в Западной Сибири: автореф. дис... д-ра с.-х. наук. -Новосибирск, 2005. – 16 с.
16. Баздырев Г.И., Зотов Л.И., Полин В.Д. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии. - М.: МСХА, 2004.- 288 с.
17. Бараев А.И. Научные основы земледелия и пути увеличения производства зерна в Северных районах Казахстана и степных районах Западной Сибири // Проблемы сельского хозяйства Северного Казахстана и степных районах Западной Сибири. – М., 1967. – С. 28 - 49.
18. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие: избранные труды (к 90-летию А.И. Бараева). – Новосибирск, 1998. – 168 с.
19. Бахтеев Ф.Х. Ячмень. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1955. – 188 с.
20. Бекетова О.А. Совершенствование системы основной обработки выщелоченного чернозема в полевом зернопаропропашном севообороте лесостепи Восточной Сибири: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Омск, 1997. – 16с.
21. Белебезьев А.С. Влияние длительного применения средств химизации на биологическую активность чернозема выщелоченного: дисс... канд. с.-х. наук. - Саранск, 2002.- 216 с.
22. Беляков И.И. Ячмень в интенсивном земледелии. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 176 с.
23. Борисоник З.Б. Яровой ячмень. – М.: Колос, 1974. – 255 с.
24. Булгаков Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв. - М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2002. – 252 с.
25. Буянкин Н.И., Слесарев В.Н. Деградация и экологизация сибирских черноземов. – Калининград: Янтарный сказ, 2006. – 192 с.
26. Вильямс В.Р. Общее земледелие с основами почвоведения. – М.: Сельхозгиз, 1931. – 376 с.

27. Вильямс В.Р. Собрание сочинений. В 12т. Т.7. Травопольная система земледелия. – М.: Сельхозгиз, 1951. -508 с.
28. Влияние радиоактивного загрязнения на сельское хозяйство [Электронный ресурс] – 2011. - Режим доступа: [http: // www.newreferat.com/download-2342.html](http://www.newreferat.com/download-2342.html).
29. Возделывание зерновых культур по интенсивным технологиям: агрономическая тетрадь. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 234 с.
30. Воронкова Н.А. Влияние длительного применения удобрений в севооборотах на урожайность сельскохозяйственных культур и агрохимические свойства черноземной почвы // Материалы Международной науч. - практ. конф. «Проблемы агрохимии, почвоведения и экологии». – Омск: Вариант-Омск, 2009. – С.39-43.
31. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Откуда в речной воде пестициды? // Вестник РАН. – 2008. – Т.78. - №12. – С.1065-1067.
32. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 266с.
33. Ганиев М. М., Недорезков В. Д. Химические средства защиты растений. — М.: Колос, 2006. — 248 с.
34. Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. – М.: Колос, 1978. -208 с.
35. ГН 2.1.7.2511-09 Гигиенические нормативы. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве (для валовых форм металлов в почве). – М., 2009. – 8с.
36. ГН 2.1.7.2041-06 Гигиенические нормативы. Предельно – допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве (для подвижных форм металлов в почве). – М., 2006. – 7 с.
37. Гильгенберг И.В. Эффективность ресурсосберегающих технологий в лесостепи Тюменской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Тюмень, 2007. – 16 с.
38. Глуховский А.Б., Малюга Н.Г., Котляров Н.С. Влияние удобрений на содержание тяжелых металлов в почве // Материалы науч. – практ. конф. «Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах». – М., 1994. – С. 185-194.

- 39.** Глуховцев В.В. Об оценке пивоваренных качеств ячменя // Вестник РАСХН. - 2001. - №4. - С. 84-86.
- 40.** Головацкая Е.Н., Караульный В.Н. Формирование урожайности сортов пивоваренного ячменя [Электронный ресурс] // Агросборник. – 2008. - № 4. – Режим доступа: <http://agrosbornik.ru/agrosbornik4.html>.
- 41.** Горбачева Т.В., Рендов Н.А., Некрасова Е.В., Мозылева С.И. Эффективность гербицидов при комплексном засорении посевов яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. - 2011. - № 11. – С. 5 - 8.
- 42.** Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). – М.: АН СССР, 1955. – 591 с.
- 43.** Горышина Т.К. Фотосинтетический аппарат растений и условия. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 202 с.
- 44.** ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный. Технические условия». – М., 1986.–5 с.
- 45.** ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения». – М., 1983. – 3 с.
- 46.** Григорьев М.Ф., Хохлова И.К., Зинченко В.А. Эффективность биологических средств защиты растений в подавлении обыкновенной корневой гнили ячменя // Известия Тимирязевской с.-х. академии. – М, 2010. – Вып. № 5. – С. 57 - 65.
- 47.** Джалалов А.М., Литовченко Н.Я., Федорищев В.Н. Система севооборотов для различных почвенно-агрономических районов Московской области // Доклады V Международной науч. - практ. конф. «Сберегающее земледелие – будущее сельского хозяйства России. Ресурсосберегающие технологии – залог экономического и безопасного земледелия». – Самара, 2005. – С. 139 - 144.
- 48.** Деревягин С.С. Тяжелые металлы в системе почва – вода – растение на черноземах Саратовской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук – Саратов, 2009. – 16 с.
- 49.** Донских О.В. Экономические аспекты внедрения ресурсосберегающих технологий в ООО «Агрофирма имени Ленина» Добринского района Липецкой области // Доклады V Международной науч. - практ. конф. «Сберегающее земледелие – будущее сельского хозяйства России. Ресурсосберегающие

технологии – залог экономичного и безопасного земледелия». – Самара, 2005. – С. 137-138.

50. Доронин В.Г., Ледовский Е.Н. Системы защиты яровой пшеницы от сорняков и болезней в условиях юга Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. - № 4. – С. 9-13.

51. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1968. – 336 с.

52. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

53. Доспехов Б.А. и др. Практикум по земледелию. – М.: Колос, 1977. – 368 с.

54. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1987. – 383 с.

55. Дрючин С.С., Чибис В.В. Эффективность полевых севооборотов в зависимости от применения средств интенсификации и биологизации в южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. - № 4. – С.14- 16.

56. Дубиковский Г.П. О влиянии химизации земледелия на загрязнение почв микроэлементами // Геохимические методы мониторинга. – Минск, 1980. – С.153-158.

57. Ермохин Ю.И. Использование химического анализа растений в практике применения удобрений (на примере растения кукурузы) // Материалы Международной науч. – практ. конф. «Проблемы агрохимии, почвоведения и экологии» – Омск: Вариант-Омск, 2009. – С.53-61.

58. Ермохин Ю.И., Гужулев Э.П., Сницарь А.Е. Познай свой дом и помоги природе и себе. – Омск: Омский дом печати, 1998. – 264 с.

59. Жуков Г.А. Проблемы химизации земледелия Сибири. – Новосибирск: Наука, 1985. – 158 с.

60. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации растениеводства // Доклады РАСХН. – 1999. - № 2. – С. 5 - 11.

61. Жученко А.А. Эколого-генетические основы адаптивной селекции растений // С.-х. биология. – 2000. - № 3. – С. 7 - 17.

62. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. – М.: Наука, 2003. – 348 с.
63. Зеленский М.И. Селекционно-генетический аспект изучения фотосинтетической деятельности культурных растений // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Ленинград, 1980. – Т.67. – Вып. 2. – С. 38 - 47.
64. Земельные ресурсы и почвы: глава 5 [Электронный ресурс] // Сайт Городокской районной инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды. – 2008. - Режим доступа: <http://ekolog.na.by/files/5.htm>.
65. Земледелие Западной Сибири / Н.В. Абрамов, П.Ф. Ионин и др.; под общ. ред. А.М. Ситникова. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 1998. – 304 с.
66. Земледелие с основами почвоведения и агрохимии / Под ред. С.А. Воробьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 431 с.
67. Зерфус В.М. Особенности мобилизационных процессов и пищевого режима при сокращении механических обработок выщелоченного чернозема лесостепи Омской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Омск, 1977. – 19 с.
68. Иванова Т.Н., Павловская А.А, Кузьмин В.М. Содержание токсичных элементов в некоторых видах растительного сырья // Гигиена и санитария, 1997. - №1.- С.21-23.
69. Ильин В.Б. К экологии промышленных городов // Тяжелые металлы и радионуклиды. – М., 1994. – С. 42-48.
70. Ионин П.Ф. Борьба с сорняками при интенсификации земледелия Западной Сибири. - Омск, 1992.- 256с.
71. Исаенко А.В. Совершенствование элементов технологии возделывания ярового ячменя в условиях центральной лесостепи Зауралья: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Курган, 2007. – 20 с.
72. Исмаил М., Ванькова А.А Микробиологическая активность на поверхности и внутри почвенных агрегатов // Известия Тимирязевской с. – х. академии. – М., 2011. – Вып. № 6. – С. 78 - 83.

73. Источники повышенного качества ячменя, овса, сои, люцерны и кострца для создания новых высокопродуктивных сортов с хорошим качеством: научная методика. – Омск, 2011. – 22 с.
74. Кадирова А.М. Продуктивность сортов ярового ячменя в зависимости от фона питания и норм высева в условиях Предкамья республики Татарстан: автореф. дис...канд. с.-х. наук. – Немчиновка, 2009. – 19 с.
75. Кадычegov А.Н., Бородыня А.Н. Влияние климатических условий и генотипических различий на изменчивость урожайности и посевных качеств семян ярового ячменя в степной зоне республики Хакасия // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011.- № 3. – С. 13 - 17.
76. Каретин Л.Н. Земельные ресурсы южной части Тюменской области и перспективы их сельскохозяйственного использования // Земельные ресурсы Сибири. – Новосибирск, 1974. – С. 46-52.
77. Карновский Ю.З. Экология городов Западной Сибири: Новосибирск не самый худший. Но проблемы есть [Электронный ресурс] – 2009. - Режим доступа: http://experts.megansk.ru/full_news.html?id_news=67.
78. Каспарова В.П. Особенности формирования зерна твердых и мягких озимых пшениц // Физиолого- биохимические процессы, определяющие величину и качество урожая: Тез. докл. Всесоюзн. семинара – Казань, 1972. – С. 5 - 6.
79. Качинский Н.А. Оценка основных физических свойств почв в агрономических целях и природного плодородия их по механическому составу // Почвоведение – 1958. - №5. –С. 80-83.
80. Качинский Н.А. Физика почв: Ч.1. – М., 1965. – 323 с.
81. Качинский Н.А. Физика почвы. Ч 2. Водно-физические свойства и режимы почв. - М.: Высшая школа, 1970. — 357 с.
82. Каштанов А.Н. Земледелие: избранные труды. – М., 2008. – 685 с.
83. Кильдюшкин В.М., Власенко В.В, Фролов С.А. Влияние способов основной обработки почвы на сохранение плодородия чернозема выщелоченного деградированного и урожайность сельскохозяйственных культур // Труды Кубанского ГАУ. – 2012. - № 2 – С. 155-157.

- 84.** Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генотип и среда в селекции растений. – Минск: Наука и техника, 1989. – 190 с.
- 85.** Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1997. – 367 с.
- 86.** Ковырялов Ю.П. Интенсивные технологические системы выращивания зерновых // Зерновое хозяйство, 1985. - №10. - С. 35-37.
- 87.** Ковырялов Ю.П. Интенсивная технология производства пшеницы. - М.: Агропромиздат, 1986. - 287 с.
- 88.** Коданев И.М. Агротехника и качество зерна. – М., 1970. – 282 с.
- 89.** Коданев И.М. Ячмень. – М.: Колос, 1964.- 240 с.
- 90.** Козлова Г.Я., Антипова Г.П., Белан И.А. Изменение листовой поверхности яровой мягкой пшеницы в процессе длительной селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. – 2012. - №4. - С. 11 - 16.
- 91.** Колесников Г.И. Возделывание ячменя. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1930. – 64 с.
- 92.** Кольс О.Е., Ложкина Н.И., Прокуратова А.С., Калинин Н.А. Развитие листостеблевых болезней зерновых культур при длительном применении средств химизации в южной лесостепи Западной // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 8 – стр. 66-67.
- 93.** Костылев А. Выращивание ячменя в Западной Сибири. – Новосибирск: Зап. - Сиб. кн. изд-во, 1972. – 94 с.
- 94.** Костяков А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 621 с.
- 95.** Котова Т.В. Содержание и распределение элементов токсикантов в почвах и растительной продукции юга Северного Зауралья: дис... канд. биол. наук. – Тюмень, 2009. – 145 с.
- 96.** Кочергин А.Е. Повышение доступности растениям почвенных фосфатов в черноземах Западной Сибири // Доклады сибирских почвоведов к VII Международному почвенному конгрессу / Сиб. отд-е АН СССР, Биолог-ий ин-т, Сиб. отд-е Всесоюз. общ-ва почвоведов. – Новосибирск, 1964. – С. 116-126.
- 97.** Кочергин А.Е., Гамзиков Г.П. Эффективность азотных удобрений в черноземной зоне Западной Сибири // Агрохимия, 1972. - №6. – С.3-10.

- 98.** Красницкий В. М. Агрохимическая характеристика и плодородие почв Омской области. - Омск, 1999. — 50 с.
- 99.** Красницкий В.М. Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири: монография. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 144 с.
- 100.** Красницкий В.М. Агроэкоотоксикологическая оценка агроценозов: монография. – Омск: ОмГАУ, 2001. – 68 с.
- 101.** Кружилин И.П. Управление водным режимом почвы для получения запланированных урожаев при орошении // Труды Волгоградского СХИ. – 1981. – Т.76. – С.17 - 35.
- 102.** Куваева О.М. Влияние почвозащитных технологий обработки почвы и средств химизации на агрофитоценоз, биологические показатели плодородия почвы и урожайность полевых культур на склоновых землях Нечерноземной зоны: дис... канд. с.-х. наук. - М., 2005.- 143 с.
- 103.** Кузнецов А.В. Контроль техногенного загрязнения почв и растений // Агрохимический вестник. – 1997. - №5. – С.7-9.
- 104.** Кузнецова И.В., Долгов С. Физические свойства почвы, определяющие эффективность минимальных обработок // Земледелие – 1969. - №6. –С.26-28.
- 105.** Кузыченко Ю.А. Опыт внедрения ресурсосберегающих систем основной обработки почвы на солонцеватых черноземах Ставропольского края // Труды Кубанского ГАУ. – 2012. – № 2. – С. 189 – 191.
- 106.** Кумаков В.А. Направление селекционной работы в целях улучшения показателей фотосинтетической деятельности растений // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. – М.: Колос, 1970. – С. 207 - 219.
- 107.** Кумаков В.А. Фотосинтетическая деятельность растений в аспекте селекции // Физиология фотосинтеза. - М.: Наука, 1982. – С.283 - 294.
- 108.** Кунце В. Технология солода и пива. - Санкт-Петербург: Профессия, 2001. - 912 с.
- 109.** Купревич В.Ф. Биологическая активность и методы ее определения // Доклады АН СССР. – 1951. – Т.79. -№5. – С.85-90.

- 110.** Ладонин В.Ф. Влияние комплексного применения средств химизации на содержание тяжелых металлов в почве // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. -№ 4. – С.32-25.
- 111.** Ларионов Ю.С. Вопросы семеноводства зерновых культур (теория и практика). – Курган, 1992. – 162 с.
- 112.** Ларионов Ю.С. Теоретические основы современного семеноводства и семеноведения. – Челябинск, 2003. – 309 с.
- 113.** Лебедевский И.А., Яковлева Е.А. Минеральные удобрения как фактор трансформации тяжелых металлов в системе почва-растение на примере чернозема выщелоченного Кубани // Научный журнал КубГАУ. – 2012. - № 77 (03). – С. 1-10.
- 114.** Лохачева О.А. Структура суммарного водопотребления ячменя в зависимости от водного режима почв в условиях юга Приамурья // Вестник Алтайского ГАУ. - 2011. - № 7. – С. 27 - 30.
- 115.** Лихачев Б.С. Сила роста семян и ее роль в оценки их качества // Селекция и семеноводство. – М.: Колос, 1983. -№ 1. –С. 5-10.
- 116.** Личко А.К., Ваулина Г.И., Личко Н.М. Фитосанитарное состояние посевов и урожайность зерна озимой пшеницы при комплексном применении удобрений и химических средств защиты растений в условиях Центрального района нечерноземной зоны // Известия Тимирязевской с.-х. академии. – М, 2011. – Вып. №3. – С. 66 - 77.
- 117.** Лукьянова М.В., Трофимовская А.Я., Гудкова Г.Н. и др. Культурная флора СССР: Т.II, Ч.2. Ячмень. - Л.: Агропромиздат, Ленингр.отд-ние, 1990 - 421с.
- 118.** Майер - Боде Г. Гербициды и их остатки. / Пер. с нем.; под ред. Н. Н. Мельникова. — М.: Мир, 1972. —560 с.
- 119.** Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого – аналитический мониторинг супертоксикантов. – М.: Химия, 1996. – 319 с.
- 120.** Мальцев, Т.С. Вопросы земледелия. – М., 1971. – 392 с.

- 121.** Максимов Р.А. Основные приемы производства семян пивоваренного ячменя в южной лесостепи Омской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Омск, 2004. – 16 с.
- 122.** Мальцев В.Ф. Ячмень и овес в Сибири. – М.: Колос, 1984. – 128 с.
- 123.** Маркевич А.Е., Немировец Ю.Н. Основы эффективного применения пестицидов: справочник в вопросах и ответах по механизации и контролю качества применения пестицидов в сельском хозяйстве. – Горки: Могилевский гос. учебный центр подготовки, повышения квалификации, переподготовки кадров, консультирования и аграрной реформы, 2004. – 60 с.
- 124.** Медведев В.В. Методологические основы оптимизации физических свойств почвы // Минимализация обработки почвы // Всесоюз. академия с.-х. наук им. В.И. Ленина – М., 1984. – С.60-73.
- 125.** Мельников Н.Н. Пестициды: химия, технология и применения. – М.: Химия, 1987. – 712 с.
- 126.** Методика и техника учета сорняков / Научные труды // НИИ сельского хозяйства Юго-Востока. - Саратов, 1969. – Вып. № 26. – 197 с.
- 127.** Методические указания к практическим занятиям по методике опытного дела / Сост. Буяновская Ю.Г., Самборский А.А. – Омск, 1974. – 82 с.
- 128.** Методические указания по определению физиологических показателей растений пшеницы при сортоизучении / НИИИСХ Юго-Востока // Под ред. В.А. Кумакова. – М., 1982. – 27 с.
- 129.** Методические указания по проведению полевых опытов с зерновыми культурами. – 2-е изд. – М.: Колос, 1987. – 197 с.
- 130.** Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.С. Звягинцева. – М.: МГУ, 1980.- 223 с.
- 131.** Милащенко Н.З. Борьба с сорняками на полях Сибири. Омск: Зап.-Сиб. кн. изд-во. Омское отд-ние, 1978.-134 с.
- 132.** Милащенко Н.З. Как вернуть плодородие // Земля сиб., дальневосточная. – 1988. - № 6. – С.6.

- 133.** Милащенко Н.З., Неклюдов А.Ф. Система мер борьбы с сорной растительностью в севооборотах // Вестник с.-х. науки – 1981. - №1. – С. 8-16.
- 134.** Милащенко Н.З., Холмов В.Г. Сорняки, гербициды и урожай: методические рекомендации. – Новосибирск: Зап. - Сиб. кн. изд-во, 1977. – 40 с.
- 135.** Милюткин А.П., Цирулев А.П. Комплексное применение средств химизации как условие минимизации обработки почвы // Материалы V Международной науч.- практ. конф. «Сберегающее земледелие – будущее сельского хозяйства. Ресурсосберегающие технологии – залог экономичного и безопасного земледелия». - Самара, 2005. – С.106 - 108.
- 136.** Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера. – М.: Колос, 1984. – 245 с.
- 137.** Минеральные удобрения [Электронный ресурс] / Википедия - свободная энциклопедия – 2012. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
- 138.** Мищенко Л.Н., Аксенова Ю.В. Гумусное состояние старопахотных черноземов Омской области и решение проблемы расширенного воспроизводства плодородия почв // Материалы Международной науч. – практ. конф. «Проблемы агрохимии, почвоведения и экологии». – Омск: Вариант-Омск, 2009. – С.138-141.
- 139.** Мищенко Л.Н. Почвы Омской области и их сельскохозяйственное использование: учебное пособие. – Омск: ОмСХИ, 1991. – 164 с.
- 140.** Молчанова И.В., Караваева Е.Н. Эколого-геохимические аспекты миграции радионуклидов в почвенно-растительном покрове. - Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2001. – 161 с.
- 141.** Мощенко Ю.Б. Особенности системы земледелия степной зоны Омской области // Земледелие, 1985. - № 7. – С. 20 - 25.
- 142.** Мощенко Ю.Б. Оценка почвозащитной технологии возделывания пшеницы // Земледелие, 1990. - № 10. – С. 50 - 53.
- 143.** Мухордова М.Е. Взаимосвязь элементов качества с продуктивностью растения у пивоваренного ячменя // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. - № 7. – С. 23 - 26.
- 144.** Неклюдов А.Ф. Севооборот – основа урожая. – Омск, 1990. – 127 с.

- 145.** Неттевич Э.Д. и др. Выращивание пивоваренного ячменя. – М.: Колос, 1981. – 207 с.
- 146.** Неттевич Э.Д. Рождение и жизнь сорта. – М.: Московский рабочий, 1978. – 176 с.
- 147.** Неттевич Э.Д., Лызлов Е.В., Сергеев А.В. Зерновые и фуражные культуры. - 2-е изд., доп. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 235 с.
- 148.** Нечаев Л.А., Торубаров Н.П., Чёрненький В.А. Система воспроизводства плодородия почвы // Земледелие, 2002. -№ 5. - С. 13.
- 149.** Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев // XV Тимирязевское чтение: сб. науч. тр. – С.: АН СССР, 1956. – С. 94 – 103.
- 150.** Ничипорович А.А., Строганова, Л.Е., Чмара С.Н., Власова М.Н. Методы определения площади листьев: В кн.: Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. – М.: АН СССР, 1961. - С.29-48.
- 151.** Обработка почвы при интенсивном возделывании полевых культур / Т. Карвовский, И. Касимов и др.; под ред. А.С. Кушнарева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 248 с.
- 152.** Обухов А.И., Ефремова Л.Л. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Материалы II Всесоюзн. конф. «Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы». - М., 1988.-Ч.1.-С.23-26.
- 153.** Овчаренко М.В. Технология возделывания пивоваренного ячменя в лесостепи Западной Сибири: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2001. – 15 с.
- 154.** Огородников Л.П. Обоснование технологии возделывания ячменя на Среднем Урале: автореф. дис... д-ра. с.-х. наук. – Омск, 1994. -31 с.
- 155.** Опытное дело в полеводстве. – М.: Сельхозгиз, 1957. – С. 143.
- 156.** Орстик Л.С. Ресурсосберегающие технологии в Российской Федерации // Материалы V Международной науч. – практ. конф. «Сберегающее земледелие – будущее сельского хозяйства России. Ресурсосберегающие технологии – залог экономического и безопасного земледелия». - Самара, 2005. – С. 11 - 14.

157. Основы земледелия и растениеводства / Под ред. Никляева В.С., 3-е изд-е. – М., 1990. – 321 с.
158. Очерк к почвенной карте территории ОПХ СибНИИСХоза / Сост. В.М. Прудникова, Л.Н. Мищенко. – Омск, 1969. -14 с.
159. Павленко Т.В. Влияние способов основной обработки и удобрений на свойства почвы и продуктивность зернотравяного севооборота в лесостепи Среднего Урала: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – М., 2008. – 19 с.
160. Панфилов В.П. Задачи и пути оптимизации почвенно-физических условий в земледелии Сибири // Тезисы докл. научно-метод. совещания по теме «Улучшение водно-физических свойств почв в целях повышения их плодородия». – М., 1977. – С. 26-28.
161. Перов Н.П. Влияние основной обработки выщелоченного чернозема на урожайность и качество зерна пивоваренного ячменя: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Кинель, 2008. – 18 с.
162. Пестициды, окружающая среда и регулирование [Электронный ресурс]: статистика – 2011. - Режим доступа: <http://penreg.ru/statistika-primeneniya.html>.
163. Петрова Л.Н., Гудиев О.Ю. Особенности продуктивного процесса сортов озимой пшеницы // Материалы Международной науч. – практ. конф. «Актуальные вопросы экологии и природопользования». Т. 2. – Ставрополь, 2005. – С. 324-326.
164. Петрова Т.М., Новожилов К.В. Поведение инсектицидов в системе почва-растение / //Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах: труды II Всес. сов. - Обнинск, 1978 .- Л., 1980.- С. 64-71.
165. Пивоваренный ячмень / В. Складал [и др.]; пер. с чеш. М.П. Умнова и И.П. Мачульской; под общ. ред. Ф.Х. Бахтеева. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 415 с.
166. Пивоваренный ячмень в Алтайском крае: метод. рекомендации / РАСХН Сиб. отд. АНИИЗиС ОАО «Барнаульский пивоваренный завод» - Барнаул, 2003. – 43 с.
167. Пивоваренный ячмень в Западной Сибири: метод. рекомендации / МСХ РД, Департамент АПК Новосибирской области, СибНИИЗХим, АНИИЗиС - Новосибирск, 2000. – 52 с.

- 168.** Полуянова О.Б., Терехов М.Б., Терехова А.В. Водопотребление посевов ярового ячменя при возделывании по экологически безопасной технологии // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. - № 7. – С.30 - 32.
- 169.** Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания ярового ячменя. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 59 с.
- 170.** Прокуратова А.С., Калинин Н.С., Юшкевич Л.В. Интенсификация и ресурсосбережение при выращивании ярового пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири // Омская биологическая школа. Межвузовский сб. науч. труд. - Омск: Изд-во ОмГПУ, 2006. – С. 32 - 41.
- 171.** Прокуратова А.С. Экологическая оценка состояния посевов ячменя при применении интенсивных технологий при возделывании в южной лесостепи Омской области: дис... канд. биол. наук. – Омск, 2006. – 202 с.
- 172.** Просяникова О.И., Клевкина Т.П., Сладкова Т.В. Качество и безопасность зерна ярового ячменя в Кемеровской области // Вестник Алтайского ГАУ. – 2010. - № 9. – С. 34 - 37.
- 173.** Ревут И. Б. Физика в земледелии. - М., Л.: Физматгиз, 1960. — 300 с.
- 174.** Ревут И.Б. Физика почвы. – 2-е изд., доп. и перераб. – Л.: Колос, 1972. – 367с.
- 175.** Рейнгард Я.Р., Градобоев Н.Д. Особенности природных условий и эрозионное районирование территории Омской области. Генеральная схема противоэрозионных мероприятий по Омской области. Т. 2. – Омск: ОмСХИ, 1973. – 242 с.
- 176.** Рейнгард Я.Р., Долженко С.В. Формирование структуры почвенного покрова в связи с развитием процессов эрозии и дефляции в степной зоне Западной Сибири (на примере Омской области): монография. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 176 с.
- 177.** РД 52.18.191-89 Руководящий документ. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм в пробах почвы атомно – абсорбционным анализом. – М., 1989. – 15 с.

- 178.** РД 52.18.289-90 Руководящий документ. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно – абсорбционным анализом. – М., 1990. – 14 с.
- 179.** Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге: Т2. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – С. 258-260.
- 180.** Роде А.А. Почвенная влага. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 663 с.
- 181.** Роктанэн Л.С., Томилов В.П. О математической обработки многолетних опытных данных // Вестник с.-х. науки Казахстана – 1975. - № 7. – С. 83 - 87.
- 182.** СанПиН 42-123-4089-86. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. -М.: Минздрав России, 1986. - 215 с.
- 183.** Савич В.И. и др. Влияние тяжелых металлов на процессы деградации почв // Агро XXI – 2011. - № 10 - 12. – С. 46 – 48.
- 184.** Садохина Т.П., Власенко Н.Г. и др. Фитосанитарная оптимизация посевов ячменя в условиях лесостепи Западной Сибири. / Под общ. ред. А.Н. Власенко. – Новосибирск, 2011. – 192 с.
- 185.** Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Урожайность и параметры адаптивности сортов зерновых культур в лесостепи Северного Зауралья // Доклады РАСХН. – 2010. - № 3. – С. 10 - 145.
- 186.** Слесарев В.Н. Агрофизические основы совершенствования основной обработки черноземов Западной Сибири: автореф. дис.... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1984. -32 с.
- 187.** Смирных И.Г. и др. Руководство по апробации полевых культур (сортоселекция). – Курган: Зауралье, 2006. – 304 с.
- 188.** Соколов А.В., Аскиназе Д.А. Агрохимические методы исследований почв. – М.: Наука, 1965. – 436 с.
- 189.** Соколов Б.С. Справочник агрогидрологических свойств почв Омской и Тюменской (южной части) областей. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 217 с.

- 190.** Сорта сельскохозяйственных культур селекции ГНУ СибНИСХ / Отв. ред. Р.И. Рутц. – Омск: Вариант-Омск, 2010.- 116 с.
- 191.** Спиридонов Ю.Я., Ларина Ю.Я., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. - Под ред. М.С. Соколова. – М.: Печатный Город, 2009. – 352 с.
- 192.** Станков Н.З. Корневая система полевых культур. – М.: Колос, 1964. – 280с.
- 193.** Стищенко О.В. Оптимизация минерального питания пивоваренного ячменя на черноземных почвах Западной Сибири: дис... канд. с.-х. наук. - Омск, 2002.- 253 с.
- 194.** Стрельчик Н.В. Биология и микробиология: учебное пособие. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2009. – 152 с.
- 195.** Строт Т.А. Эффективность протравителей в подавлении гельминтоспориозной корневой гнили ячменя в зависимости от особенностей сорта: автореф. дис....канд с.-х. наук. – М, 1994.
- 196.** Сулейменов М.К. Развитию почвозащитного земледелия нужны альтернативные подходы // Земледелие. – 1989. - № 10. – С.2-23.
- 197.** Технология возделывания пивоваренного ячменя в Центральном районе России: практическое руководство. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2001. – 16с.
- 198.** Титова Т.В. Трансформация физических и физико-химических свойств почв Каменной Степи в условиях сезонного переувлажнения: дисс... канд. биол. наук [Электронный ресурс] – Каменная Степь, 2011. - Режим доступа: <http://www.dissercat.com>.
- 199.** Тихонов Н.И. Теоретическое обоснование и разработка технологий возделывания ярового и озимого ячменя в степной зоне черноземных почв на пивоваренные цели: автореф. дис... докт. с.-х. наук. – Волгоград, 2010. – 47 с.
- 200.** Торилов В.Е., Мельникова О.В., Клименков Ф.И. Оценка пригодности сортов ярового ячменя на пивоваренные цели // Вестник Брянской ГСХА. – 2007.- №6. – С. 50-54.
- 201.** Торшин С.П., Фокин А.Д. Особенности первичного распределения токсикантов на профильном и агрегатном уровнях дерново-подзолистой почвы на

примере ^{137}Cr и ^{90}Sr // Известия Тимирязевской с/х академии – М., 2009. – Вып. № 1. – С. 128 - 135.

202. Тяжелые металлы в системе почва – растения – удобрение / Под ред. М.М. Овчаренко. – М., 1997. – 290 с.

203. Филипас А.С. Агроценозы в условиях радиоактивного загрязнения: состояние и радиобиологические последствия: автореф. дис... д-ра биол. наук. – Обнинск, 2003. – 32 с.

204. Фокин А.Д., Лурье А.А., Торшин С.П. Сельскохозяйственная радиология: учебник для вузов. - М.: Дрофа, 2005. – 367 с.

205. Францесон В.А. Избранные труды. Черноземные почвы СССР. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 378 с.

206. Хамова О.Ф., Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. Влияние интенсивной технологии на биохимическую активность выщелоченного чернозема // Повышение эффективности производства с.-х. культур: сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. СибНИИСХ. – Новосибирск, 1990. – С. 61-71.

207. Хамова О.Ф., Юшкевич Л.В., Сынтина Е.Ю., Падерина Е.В. Влияние ресурсосберегающих технологий и применения средств химизации на биологическую активность лугово-черноземной почвы и урожайность ячменя в южной лесостепи Омского Прииртышья // Материалы Международной науч. – практ. конф. «Проблемы агрохимии, почвоведения и экологии». – Омск: Вариант-Омск, 2009. – С.119-124.

208. Холмов В.Г., Юшкевич Л.В., Горколыцев А.К. Влияние обработки почвы и средств химизации на продуктивность ячменя в южной лесостепи Западной Сибири // Сиб. вестник с.-х. науки. – 1986. - № 2. – С. 1-5.

209. Холмов В.Г. Минимальная обработка, плодородие почвы и урожай зерновых при интенсификации земледелия южной лесостепи Западной Сибири: дисс... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1990. – С. 7 - 8.

210. Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири: монография. – Омск: ОмГАУ, 2006. – 396 с.

211. Чашина Н.И. Дифференциальная порозность и некоторые водные свойства каштановых супесчаных почв Кулунды // Известия АН СССР. Серия биологических наук – 1969. - № 10. – Вып. 2. – С. 50-55.
212. Чашин В.П. Природопользование и охрана природы на территории Омской области: Часть I. – 2-е изд., перераб. и доп. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2006. – 178 с.
213. Черных Н.А. Влияние различного содержания цинка, свинца, кадмия в почве на состав и качество растительной продукции: автореф. дис... канд. наук – М.: МГУ, 1988. – 27 с.
214. Чибис В.В. Влияние места культуры в севообороте на формирование качества зерна ячменя в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. – 2010. - № 9. – С. 9 - 10.
215. Чулкина В.А. и др. Борьба с болезнями сельскохозяйственных культур в Сибири. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 252 с.
216. Чулкина В.А. Корневые гнили хлебных злаков в Сибири. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1973. – 107 с.
217. Чулкина В.А. Теоретические основы интегрированной защиты растений от инфекционных болезней // Интегрированная защита растений от болезней и вредителей в Сибири. ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1985. – С. 3 - 5.
218. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Эпифитотиология (экологические основы защиты растений). Под ред. академика РАСХН А.А. Жученко. – Новосибирск, 1998. – 226 с.
219. Шевлягин А.И. Структура и плодородие черноземных почв // Генетические особенности и вопросы плодородия почв в Западной Сибири – Новосибирск, 1972. – С. 116-126.
220. Шиятый Е.И. Методы оценки ветроустойчивости поверхности почв // Защита почвы от ветровой эрозии – Алма-Ата: Кайнар, 1970. – С.29-36.
221. Шмаль В.В. Сортовые ресурсы ячменя и овса в России // Зерновое хозяйство. – 2011. - № 3. – С.15.
222. Шульгин А.М. Агроклиматические ресурсы Омской области. – Л: ГИМИЗ, 1971. – 188 с.

223. Шумаков Б.А. Орошаемое земледелие. – М.: Россельхозиздат, 1965. – С. 3-81.
224. Юрин П.В. Структура агрофитоценоза и урожай. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 280 с.
225. Юсов В.С., Евдокимов В.Г. Влияние площади флагового листа и длины остей на формирование массы зерна главного колоса твердой пшеницы // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011.– № 11.– С. 71 -74.
226. Юсов В.С., Евдокимов М.Г. Формирование длины и диаметра первого и второго надземного междоузлия у сортов твердой пшеницы в условиях Западной Сибири // Доклады РАСХН.–2009.- № 5. – С. 7 - 9.
227. Юферов В.А. Безотвальная обработка почвы. – М.: Россельхозиздат, 1965. – 87 с.
228. Юшкевич Л.В. Ресурсосберегающая технология обработки и плодородие черноземных почв при интенсификации возделывания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири: дисс... д-ра с.-х. наук. – Омск, 2001.– 489 с.
229. Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Егорова Н.И., Штро Е.В. Резервы повышения урожайности ячменя в южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. – 2012. – № 9. – С. 15 -19.
230. Ячмень и овес. – М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1959. – 303 с.
231. Blanco F., Folegatti M. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants // Hortic. Bras. – 2003. – Vol. 21, № 4. – P. 5 – 8.
232. Waard M.A. Georgopoulos S.G., Holloman D.B., Leroux H.J. Chemical Control of Plant Diseases: problems and Prospects //Ann. Rev. Phytopathol, 1993. 31. 403-421.
233. Dencker C.H. Handbuch der Landtechnik Verlag P. Parey, Hamburg – Berlin, 1961. – 245.
234. Duvick D.N. Plant breeding: past achievements and expectations for the future // Econ. Bot. 1986. – V. 40. - № 3. – P. 15-20.
235. Dyggan M., Williams S. Sei Total buwironw, 1977. – 7 - №1. – P. 91-97.
236. Warren H.V. West, 1979 – 52 - № 9. – P. 26-27.

237. Kearney P.C. Herbicides in the environment // FAO Weed Control Conf., Davis, Calif. —1970. —WC.70.WP.26.
238. Mathes D., Liyanage L., Randeni G. A method for determining leaf area of one, two and three year old coconut seedlings // COCOS: The Journal of the Coconut Research Institute of Sri Lanka – 1989. – № 7. – P. 21–25.
239. Milke H. и др. Awer. S. publ Heth, 1983. – 318P.
240. Morrison R.H. Establishing the practical significance of seedborn pathogens // Phytopathology. – 1983. – V.73. - №5. – P.137.
241. Torstensson L. Degradation of 2, 4-D and MCPA in soils of low pH // Environmental Quality and Safety. Ed. F. Coulston, F. Korte. Stuttgart. —1975.
242. Toropova E. U. Ecological niches of Plant Pathogens in Agroecosystems // Abstr. 7th International Congress of Plant Pathology. – UK, 1998. – P. 19-27.
243. Toropova E. U., Greenberg E.G. Pathogenesis and Control of Fusarium on Shaiiot in Siberia // Mater. of 6th European Fusarium Seminar. – Berlin, Germahy, 2000. –P. 346.
244. Verma P.R., Morall R.A.A. and Tinline R.D. The epidemiology of common root-rot in Manitou wheat. IV. Appraisal of biomass and grain yield in naturally infected crops // Canad. J. of Botany. – 1976.–V.54.- № 14. – P.1956-1665.

Рис. 1. Среднемесячные температуры воздуха за период вегетации ячменя, 2010-2012 гг.

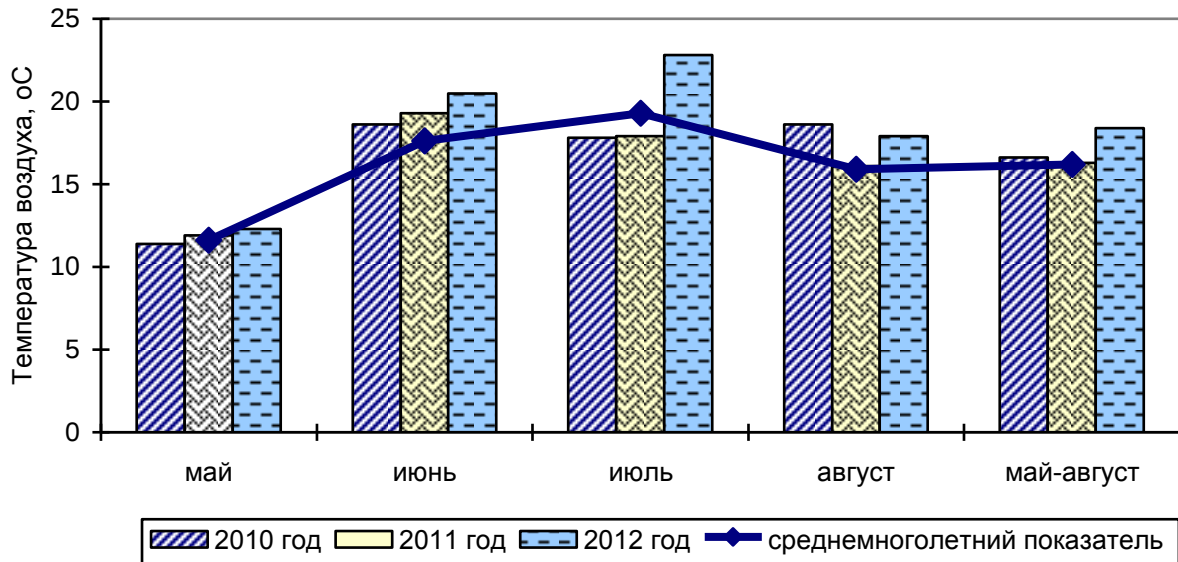
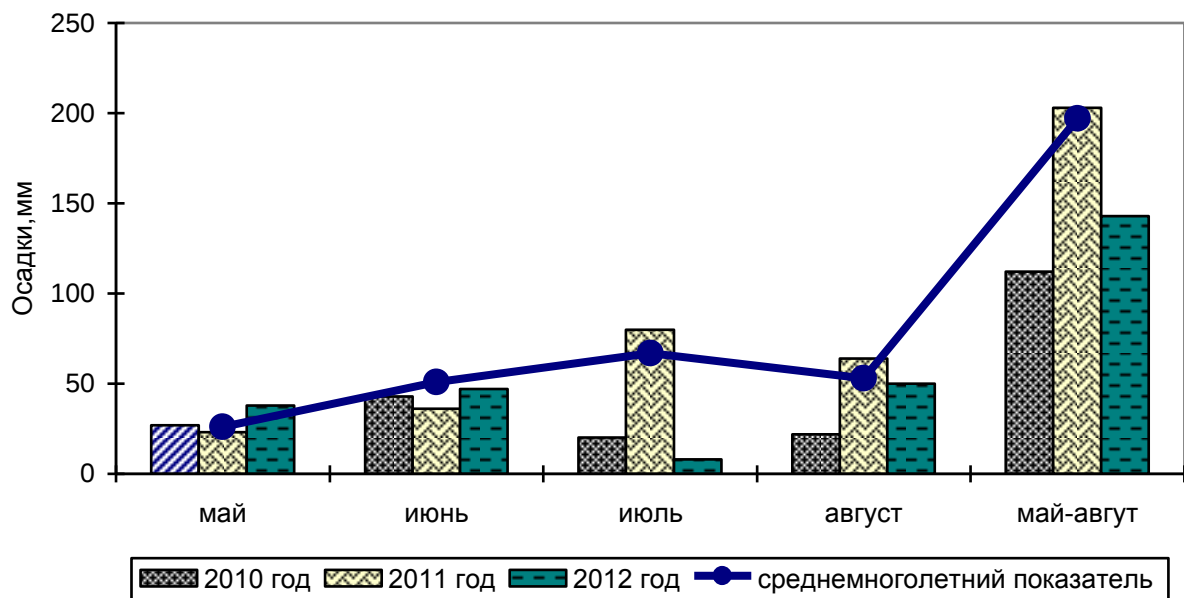
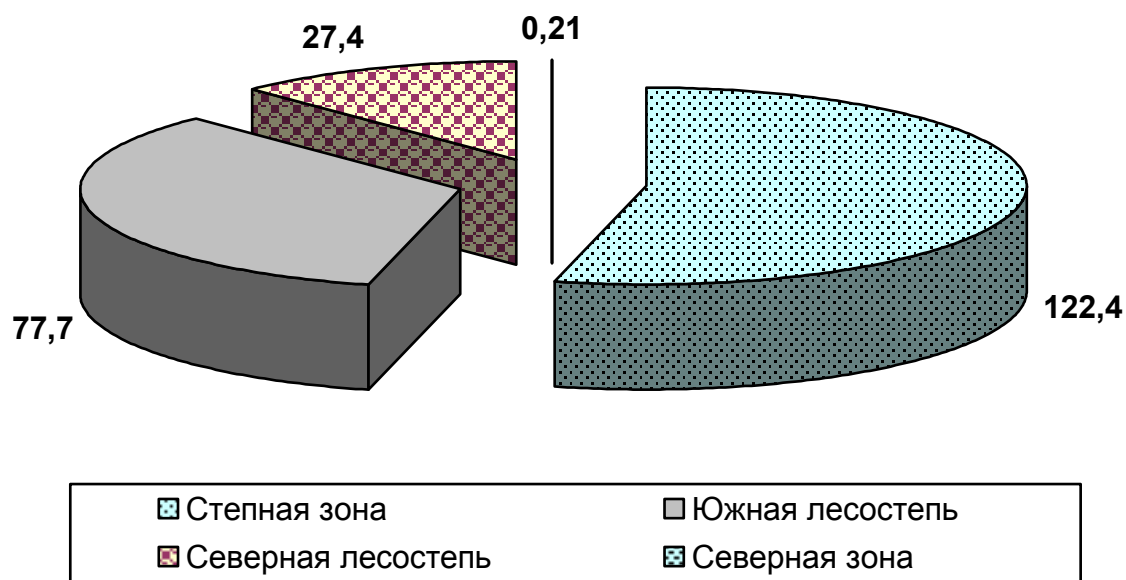


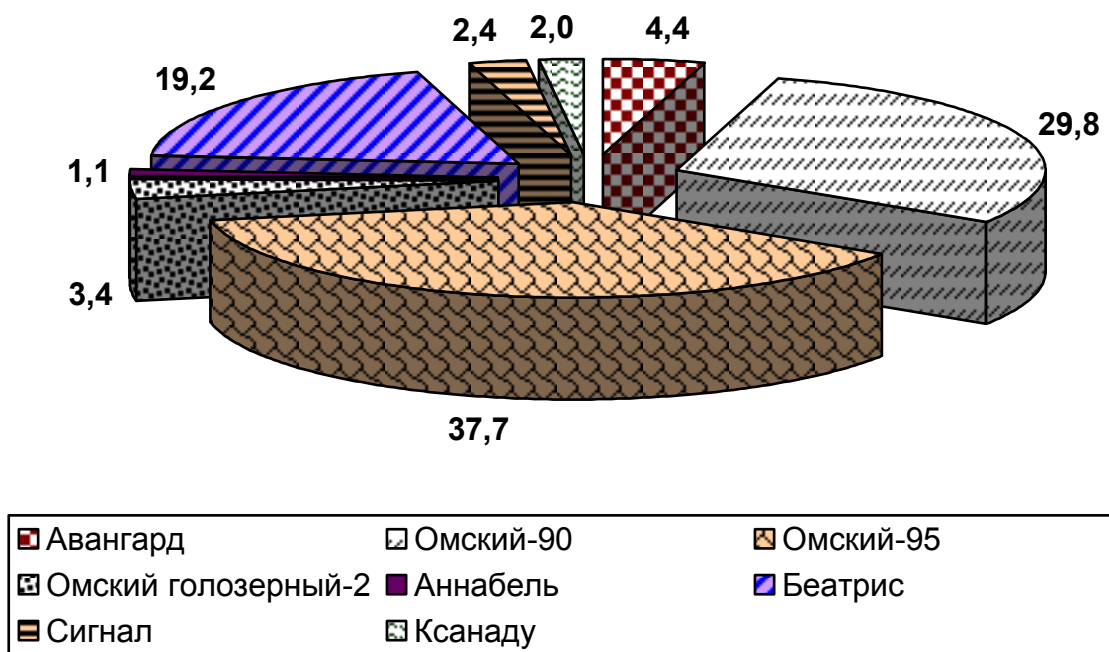
Рис. 2. Среднемесячные осадки за период вегетации, 2010-2012 гг.



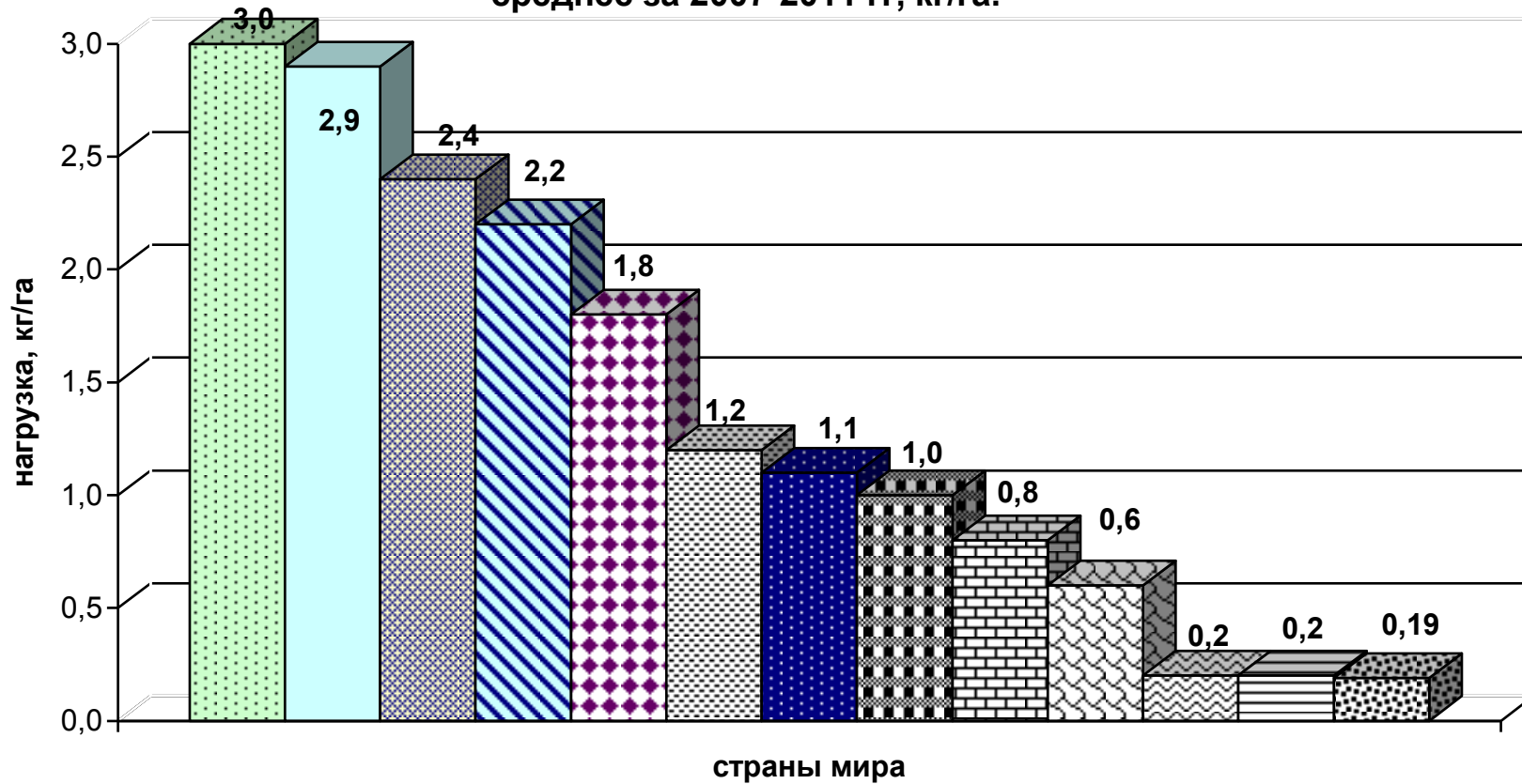
**Рис. 1. Площадь посева ячменя
в Омской области, тыс. га, 2012 г.**



**Рис. 2. Площадь посева сортов ячменя
в Омской области, %, 2012 г.**

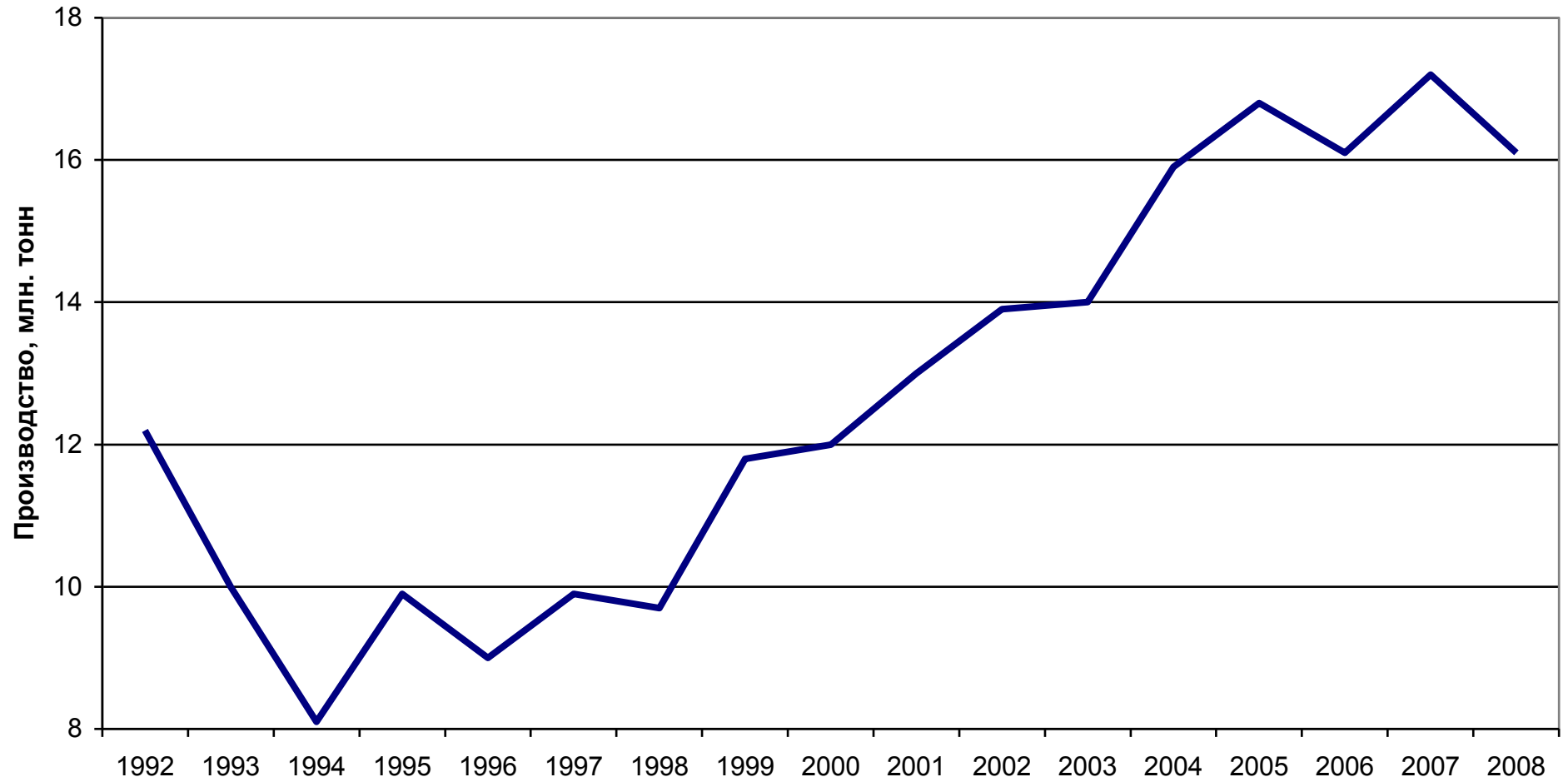


Пестицидная нагрузка на посевах сельскохозяйственных культур в странах мира, среднее за 2007-2011 гг, кг/га.

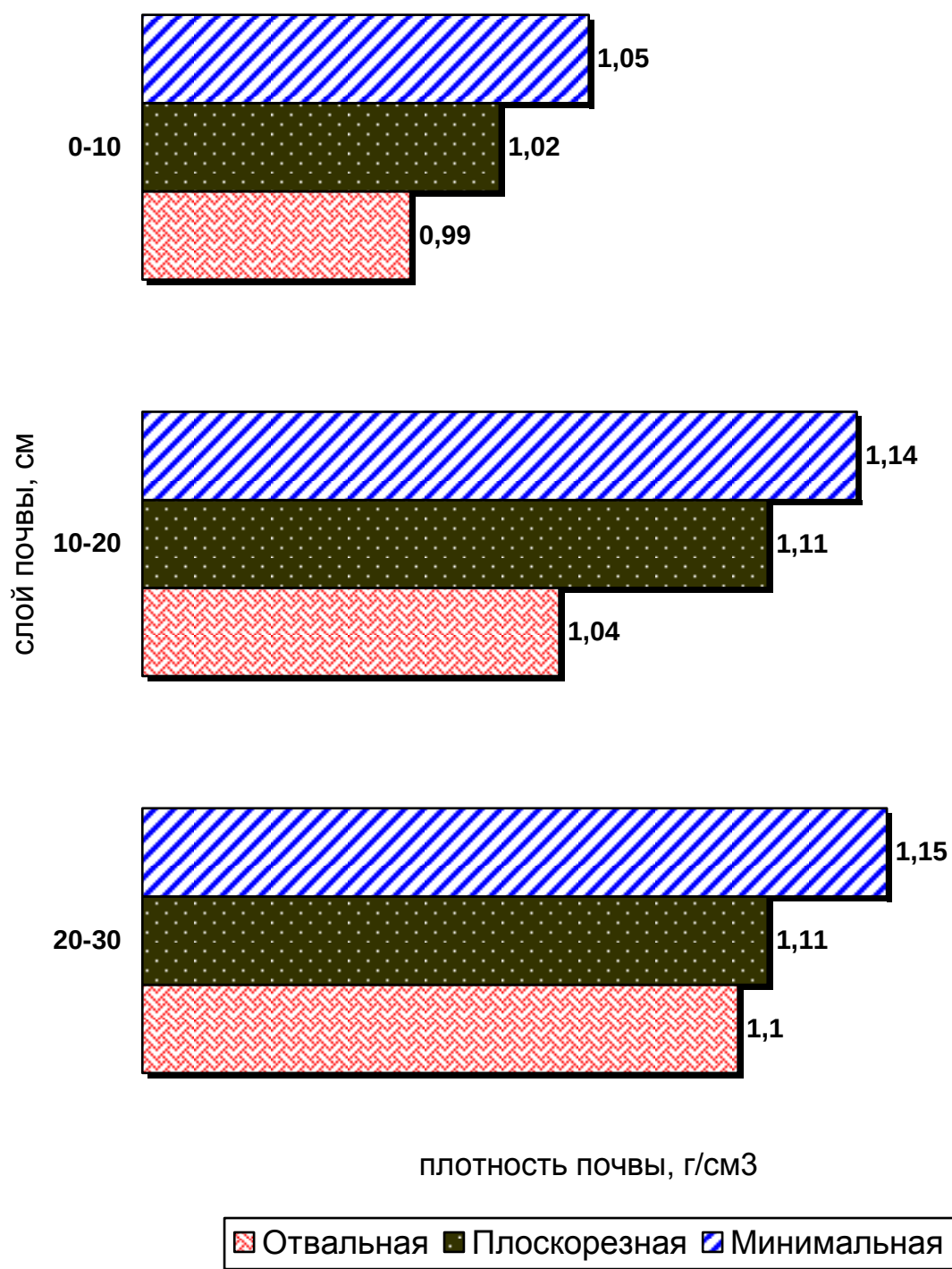


Великобритания	Франция	Китай	Германия	США
Бразилия	Польша	Канада	Украина	Казахстан
Индия	Россия	Омская область		

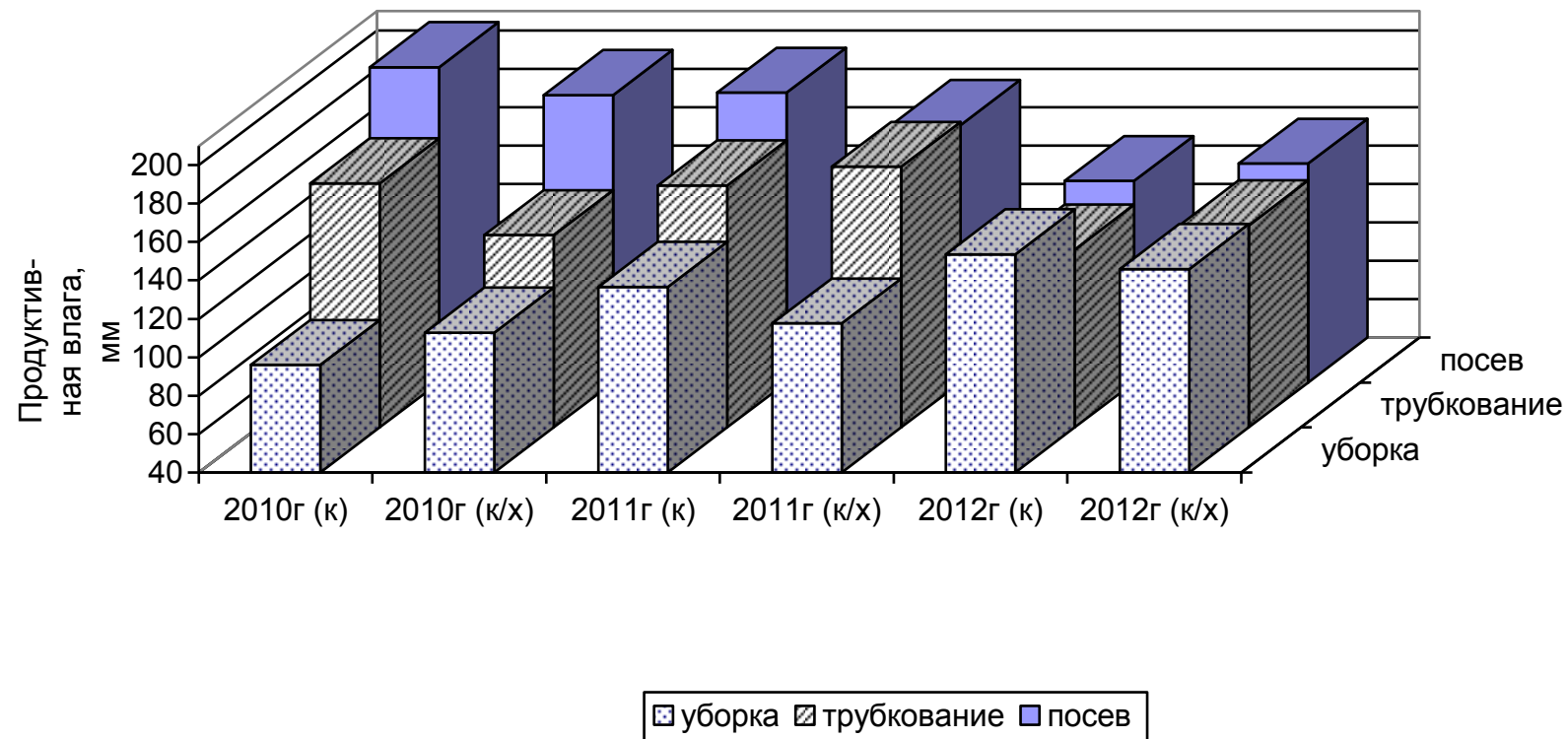
Производство минеральных удобрений в России, 1992-2008 гг., млн. тонн



Плотность почвы перед посевом в зависимости от технологии её обработки, 2010-2012 гг.

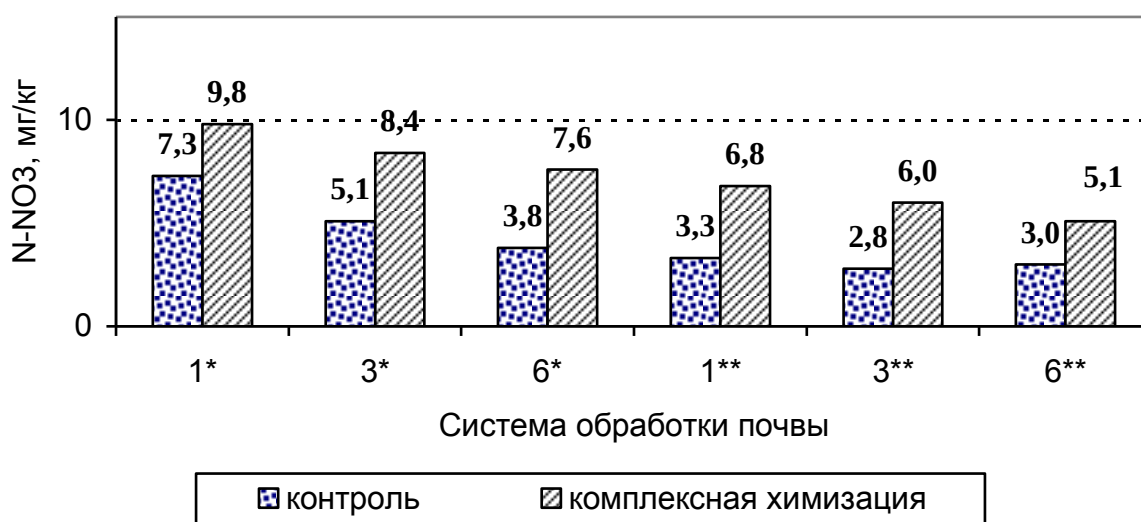


Динамика влагозапасов в почве в зависимости от системы обработки и применения средств интенсификации в период вегетации ячменя, 2010-2012 гг.

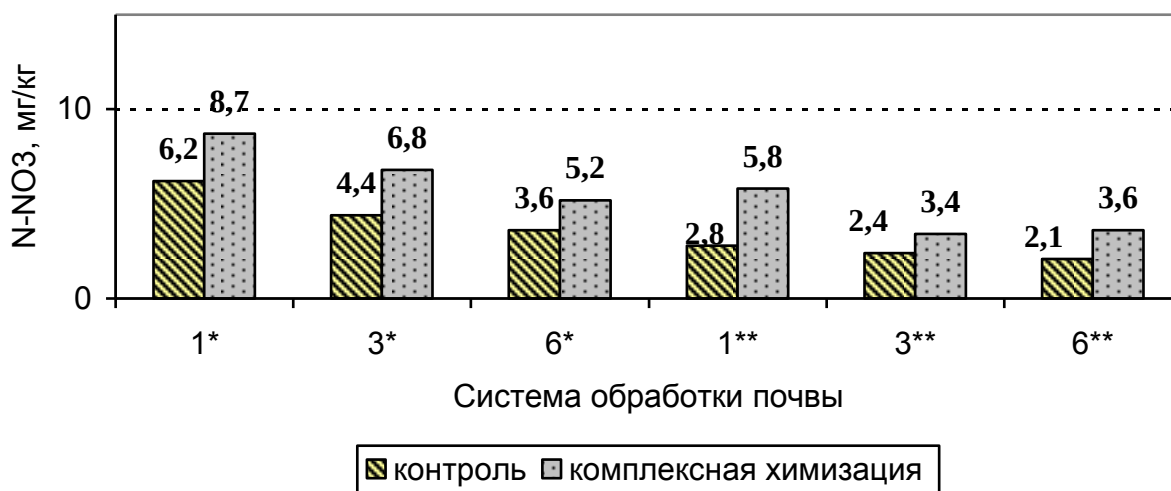


Примечание: к – контроль, к/х – комплексная химизация.

**Содержание нитратного азота в почве
(слой 0-20см) в посевах пивоваренного ячменя сорта
Аннабель в зависимости от интенсивности ее обработки и
средств интенсификации, 2010-2012 гг.**



**Содержание нитратного азота в почве
(слой 0-40см) в посевах пивоваренного ячменя сорта
Аннабель в зависимости от интенсивности ее обработки и
средств интенсификации, 2010-2012 гг.**



*Примечание: 1- отвальная; 3 – плоскорезная; 6 – минимальная.
* - посев; ** - уборка.*

Приложение 8

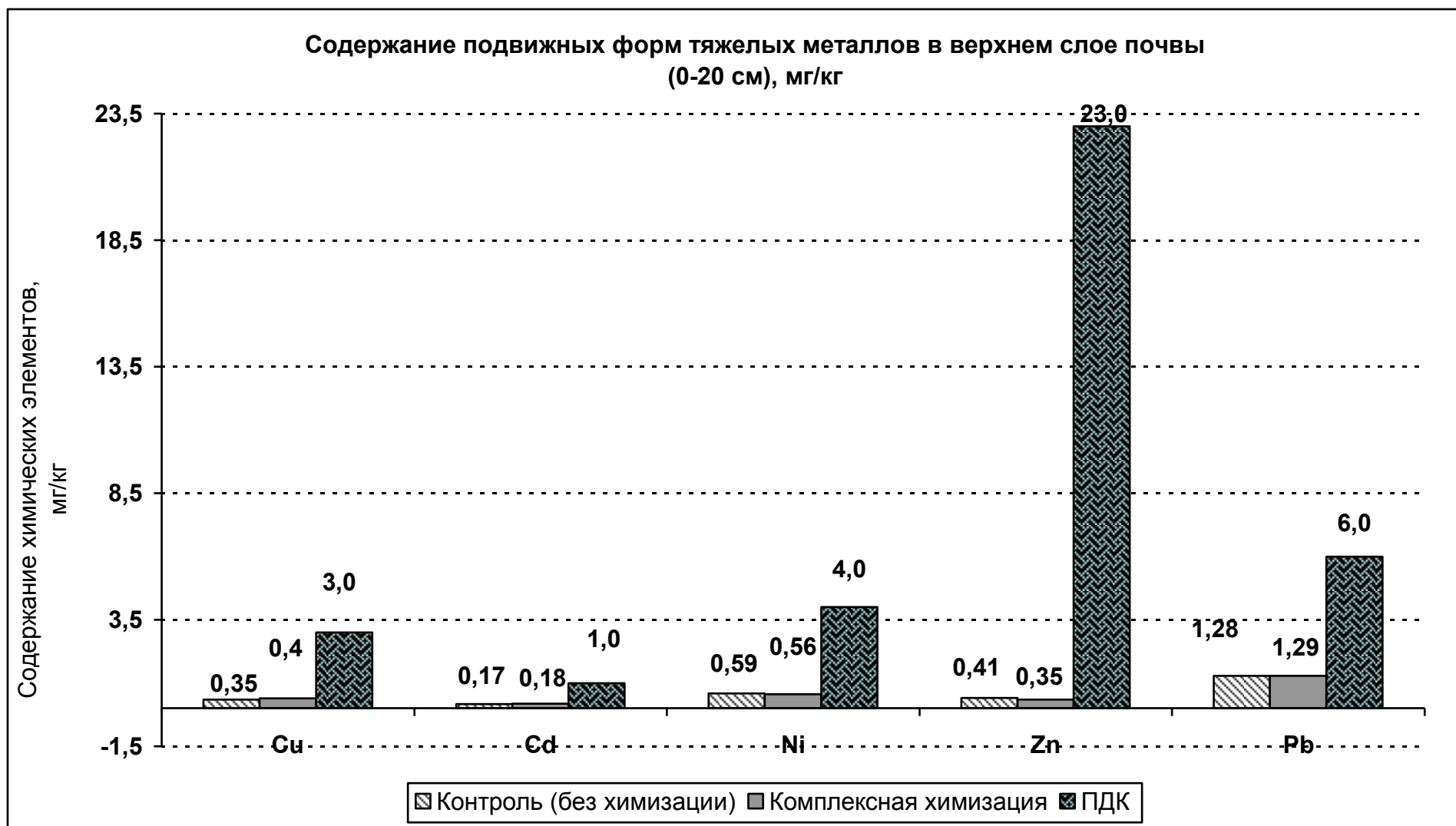
**Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см в посевах пивоваренного ячменя сорта Аннабель
в зависимости от системы обработки почвы и средств интенсификации (2010-2012 гг), мг/100 г. почвы.**

Обработка почвы	Контроль			Комплексная химизация			Среднее по годам
	отвальная	плоскорезная	минимальная	отвальная	плоскорезная	минимальная	
Посев							
2010 год	10,4	9,7	10,1	20,1	19,7	20,0	15,0
2011 год	12,1	10,2	11,9	24,2	21,0	21,8	16,8
2012 год	11,6	11,0	11,3	18,7	11,7	14,5	12,8
Среднее	11,4	10,3	11,1	21,0	17,4	18,8	
НСР ₀₅ (по химизации), мг/кг							2,5
Уборка							
2010 год	9,7	8,3	9,7	21,5	11,5	11,7	12,1
2011 год	12,1	11,2	12,0	16,7	10,5	15,8	13,0
2012 год	10,4	11,0	11,0	20,5	18,5	19,6	15,2
Среднее	10,7	10,2	10,9	19,6	13,5	15,7	
НСР ₀₅ (по химизации), мг/кг							2,2

Приложение 9

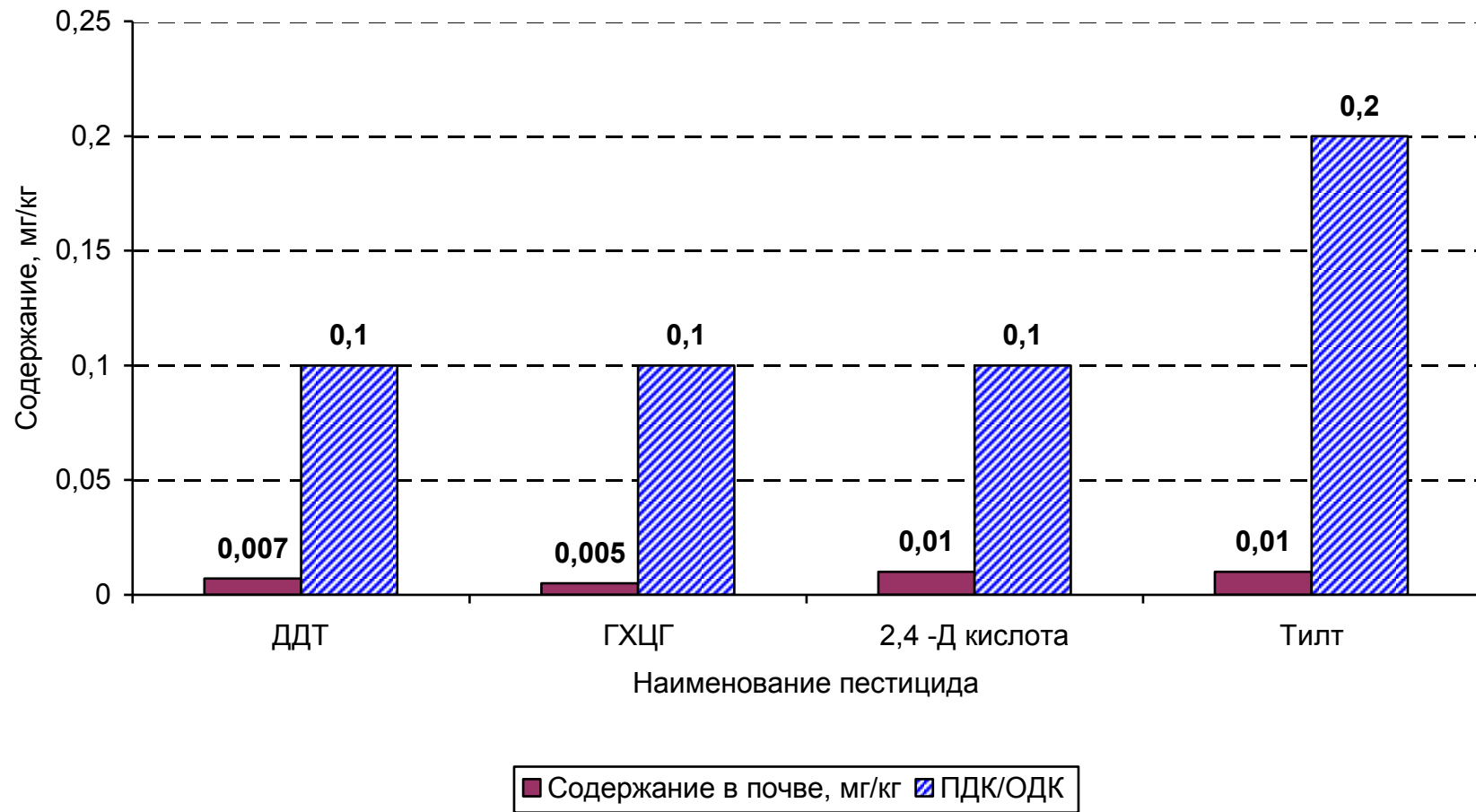
Валовое содержание тяжелых металлов в почве в посевах пивоваренного ячменя в зависимости от технологии выращивания, мг/кг

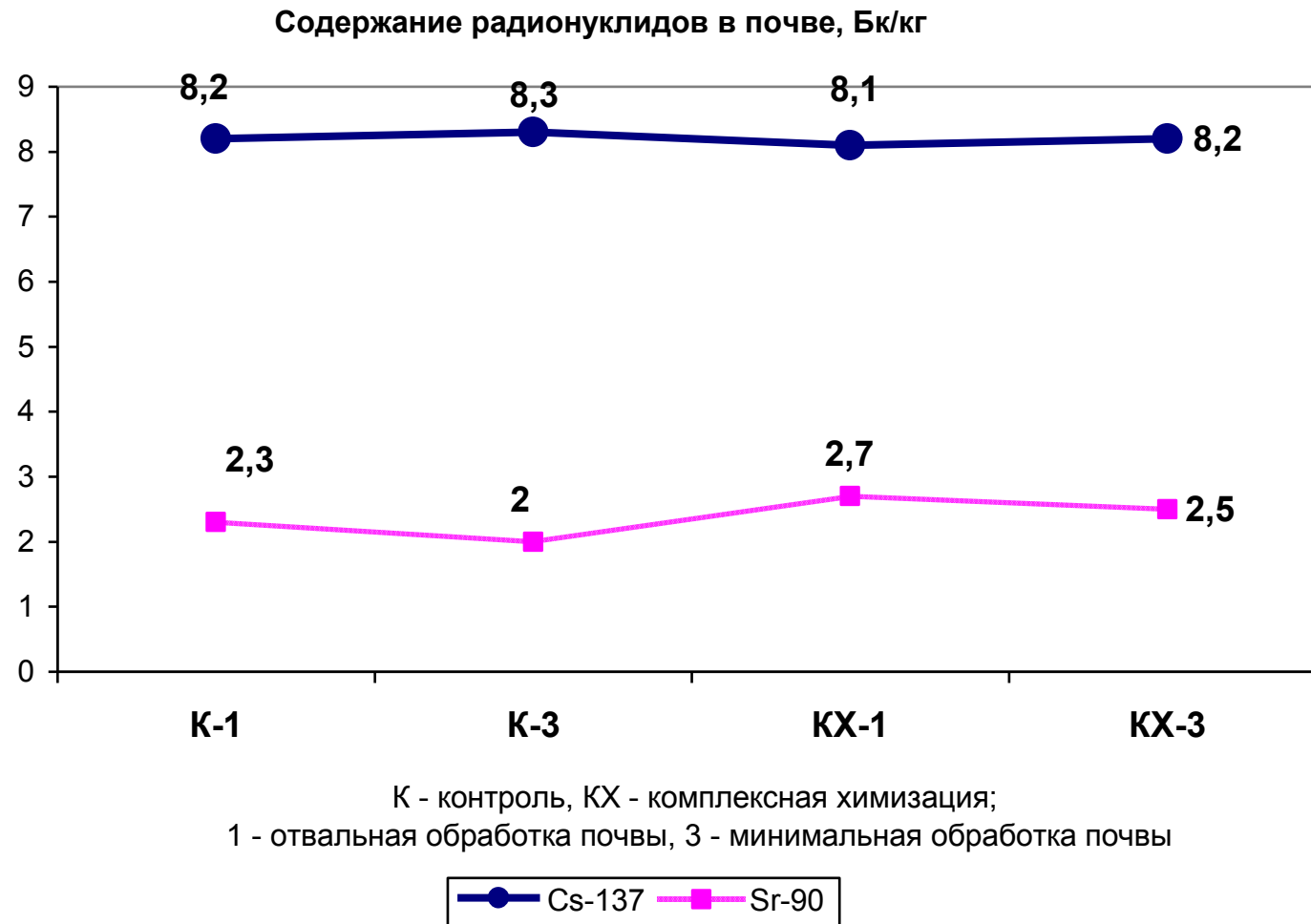
Место отбора образца	Вариант обработки почвы	Глубина отбора образца, см	Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг				
			Cu	Cd	Ni	Zn	Pb
Контроль	Отвальная	0-10	20,83	0,47	33,30	49,06	18,03
		10-20	18,64	0,40	29,68	43,15	15,20
	Минимальная	0-10	19,58	0,49	30,71	49,58	20,88
		10-20	17,21	0,38	27,25	42,77	21,12
Среднее			19,07	0,44	30,24	46,14	18,81
Комплексная химизация	Отвальная	0-10	20,29	0,54	32,89	49,38	19,19
		10-20	19,06	0,40	29,89	47,17	18,80
	Минимальная	0-10	18,92	0,50	29,18	47,44	22,25
		10-20	17,54	0,39	26,94	44,86	21,42
Среднее			18,95	0,46	29,72	47,21	20,42
НСР ₀₅ (0-20 см)			0,70	0,01	1,46	0,80	1,81
Фоновое содержание			20,00	0,10	40,00	50,00	10,00
ПДК			132,00	2,00	80,00	220,00	130,00



НСП₀₅ (0-20 см): Cu = 0,06 мг/кг; Cd = 0,01 мг/кг; Ni = 0,03 мг/кг; Zn = 0,03 мг/кг; Pb = 0,10 мг/кг.

Содержание остатков пестицидов в почве, мг/кг

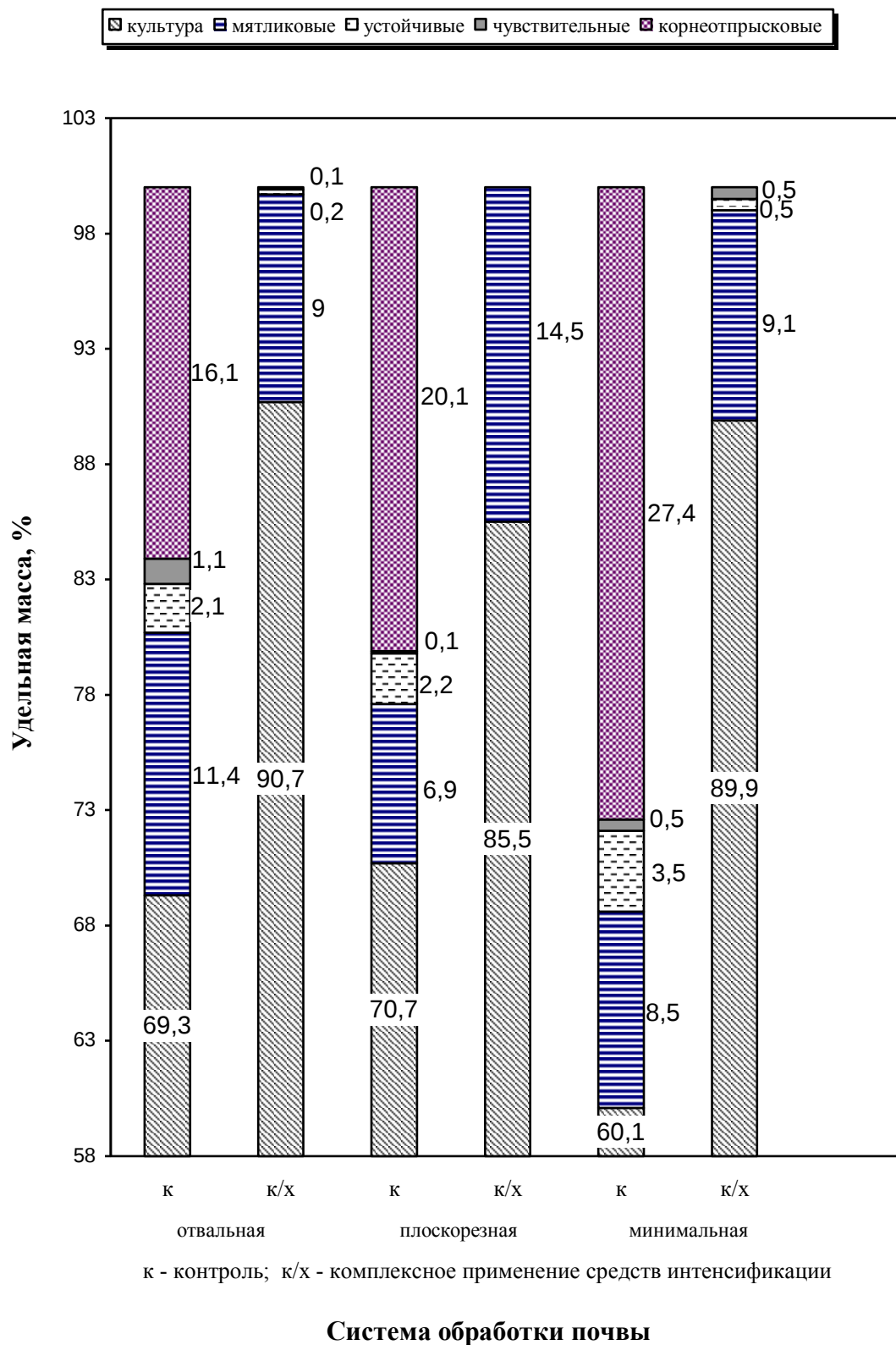




Видовой состав сорняков в посевах пивоваренного ячменя сорта Аннабель, 2010-2012 гг.

Система обработки почвы (фактор А)	Мас-са куль-туры г/м ²	Количество и масса сорняков, шт/г. (%)														
		всего		от био-массы, %	в т.ч. по группам											
		шт.	г.		мятликовые		от био-массы, %	однолетние устойчивые к 2,4- Д		от био-массы, %	двудольные чувств-ные к 2,4- Д		от био-мас-сы, %	Корне-отпрыс-ковые		от био-массы, %
					шт.	г.		шт.	г.		шт.	г.		шт.	г.	
КОНТРОЛЬ (фактор В)																
Отвальная	1389	205	616	30,7	172	228	11,4	9	43	2,1	4	23	1,1	20	322	16,1
Плоскорезная	1017	129	422	29,3	92	99	6,9	8	32	2,2	2	2	0,1	26	289	20,1
Минимальная	823	171	547	39,9	134	117	8,5	8	48	3,5	5	7	0,5	24	375	27,4
Среднее	1076	168	528	32,9	133	148	9,2	9	41	2,6	4	11	0,7	23	329	20,5
ГЕРБИЦИДЫ (фактор В)																
Отвальная	1941	126	477	19,7	126	477	19,7	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Плоскорезная	1672	222	493	22,8	221	488	22,5	1	2	0,1	0	0	0,0	0	0	0,1
Минимальная	1618	331	762	32,0	331	762	32,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Среднее	1744	226	577	24,9	226	576	24,8	0	1	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
УДОБРЕНИЯ (фактор В)																
Отвальная	1685	86	467	21,7	66	89	4,1	7	44	2,0	1	2	0,1	12	332	15,4
Плоскорезная	1475	62	525	26,3	34	49	2,5	7	12	0,6	2	3	0,2	19	460	23,0
Минимальная	942	252	713	43,1	229	444	26,8	12	25	1,5	3	10	0,6	8	234	14,1
Среднее	1367	134	568	29,4	110	194	10,0	9	27	1,4	2	5	0,3	13	342	17,7
КОМПЛЕКСНАЯ ХИМИЗАЦИЯ (фактор В)																
Отвальная	2097	115	213	9,3	114	209	9,0	1	4	0,2	0	2	0,1	0	0	0,0
Плоскорезная	1847	129	315	14,5	129	314	14,5	0	1	0,0	0	1	0,0	0	0	0,0
Минимальная	1975	53	219	10,1	47	199	9,1	1	10	0,5	1	10	0,5	0	0	0,0
Среднее	1973	98	250	11,2	97	241	10,8	1	5	0,2	1	4	0,2	0	0	0,0
<i>НСР₀₅ (фактор А)</i>	12,55	5,08	9,62	-	5,41	5,52	-	0,73	2,61	-	0,50	3,08	-	2,64	6,23	-
<i>НСР₀₅ (фактор В)</i>	14,50	5,86	11,11	-	6,25	6,38	-	0,73	3,02	-	0,58	3,56	-	3,05	7,20	-
<i>НСР₀₅ (для частных различий)</i>	25,11	10,16	19,24	-	10,83	11,05	-	1,27	5,23	-	1,01	6,17	-	5,28	12,47	-

Видовой состав сорняков в посевах пивоваренного ячменя в зависимости от системы обработки почвы и средств химизации (2010-2012гг.)



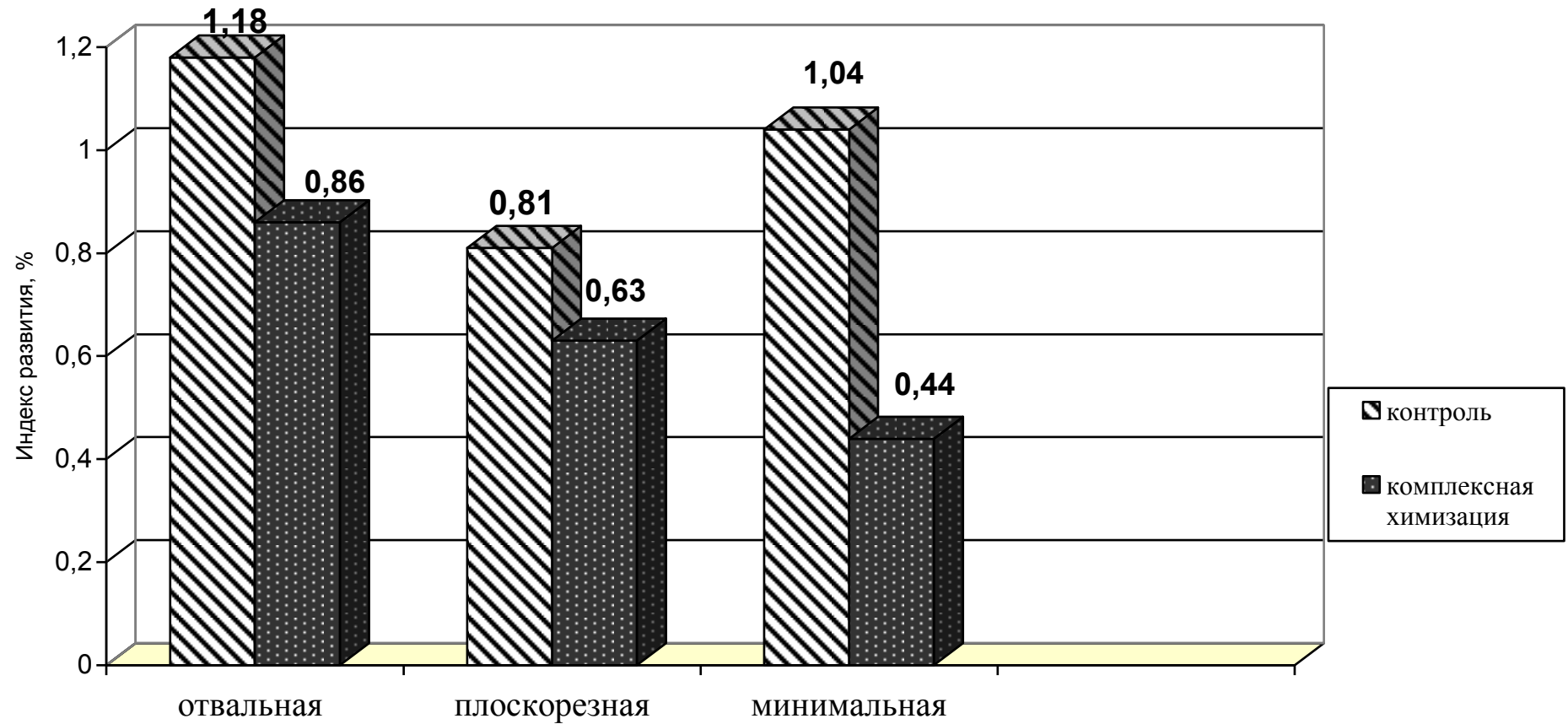
Приложение 15

Фитопатологическая оценка посевов пивоваренного ячменя в зависимости от системы обработки почвы и применения средств интенсификации, 2010-2012 гг.

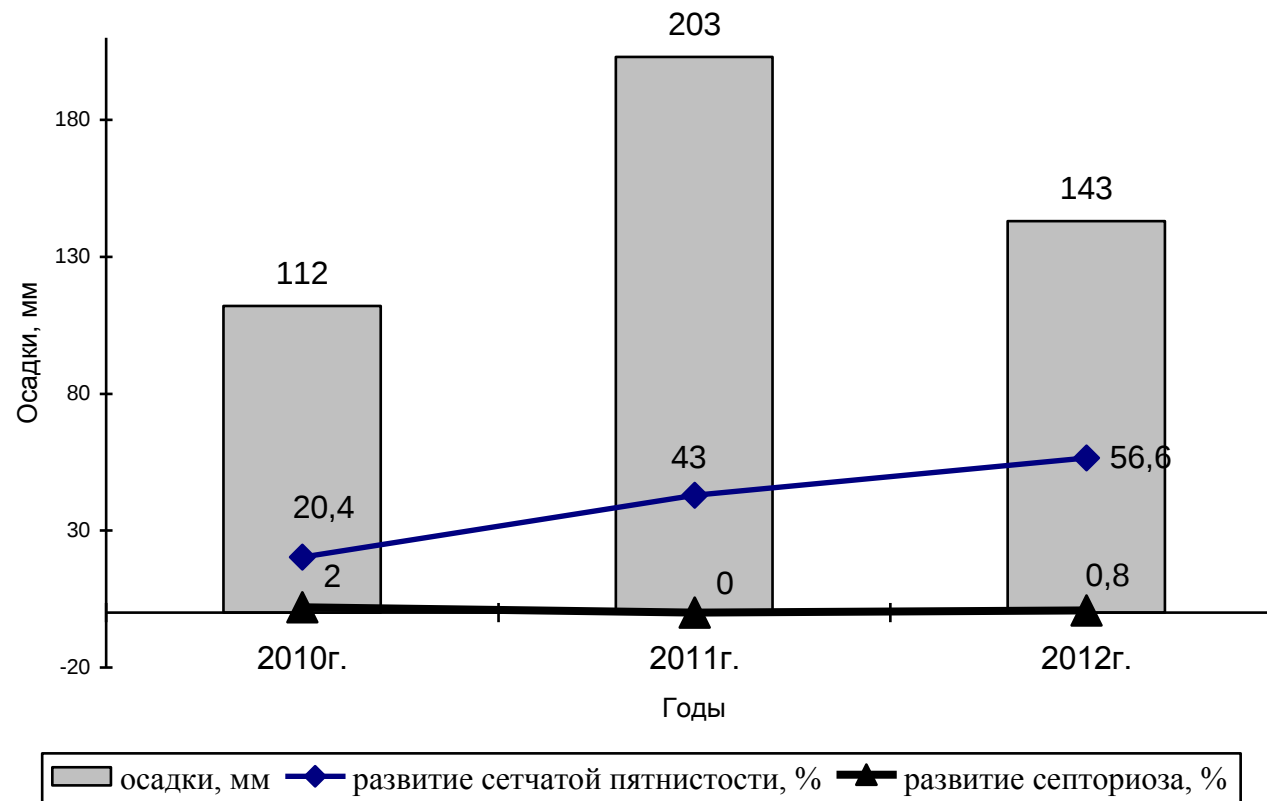
Годы исследований	Распространенность, %						Среднее	Пораженность, баллы						Среднее
	Отвальная		Плоскорезная		Минимальная			Отвальная		Плоскорезная		Минимальная		
	к	к/х	к	к/х	к	к/х		к	к/х	к	к/х	к	к/х	
2010	68,0	38,0	46,0	42,0	66,0	30,0	48,3	38,5	28,5	22,5	15,0	36,5	9,0	25,0
2011	54,0	45,0	50,0	48,0	46,0	37,0	46,7	29,0	20,0	20,0	16,0	25,0	15,0	20,8
2012	48,0	36,0	42,0	38,0	40,0	30,0	39,0	21,0	16,0	18,0	16,0	17,0	9,0	16,2
Среднее	56,7	39,7	46,0	42,6	50,7	32,3	46,2	29,5	21,5	20,2	15,6	26,2	11,0	21,7
НСР ₀₅ (фактор В)	8,4							5,2						
НСР ₀₅ (для частных различий)	14,5							8,9						

Примечание: к – контроль (без химизации); к/х – комплексная химизация

**Влияние системы обработки почвы и средств интенсификации на индекс развития
корневой гнили на посевах пивоваренного ячменя, %, 2010-2012 гг.**



**Развитие листостеблевых болезней на посевах пивоваренного
ячменя, 2010-2012гг.**



Структурный анализ урожая пивоваренного ячменя сорта Аннабель, 2010-2012 гг.

Обработка почвы (фактор А)	Масса снопа г/м ²	Высота растений, см	Количество растений, шт/м ²	Продуктивный стеблестой, шт/м ²	Коэффициент продук- тивной кустистости	Длина колоса, см	Число зёрен в колосе, шт.	Масса зерна главного колоса, г	Масса 1000 зерен, г.
КОНТРОЛЬ (фактор В)									
Отвальная	458	53,5	215	301	1,50	5,6	18,4	0,87	47,3
Плоскорезная	423	54,7	148	220	1,57	5,2	17,1	0,81	47,3
Минимально-нулевая	359	52,7	114	236	1,52	5,4	17,0	0,80	47,1
<i>Среднее</i>	<i>413</i>	<i>53,6</i>	<i>159</i>	<i>252</i>	<i>1,53</i>	<i>5,3</i>	<i>17,5</i>	<i>0,80</i>	<i>47,2</i>
КОМПЛЕКСНАЯ ХИМИЗАЦИЯ (фактор В)									
Отвальная	893	56,0	212	522	2,23	5,9	18,0	0,90	50,0
Плоскорезная	647	56,5	190	535	2,47	5,7	17,7	0,94	53,1
Минимально-нулевая	786	54,3	188	498	2,35	5,7	18,7	0,91	51,8
<i>Среднее</i>	<i>775</i>	<i>55,6</i>	<i>197</i>	<i>518</i>	<i>2,35</i>	<i>5,8</i>	<i>18,1</i>	<i>0,92</i>	<i>51,6</i>
<i>НСР₀₅ (фактор А)</i>	48,11	1,16	37,98	12,77	0,11	0,14	0,56	0,02	0,49
<i>НСР₀₅ (фактор В)</i>	39,28	0,94	31,01	10,43	0,09	0,11	0,45	0,02	0,40
<i>НСР₀₅ (для част. различий)</i>	68,05	1,64	53,72	18,06	0,16	0,19	0,79	0,03	0,69

Урожайность зерна пивоваренного ячменя сорта Аннабель, т/га

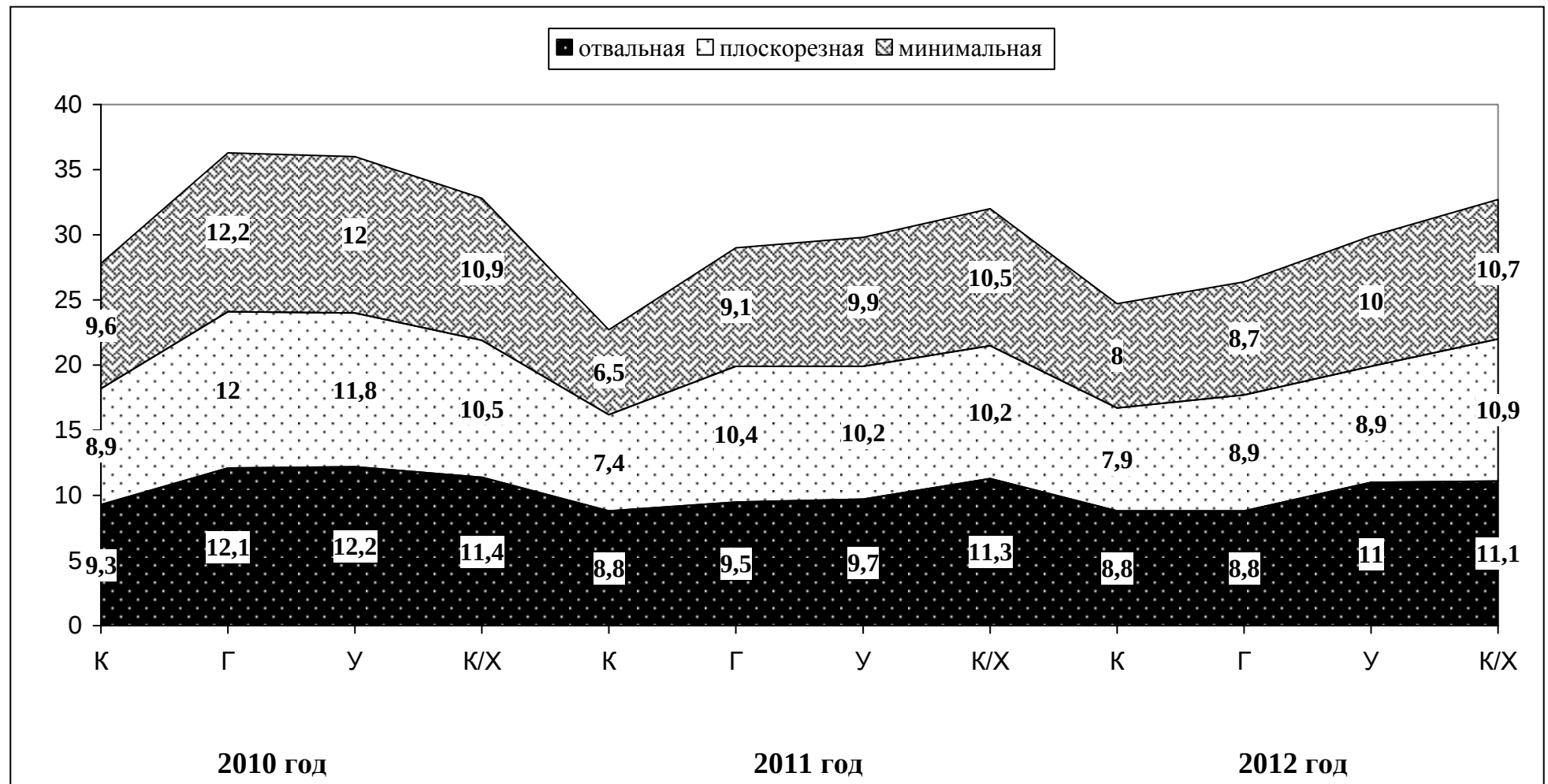
Средства интенсификации (фактор В)	Система обработки почвы (фактор А)			Среднее, т/га
	отвальная	плоскорезная	минимальная	
2010 год				
Контроль	0,63	0,5	0,65	0,59
Гербициды	0,97	1,26	1,39	1,21
Удобрения	1,06	0,75	0,38	0,73
Гербициды + удобрения	1,16	1,30	1,11	1,19
Гербициды + удобрения + фунгициды (к/х)	1,34	1,58	1,21	1,38
Среднее по фактору А, НСР ₀₅ =0,04 т/га НСР ₀₅ (для частных различий) = 0,10 т/га	1,03	1,08	0,95	НСР ₀₅ (В) =0,06 т/га
2011 год				
Контроль	1,24	0,77	0,72	0,91
Гербициды	3,14	2,46	2,38	2,66
Удобрения	2,24	1,52	1,23	1,66
Гербициды + удобрения	4,04	3,10	2,45	3,20
Гербициды + удобрения + фунгициды (к/х)	4,46	4,05	2,94	3,82
Среднее по фактору А, НСР ₀₅ = 0,17 т/га НСР ₀₅ (для частных различий) = 0,43 т/га	3,02	2,38	1,95	НСР ₀₅ (В) =0,25 т/га
2012 год				
Контроль	0,96	1,24	1,11	1,10
Гербициды	1,99	2,01	1,91	1,97
Удобрения	2,36	2,34	1,93	2,21
Гербициды + удобрения	3,16	3,00	2,93	3,03
Гербициды + удобрения + фунгициды (к/х)	3,36	3,26	2,86	3,16
Среднее по фактору А, НСР ₀₅ = 0,05 т/га НСР ₀₅ (для частных различий) = 0,13 т/га	2,37	2,37	2,15	НСР ₀₅ (В) =0,07 т/га

Примечание: к/х – комплексная химизация.

Прибавки зерна от средств интенсификации в годы исследований, т/га

Прибавка зерна (т/га, %) от применения:	Годы исследований			Среднее
	2010	2011	2012	
гербицидов	0,62 (105%)	1,75 (192,3%)	0,87 (79,1%)	1,08 (124%)
удобрений	0,14 (23,7%)	0,75 (82,4%)	1,11 (101%)	0,67 (77%)
гербицидов и удобрений	0,60 (102%)	2,29 (в 3,52 раза)	1,93 (175,5%)	1,60 (184,5%)
фунгицидов	0,19 (15,9%)	0,62 (19,3%)	0,13 (4,3%)	0,31 (12,6%)
комплексной химизации	0,79 (133,8%)	2,91 (в 4,19 раза)	2,06 (в 2,87 раза)	1,91 (в 3,19 раза)

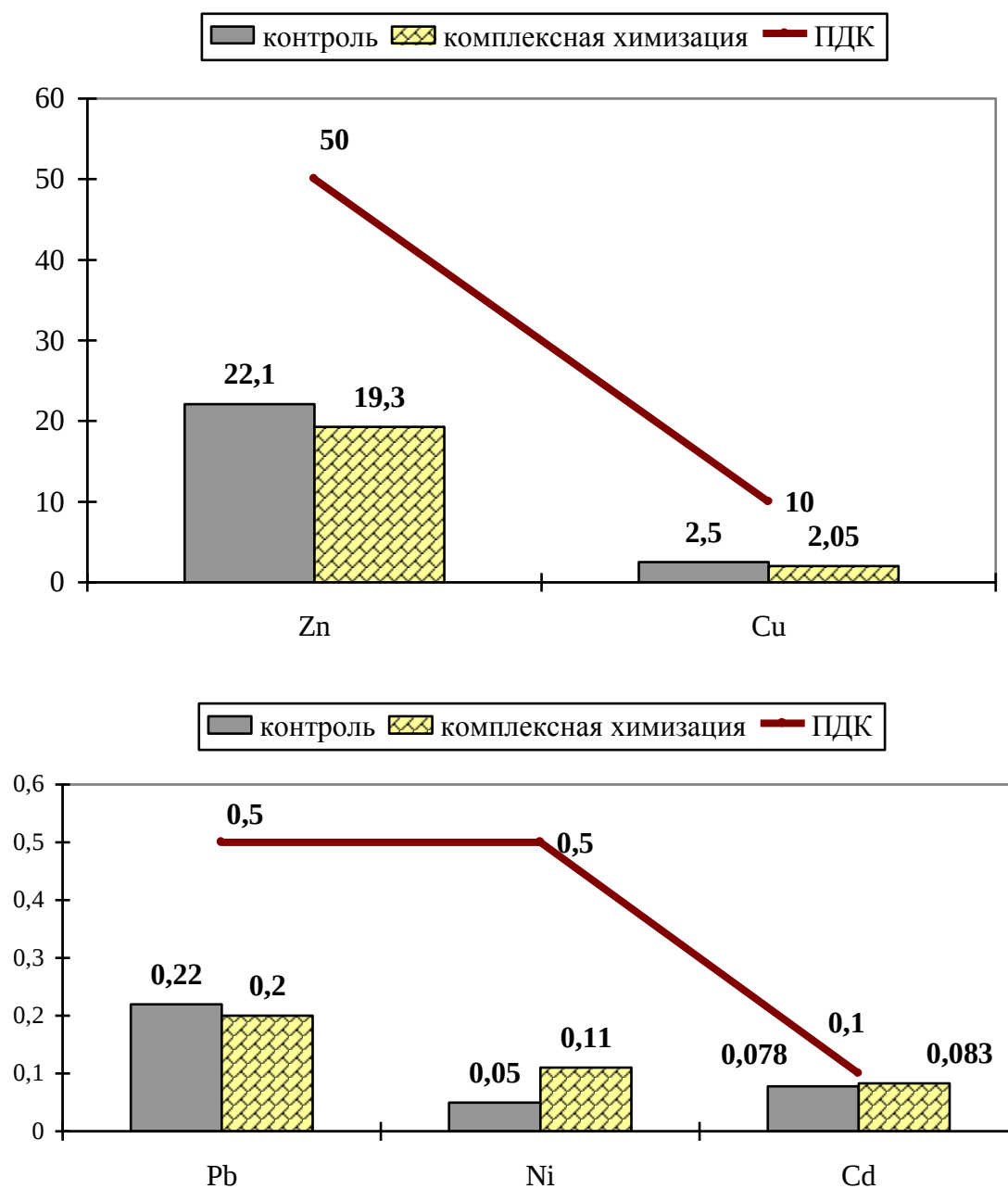
Качественный показатель (белок) зерна пивоваренного ячменя сорта Аннабель (2010-2012 гг), %



Примечание: К – контроль (без химизации); Г – гербициды; У - удобрения; К/Х – комплексная химизация.

НСР₀₅ (для частных различий) = 1,30%.

Концентрация подвижных форм тяжелых металлов в конечной продукции (зерно) в зависимости от применения средств интенсификации, мг/кг



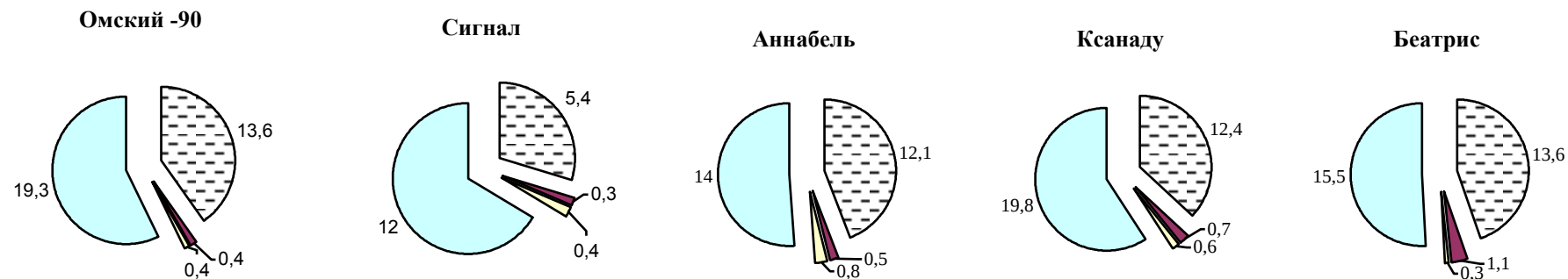
$НСР_{05}$ (для частных различий) = 1,14 мг/кг.

Видовой состав сорного компонента в посевах сортов пивоваренного ячменя, 2010-2012 гг.

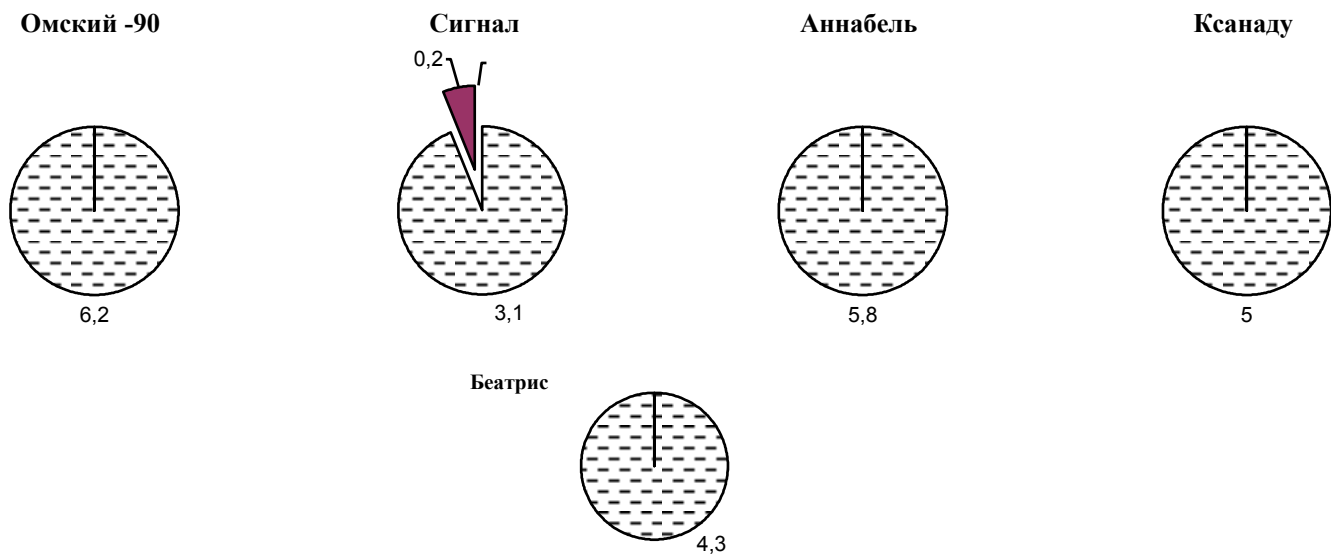
Сорт пивоваренного ячменя (фактор А)	Масса куль- туры, г/м ²	Количество и масса сорняков, шт/г (%)															
		всего		от био- массы, %	в т.ч. по группам										от био- массы, %		
					мятликовые		от био- массы, %	однолетние устойчивые к 2,4- Д		от био- массы, %	двудольные чувств-ные к 2,4- Д		от био- массы %	Корне- отпрыс- ковые		от био- массы, %	
					шт.	г.		шт.	г.		шт.	г.		шт.			г.
КОНТРОЛЬ (фактор В)																	
Омский-90	1255	188	508	28,8	171	197	13,6	5	5	0,4	1	5	0,4	12	301	19,3	
Сигнал	1293	135	259	16,7	118	74	5,4	3	4	0,3	1	5	0,4	14	176	12,0	
Аннабель	950	212	299	23,9	193	131	12,1	2	5	0,5	1	8	0,8	16	155	14,0	
Ксанаду	901	190	362	28,6	166	127	12,4	6	7	0,7	1	5	0,6	18	223	19,8	
Беатрис	1125	264	399	26,2	248	178	13,6	4	13	1,1	1	3	0,3	11	206	15,5	
ГЕРБИЦИДЫ (фактор В)																	
Омский-90	1488	102	113	7,1	100	106	6,6	1	5	0,3	0	0	0	1	2	0,1	
Сигнал	1576	39	48	3,0	39	48	3,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Аннабель	1320	99	121	8,4	98	116	8,1	1	5	0,4	0	0	0	0	0	0	
Ксанаду	1458	69	70	4,6	67	69	4,5	2	1	0,1	0	0	0	0	0	0	
Беатрис	1380	79	89	6,1	79	89	6,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ГЕРБИЦИДЫ + УДОБРЕНИЯ (фактор В)																	
Омский-90	1823	139	177	8,9	122	154	7,8	1	4	0,2	11	5	0,3	5	14	0,8	
Сигнал	2100	90	65	3,0	90	65	3,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Аннабель	1317	84	64	4,6	84	64	4,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ксанаду	1566	147	146	8,5	147	146	8,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Беатрис	2002	131	100	4,8	121	97	4,6	2	1	0,1	8	2	0,1	0	0	0	
КОМПЛЕКСНАЯ ХИМИЗАЦИЯ (фактор В)																	
Омский-90	2218	124	147	6,2	124	147	6,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Сигнал	2205	91	75	3,3	86	70	3,1	5	5	0,2	0	0	0	0	0	0	
Аннабель	1705	106	105	5,8	106	105	5,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ксанаду	1918	105	102	5,0	105	102	5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Беатрис	2115	97	95	4,3	97	95	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
НСР ₀₅ (фактор А)	221,2	6,0	70,6	-	28,1	34,0	-	0,82	3,20	-	0,50	1,20	-	0,94	28,84	-	
НСР ₀₅ (фактор В)	197,9	5,3	63,2	-	25,1	30,4	-	0,74	2,86	-	0,45	1,07	-	0,84	25,79	-	
НСР ₀₅ (для част. разл.)	442,5	12,0	141,3	-	56,3	68,0	-	1,65	6,40	-	1,01	2,41	-	1,89	57,68	-	

Видовой состав сорняков в агрофитоценозе посевов сортов пивоваренного ячменя, 2010-2012 гг.

Контроль



Комплексная химизация



мятликовые
 устойчивые к 2,4 -Д
 чувствительные к 2,4-Д
 корнеотпрысковые

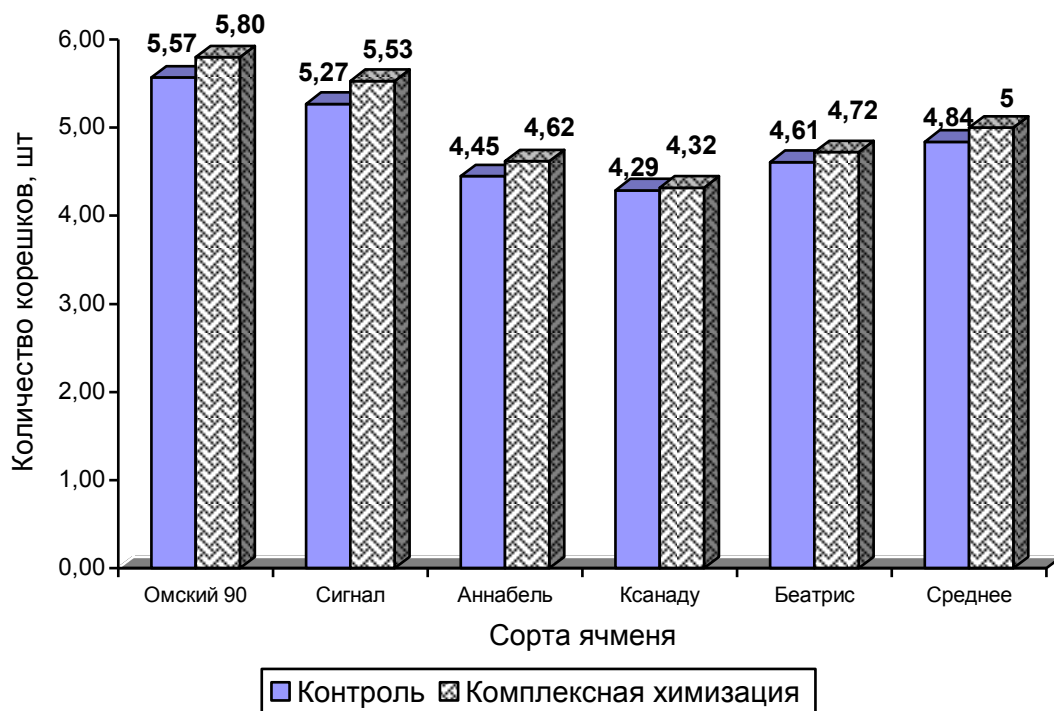


Рис. 1. Количество первичных корешков у сортов ячменя, 2010-2012 гг.

$НСР_{05}$ (по системе сортов ячменя) = 0,16 шт; $НСР_{05}$ (по химизации) = 0,10 шт.

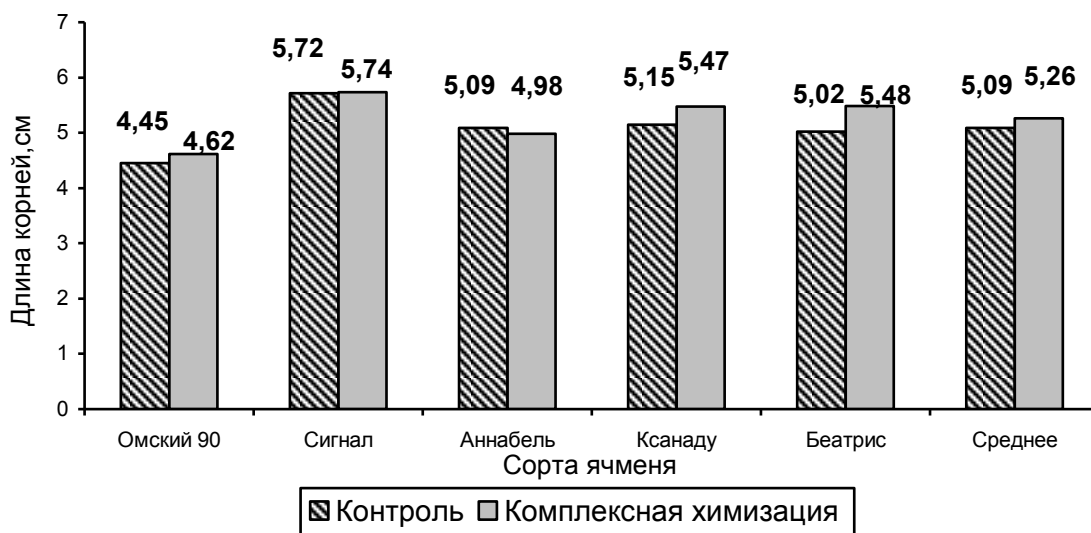
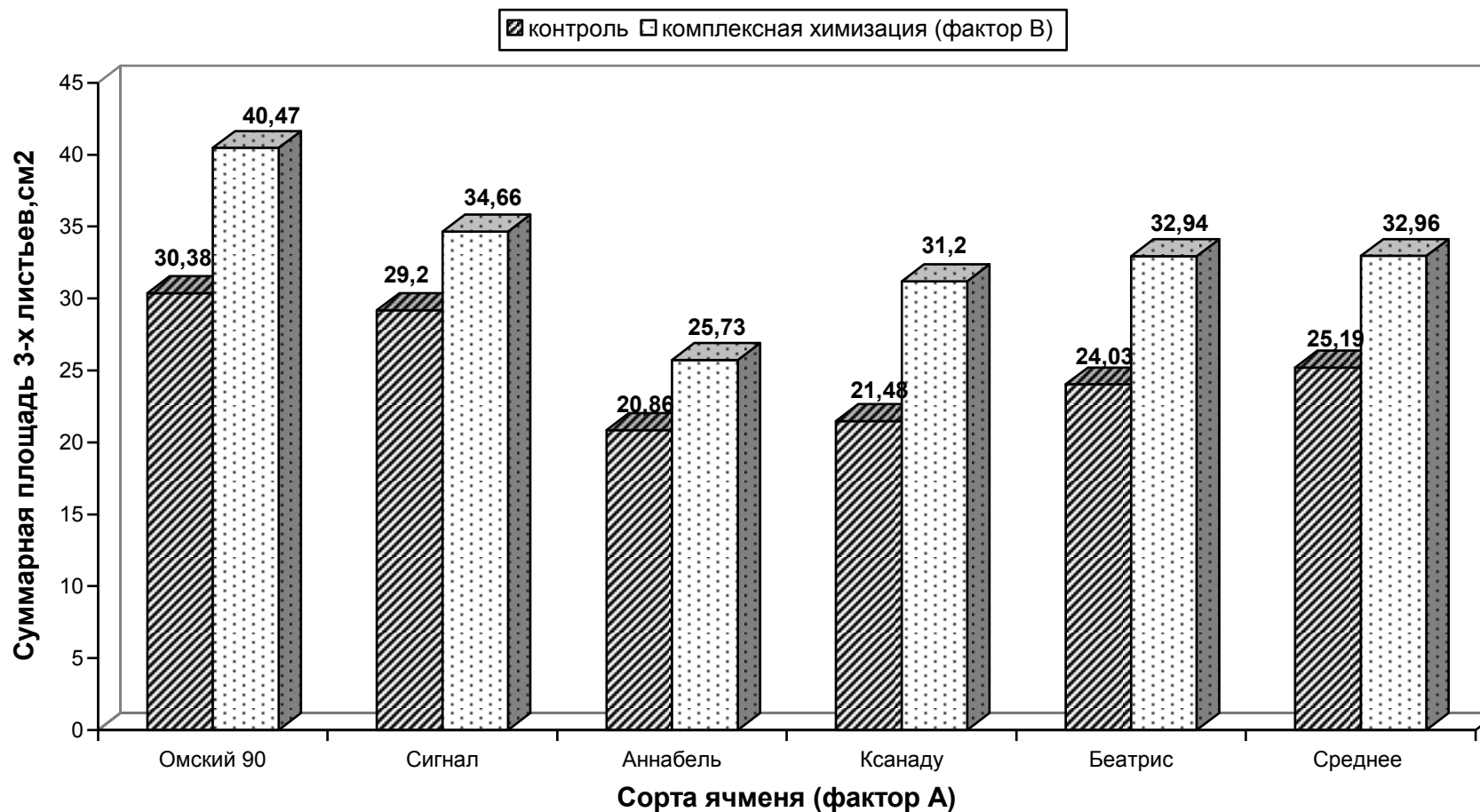


Рис. 2. Длина первичных корней у сортов ячменя, 2010-2012 гг.

$НСР_{05}$ (по системе сортов ячменя) = 0,13 см; $НСР_{05}$ (по химизации) = 0,08 см.

Суммарная площадь листьев у сортов пивоваренного ячменя в зависимости от применения средств интенсификации (на одном растении), 2010-2012 гг.



$НСР_{05}$ (по системе сортов) = 0,66 см²; $НСР_{05}$ (по химизации) = 0,42 см²; $НСР_{05}$ (для частных различий) = 0,93 см².

Доля влияния фактора А на суммарную поверхностную площадь листовой поверхности – 22,5%, фактора В – 75,9%.

Структура урожая сортов пивоваренного ячменя, 2010-2012 гг.

Сорт ячменя (фактор А)	Масса снопа г/м ²	Высота растений, см	Количество растений, шт/м ²	Продуктивный стеблестой, шт/м ²	Коэффициент продук- тивной кустистости	Длина колоса, см	Число зёрен в колосе, шт.	Масса зерна главного колоса, г	Масса 1000 зерен, г.	Урожай- ность, т/га
КОНТРОЛЬ (фактор В)										
Омский 90	694	68,1	197	383	1,94	6,2	18,7	0,90	48,0	2,07
Сигнал	806	63,7	203	471	2,32	6,4	19,3	0,87	45,0	2,15
Аннабель	465	53,7	174	297	1,13	5,5	17,5	0,80	45,6	1,84
Ксанаду	791	59,3	161	428	2,66	6,1	18,8	0,90	47,8	2,09
Беатрис	935	52,7	210	487	2,65	6,1	18,6	0,98	52,8	2,13
<i>Среднее</i>	<i>738</i>	<i>59,5</i>	<i>174</i>	<i>413</i>	<i>2,14</i>	<i>6,1</i>	<i>18,6</i>	<i>0,89</i>	<i>47,8</i>	<i>2,06</i>
КОМПЛЕКСНАЯ ХИМИЗАЦИЯ (фактор В)										
Омский 90	755	68,7	177	399	2,25	6,3	19,0	0,96	50,4	2,71
Сигнал	865	66,0	225	511	2,27	6,2	19,3	0,89	46,0	2,84
Аннабель	555	55,7	120	356	2,96	6,0	19,2	0,94	49,0	2,48
Ксанаду	887	55,7	233	471	2,02	6,0	18,7	0,95	50,9	2,78
Беатрис	942	59,0	214	556	2,60	6,0	18,7	0,99	53,0	2,74
<i>Среднее</i>	<i>801</i>	<i>61,0</i>	<i>209</i>	<i>459</i>	<i>2,42</i>	<i>6,1</i>	<i>19,0</i>	<i>0,95</i>	<i>49,8</i>	<i>2,71</i>
<i>НСР₀₅ (А)</i>	<i>59,47</i>	<i>2,14</i>	<i>23,51</i>	<i>25,88</i>	<i>0,25</i>	<i>0,11</i>	<i>0,15</i>	<i>0,02</i>	<i>1,01</i>	<i>0,17</i>
<i>НСР₀₅ (В)</i>	<i>37,61</i>	<i>1,36</i>	<i>14,87</i>	<i>16,37</i>	<i>0,16</i>	<i>0,07</i>	<i>0,09</i>	<i>0,01</i>	<i>0,64</i>	<i>0,15</i>

Урожайность зерна сортов пивоваренного ячменя, т/га

Сорта ячменя (фактор А)	Средства интенсификации (фактор В)				Среднее, т/га
	К	Г	ГУ	К/Х (ГУФ)	
2010 год					
Омский 90	1,02	1,62	2,05	1,83	1,63
Сигнал	0,99	1,18	1,61	1,74	1,38
Аннабель	0,7	0,89	1,03	1,16	0,95
Ксанаду	0,86	1,23	1,58	1,56	1,31
Беатрис	0,81	1,05	1,41	1,49	1,19
Среднее по фактору А, НСР ₀₅ =0,04 т/га НСР ₀₅ (для частных различий) = 0,08 т/га	0,88	1,19	1,54	1,56	НСР ₀₅ (В) =0,04 т/га
2011 год					
Омский 90	3,59	3,76	3,82	4,23	3,85
Сигнал	3,73	4,00	4,05	4,53	4,08
Аннабель	3,34	3,73	3,81	4,17	3,76
Ксанаду	3,71	4,17	4,16	4,54	4,15
Беатрис	3,75	4,23	4,29	4,35	4,16
Среднее по фактору А, НСР ₀₅ = 0,04 т/га НСР ₀₅ (для частных различий) = 0,08 т/га	3,62	3,98	4,03	4,36	НСР ₀₅ (В) =0,03 т/га
2012 год					
Омский 90	1,59	1,89	2,06	2,06	1,90
Сигнал	1,74	1,84	2,14	2,24	1,99
Аннабель	1,47	1,60	2,01	2,11	1,80
Ксанаду	1,69	1,79	2,02	2,23	1,93
Беатрис	1,84	2,00	2,26	2,37	2,12
Среднее по фактору А, НСР ₀₅ = 0,08 т/га НСР ₀₅ (для частных различий) = 0,17 т/га	1,67	1,82	2,10	2,20	НСР ₀₅ (В) =0,08 т/га

Примечание: К - контроль (без химизации), Г – гербициды, ГУ – гербициды и удобрения, К/Х – комплексная химизация.