

**На правах рукописи**

**Шпанев  
Александр Михайлович**

**БИОЦЕНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ФИТОСАНИТАРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ  
АГРОЭКОСИСТЕМ ЮГО-ВОСТОКА ЦЧЗ  
(НА ПРИМЕРЕ КАМЕННОЙ СТЕПИ)**

**Шифр и наименование специальности:  
06.01.07 – защита растений**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук**

**Санкт-Петербург, 2013**

Работа выполнена в Государственном научном учреждении  
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений  
Российской академии сельскохозяйственных наук  
(ГНУ ВИЗР Россельхозакадемии)

**Научный консультант:** **Зубков Аркадий Федорович**  
доктор биологических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Исси Ирма Викторовна,**  
доктор биологических наук, профессор,  
ведущий научный сотрудник, ВНИИ  
защиты растений Россельхозакадемии

**Сугоняев Евгений Семенович,**  
доктор биологических наук, профессор,  
главный научный сотрудник,  
Зоологический институт РАН

**Василевич Владислав Иванович,**  
доктор биологических наук, профессор,  
главный научный сотрудник,  
Ботанический институт им. В.Л.Комарова РАН

**Ведущая организация:** **Воронежский государственный аграрный  
университет**

Защита диссертации состоится 17 октября 2013 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 006.015.01 на базе Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений по адресу:

196608, Санкт-Петербург, Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3.

Факс (812) 4705110; e-mail: vizr@mail.333.com;

Web-сайт: [www.vizrspb.narod.ru](http://www.vizrspb.narod.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений

Автореферат разослан " \_\_\_\_ " сентября 2013 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

Наседкина Галина Анатольевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Современные направления в защите растений обоснованы представлениями о том, что на территории полевого севооборота функционирует единая целостная агроэкосистема (Зубков, 1982, 1992), которая неразрывно связана с системами лесополос и другими естественными угодьями (Бодренков, 1970; Затымина, Черненко, 1981; Лахидов, 1997; Белицкая, 2004; Бусарова, 2006; Котлярова, 2011). Из этого следует, что защита растений должна быть организована на экосистемном уровне, как минимум на севооборотном (Добровольский, 1981; Зубков, 1995б, 1996; Соколов, Филипчук, 1997, 1998; Новожилов, 2003), оптимально – на агроландшафтном (Новожилов, 1996, 1997; Павлюшин, Воронин, 2004, 2007). В будущем это позволит подойти к практическому конструированию устойчивых адаптивных агроэкосистем в агроландшафтах с благополучной фитосанитарной и экологической обстановкой (Жученко, 1995; Новожилов и др. □ 1995; Павлюшин, 2009).

Осуществить это можно только на дальнейшем познании агроэкосистем, в которых элементы естественных биоценозов продолжают функционировать в условиях жестких антропогенных на них воздействий (Жученко, 1994, 2008а; Зубков, 2007; Танский, 2010). Отсюда следует, что управление популяциями вредных видов обязательно должно быть согласовано с естественными процессами, протекающими в агроэкосистемах (Сугоняев, 1998).

Для достижения этой цели по-прежнему недостаточно знаний как о взаимосвязях основных элементов агроценозов и совместном влиянии вредных организмов на урожай, так и об экосистемном устройстве используемой в сельскохозяйственном производстве территории. Целостная картина устройства и функционирования агробиогеоценоза и более крупных агроэкосистем ранга полевой фации агроландшафта все еще не раскрыта, поскольку исследования ведутся на уровне отдельных популяций вредных видов или отдельных культур. Всё это говорит о том, что необходимы исследования на новом качественном уровне, проводимые в течение длительного времени на крупном выделе агроландшафта с синхронными по всему пространству биоценологическими наблюдениями и учетами комплексов видов членистоногих, фитопатогенов и сорных растений на всех полях возделываемых культур.

Наиболее эффективный путь проведения агробиоценологических и агроэкосистемных исследований – это организация агроэкологических стационаров на полях региональных НИИСХ. Высокий положительный результат исследований достигнут на стационаре, организованном ВИЗР и Воронежским НИИСХ им. В.В.Докучаева на полях последнего в Каменной Степи.

**Цель** исследований заключается в научном обосновании фитосанитарной оптимизации агроэкосистем с минимальным применением средств защиты растений в условиях длительного рационального землепользования, на основе данных, полученных при многолетнем изучении биоценологических основ фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи Воронежской области (юго-восток ЦЧЗ).

Решались следующие **задачи**:

- осуществить биоценологическое описание ценозов отдельных полей, севооборотных агроэкосистем и крупного полевого выдела агроландшафта (стационар "Каменная Степь"), включающее сведения о составе и структуре биоценокомплексов, особенностях их формирования по фазам развития культурных растений и по годам, биоценологических связях и пространственно-временном размещении биоты;
- оценить влияние элементов системы земледелия как антропогенного фактора в обеспечении фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи;
- определить влияние биоценологических факторов в поддержании фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи;
- провести оценку комплексной вредоносности вредных организмов как основного показателя фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи;
- разработать концепцию фитосанитарной устойчивости агроэкосистем и биоценологические подходы в защите полевых культур от вредных организмов для Каменной Степи и юго-востока ЦЧЗ.

**Научная новизна.**

- разработана концепция фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи, основанная на многолетнем рациональном землепользовании, условия которого обеспечивают устойчивое положительное влияние антропогенных и биоценологических факторов, позволяющее минимизировать применение средств защиты растений при возделывании культур;
- впервые проведено единовременное биоценологическое описание ценозов отдельных полей, многопольной севооборотной агроэкосистемы и крупного полевого выдела агроландшафта Каменной Степи;
- впервые показано совокупное влияние отклонений в технологии возделывания культур и полей, временно выведенных из с.-х. оборота, на фитосанитарное состояние и урожайность культур в севооборотной агроэкосистеме;
- впервые с использованием новых алгоритмов расчетов и многомерной статистики выявлены и оценены биоценологические связи между основными вредными видами и биоценологические факторы, ограничивающие распространение и развитие вредных видов в агроценозах;
- проведена оценка комплексной вредоносности вредных организмов на 11 профильных для юго-востока ЦЧЗ культурах, включающая определение коэффициентов вредоспособности основных вредных видов и потерь урожая от каждого вида и в целом от всего комплекса;
- уточнена вредоносность вредных видов в зависимости от сроков сева культур, влагообеспеченности вегетационного периода, состояния посева, обеспеченности почв элементами питания, уровня обилия вредных объектов для условий юго-востока ЦЧЗ.

### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

– созданы база данных по многолетнему состоянию биоты агроэкосистем Каменной Степи и база данных для оценки комплексной вредоносности и биоценологических связей на 11 возделываемых в регионе культурах;

– оценка комплексной вредоносности вредных организмов, произведенная нами, позволила уточнить экономически значимые виды, по отношению к которым следует проводить мониторинговые и защитные мероприятия;

– коэффициенты вредоспособности вредных объектов, полученные по итогам оценки комплексной вредоносности, предложены к использованию при принятии оперативного решения по проведению защитных мероприятий, основанного на прогнозе потерь урожая;

– использование коэффициентов коррекции вредоспособности вредных видов позволяет конкретизировать применение средств защиты растений в зависимости от ситуации, складывающейся на каждом поле;

– материалы биоценологической диагностики посевов сельскохозяйственных культур в условиях Каменной Степи использованы при разработке технологий защиты основных для зоны исследований культур от комплекса вредных объектов и получили положительную оценку от сельхозпроизводителей Воронежской области.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Концепция фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи, возникшей в результате многолетнего рационального землепользования, условия которого обеспечивают устойчивое положительное влияние антропогенных и биоценологических факторов, позволяющее минимизировать применение средств защиты растений при возделывании культур.

2. Выявленные при изучении биоценозов агроландшафта Каменной Степи большое видовое богатство и разнообразие биоты, устойчивый состав и выравненная структура биоценокомплексов вносят значительный вклад в поддержание фитосанитарной устойчивости агроэкосистем и обеспечивают относительно невысокие потери урожая от комплекса вредных организмов.

3. Усовершенствованная методика оценки комплексной вредоносности позволяет определять вред, причиняемый культурным растениям каждым из вредных видов и всем вредоносным комплексом агробиоценоза. Получаемые коэффициенты вредоспособности вредных видов и данные текущего фитосанитарного мониторинга позволяют прогнозировать возможные потери урожая при принятии решений о целесообразности проведения защитных мероприятий.

**Личный вклад автора.** Диссертационная работа выполнена непосредственно автором в результате проведения многолетних биоценологических исследований на агроэкологическом стационаре "Каменная Степь", организованном на полях Воронежского НИИСХ им. В.В.Докучаева совместно с ВИЗР, на основании договора о творческом сотрудничестве. Автор участвовал в разработке программы исследований и их методического сопровождения, им выполнен основной объем экспериментальной работы, проведен анализ полученных данных и сделано обобщение результатов.

Автор выражает искреннюю благодарность за образование межинститутского стационара – дирекции Воронежского НИИСХ им. В.В.Докучаева (В.Т.Рымарю) и ВИЗР (В.А.Павлюшину), за содействие в проведении исследований – руководителям лабораторий и отделов Воронежского НИИСХ им. В.В.Докучаева (А.Б.Лаптиева, С.В.Мухиной, Б.А.Дорохову, В.Н.Горбунову, С.В.Мамедову, В.И.Сальникову), за помощь в сборе материала – сотрудникам лаборатории агробиоценологии ВИЗР (В.Н.Жукову, С.В.Голубеву), в определении видов насекомых – специалистам-систематикам ВИЗР (А.Г.Ковалю, Г.Э.Давидьяну, Е.М.Давидьян, В.В.Нейморовицу, И.Я.Гричанову, И.В.Шамшеву), ЗИНа (А.И.Халаиму, В.И.Тобиасу), В.А.Рихтер, Э.П.Нарчук, О.Г.Овчинниковой, В.М.Гнездилову, О.Н.Кабакову, Б.А.Коротяеву, К.С.Надеину, В.Н.Прасолову, Г.Ю.Любарскому, Б.М.Катаеву), ВГУ (А.И.Лахидову), СПбГУ (Ф.В.Константинову), за научное сопровождение, координацию и постоянное участие в работе – научному консультанту А.Ф.Зубкову.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований доложены на научно-практических конференциях "Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения" (Белгород, 2003), "Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем" (Краснодар, 2004, 2006, 2010), "Состояние и перспективы развития земледелия, агролесомелиорации и экономики землепользования в АПК ЦЧЗ" (Докучаев, 2004), "Химический метод защиты растений: состояние и перспективы повышения экологической безопасности" (СПб., 2004), "Экология бассейна Дон" (Воронеж, 2005), "Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов" (Краснодар, 2005, 2007, 2011), "Проблемы интенсификации и экологизации земледелия России" (Рассвет, 2006), "Проблемы и пути реализации потенциала производства зерна в Центральном Черноземье" (Каменная Степь, 2007), "Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития" (Киров, 2008), "Проблемы защиты растений в условиях современного сельскохозяйственного производства" (СПб., 2009), "Видовые популяции и сообщества в антропогенно трансформированных ландшафтах: состояние и методы его диагностики" (Белгород, 2010), "Удобрения, мелиоранты и средства защиты растений в современной земледелии" (Персиановский, 2010), "Биодиверситология: современные проблемы сохранения и изучения биологического разнообразия" (Чебоксары, 2010), "Экологические проблемы природных и антропогенных территорий" (Чебоксары, 2011), "Фундаментальные проблемы энтомологии в XXI веке" (СПб., 2011), "Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции" (СПб., 2011) и совещаниях "Современные системы защиты растений от болезней и перспективы использования достижений биотехнологии и генной инженерии" (Голицыно, 2003), "Сорта полевых культур в системе агроландшафтного земледелия (селекция, семеноводство, технологии их возделывания)" (Каменная Степь, 2006), "Структурно-функциональные изменения в популяциях и сообществах на территориях с разным уровнем антропогенной нагрузки" (Белгород, 2012), "Со-

временные проблемы иммунитета растений к вредным организмам" (СПб., 2012), "Тобольск научный – 2012" (Тобольск, 2012), на XII, XIII и XIV съездах Русского Энтомологического Общества (СПб., 2002, 2012; Краснодар, 2007), II Всероссийском съезде по защите растений "Фитосанитарное оздоровление экосистем" (СПб., 2005), II Симпозиуме стран СНГ по перепончатокрылым насекомым (СПб., 2010), III съезде микологов (М., 2012), а также на заседаниях Ученого совета и методических комиссиях ВИЗР.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 100 научных работ, в том числе в рецензируемых журналах ВАК РФ – 32, в других журналах и сборниках – 56, монографий – 7, рекомендаций – 5.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 376 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, 6 глав экспериментальной части, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложения. Список использованной литературы включает 709 источников. В текст включено 92 таблицы и 60 рисунков.

## **Глава 1. ФИТОСАНИТАРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЭКОСИСТЕМ И ПУТИ ЕЕ ДОСТИЖЕНИЯ**

Анализ опубликованных научных работ указывает на обстоятельную изученность флоры, фауны и фитосанитарного состояния посевов полевых культур Центрального Черноземья и других регионов. В то же время отсутствие полных агробиоценологических описаний не позволяет раскрыть общее устройство агробиоценозов, закономерности их формирования и функционирования, определить роль каждого вида внутри биоценотического комплекса. Это не позволяет в полной мере реализовать современные подходы в защите растений, нацеленные на конструирование агроэкосистем с долговременной фитосанитарной устойчивостью и высокой биоценотической регуляцией.

Фитосанитарная устойчивость агроэкосистемы – это свойство агроэкосистемы, обусловленное деятельностью антропогенных и биоценологических факторов, ограничивающих широкое распространение вредных видов и наносимый ими вред культурным растениям.

Анализ литературных данных говорит о том, что фитосанитарная устойчивость может быть достигнута в условиях рационального землеустройства территории, длинноротационных севооборотов с разнообразным составом возделываемых культур и устойчивых сортов, высокого уровня агротехники и общей культуры земледелия, гетерогенных посевов культур и нектароносов, разнообразия природного ландшафта, позволяющих ограничить применение химических средств защиты растений.

## **Глава 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1 Характеристика Каменной Степи**

Каменная Степь находится на юго-востоке Центрально-Черноземной зоны в переходном между лесостепью и степью поясе. Это определяет большую изменчивость погодных условий, когда засушливые годы (2002, 2007, 2008)

чередуются со сверх увлажненными (2005, 2006) или с близкими к среднемноголетним показателям по количеству выпавших осадков (2001, 2003, 2004). Экстремальные проявления климатообразующих факторов сглаживаются в условиях фитомелиорированного ландшафта Каменной Степи, где под многочисленными водоемами (более 40) и лесными полосами (более 250) занято около 10% общей площади землепользования.

Каменная Степь это уникальный пример преобразования безжизненных степей с жесткими климатическими условиями в благоприятную для сельскохозяйственного использования территорию, где нашли воплощение идеи В.В.Докучаева и других видных ученых. Благодаря коллективным усилиям ученых и многолетней работе здесь удалось создать оптимальный уровень взаимодействия естественных систем природы и искусственных систем, создаваемых человеком. Каменная Степь это оазис Черноземья и по сей день.

## 2.2 Материалы и методика исследований

Материалы получены в ходе биоценологических исследований на полях агроэкологического стационара Воронежского НИИСХ им. В.В.Докучаева за период 2001-2008 гг. Стационар включал три севооборота (5-польный отдела агрохимии, 8-польный противоэрозионный, 9-польный селекционный) и семеноводческие посевы, находящиеся друг от друга в пределах 6 километров на площади около 600 га. Исследования проведены на 11 возделываемых в регионе культурах: озимых пшенице, тритикале, ржи, яровых пшенице, тритикале, ячмене, горохе, кукурузе, просе, гречихе, сое.

Для биоценотической характеристики посевов изучаемых культур использованы все основные общепринятые методы учета и сбора данных по всем основным компонентам агробиоценозов – культурным и сорным растениям, насекомым и паукам, фитопатогенам, мышевидным грызунам.

Основной сбор полевой информации проведен на постоянных учетных площадках с учетом рекомендаций А.Ф.Зубкова (1973, 1978, 1981) и рядом авторских дополнений, связанных с видовым составом объектов и особенностями изучаемых культур (Шпанев, 2012). Их размер соответствовал 0.1 м<sup>2</sup> для культур сплошного сева, 1.4 м<sup>2</sup> – для пропашных. Ежегодно устанавливалось по 30-64 постоянных площадок на каждой культуре, всего за период исследований – 3219.

Кошения делались с учетом рекомендаций В.Ф.Паляя (1970) и К.К.Фасулати (1971). Они были приурочены к фазам фенологии культуры. За период вегетации культур проведено 9 учетов. Один учет состоял из 8 проб по 10 взмахов сачком, всего проведено 3024 кошений.

Биоценометр 0.1 м<sup>2</sup> использован согласно рекомендациям А.Ф.Зубкова (1970) и В.Ф.Паляя (1970). Учеты биоценометром проведены в те же самые фазы, что и кошения. Пробы в количестве 6 штук за учет располагались вблизи постоянных площадок. Число учетов за сезон достигло 9, сделанных проб – 54, всего проб – 864 шт.

Отлов членистоногих почвенными ловушками Барбера, по 16 штук на поле, за весь период исследований – 1440, проведен по известным рекомендациям (Количественные методы..., 1987; Присный, 1989). Насекомых и пауков



выбирали из ловушек в каждую фазу фенологии культуры, одновременно с проведением других методов учета. Почвенные пробы размером  $0.25 \text{ м}^2$  в количестве 12 штук на поле брали весной перед севом культур.

Для определения видового состава членистоногих использованы соответствующие определители, а уточнение определения проведено систематиками ВИЗРа и ЗИНа. Сорные растения определяли по П.Ф.Маевскому (1954) с дополнительным использованием монографии А.В.Фисюнова (1984) и атласа по сегетальной флоре К.С.Артохина (2004).

При характеристике ценоза использованы следующие показатели: *видовое обилие* (среднее число видов на единицу учета), *видовое богатство* (общее число видов), *видовое разнообразие* (индекс К.Шеннона), *выравненность видов* (индекс Э.Пиелу), *доминирование видов* (индекс Симпсона).

Для сравнения ценозов изучаемых культур по наличию общих видов членистоногих, сорных растений, возбудителей болезней использован индекс попарного видового сходства Т.Съёренсена. Сходство агроценозов с учетом обилия составляющих его видов определено с использованием коэффициента общности удельного обилия А.А.Шорыгина.

По членистоногим и сорным растениям рассчитывали следующие показатели: *численность* или *численное обилие вида* (экз./ $\text{м}^2$ , экз./10 взм. сачком, экз./1 ловушку), *встречаемость* (%), *относительное обилие* или *процентное соотношение численности видов* (%), *коэффициент обилия* ( $K_{об}$ ).

У сорных растений учитывались *плотность* или *густота* (экз./ $\text{м}^2$ ), *проктивное покрытие поверхности почвы* (%), *высота* (см), *фаза развития*, *ярусность*, *масса сырая и сухая* (г/ $\text{м}^2$ ). Воздействие вредителей на совокупность растений выражалось тремя показателями: *поврежденностью* (%), *интенсивностью повреждения* (%), *общей степенью повреждения* (%). Заболевания растений характеризовались *пораженностью* (%), *интенсивностью поражения* (%), *развитием* (%).

Пятипольный полевой севооборот отдела агрохимии Воронежского НИИСХ им. В.В.Докучаева использован нами в качестве модели для изучения севооборотной агроэкосистемы. Соблюдена единовременность учетов всеми методами на всех полях севооборота в течение всего периода ротации культур. Учеты были привязаны к календарным датам и проведены с интервалом в 10 суток. Количество учетов, проведенных с первой декады мая по вторую декаду августа, за вегетационный период составило 11. Общее количество постоянных площадок в севообороте за один вегетационный период было равным 320 по 64 на каждое поле, почвенных ловушек – 80 по 16 на поле, кошений – 40 по 8 на поле, проб биоценометром – 30 по 6 на поле.

Оценка *биоценологических связей* между организмами и *биоценологических факторов*, *ограничивающих распространение вредных видов*, включала многомерную статистическую обработку эмпирического материала, собранного в течение вегетации культур в ходе проведения единовременных комплексных учетов на постоянных площадках. Делалось это на основе методических рекомендаций А.Ф.Зубкова (1973, 1984) и авторских разработок данного направления исследований (Шпанев, Голубев, 2008).

При оценке *комплексной вредоносности* использованы "Методические указания по оценке вредоносности комплекса вредных организмов при помощи путевого регрессионного анализа" (Зубков, 1981) по авторским алгоритмам расчетов. Применены дисперсионный, корреляционный, регрессионный и детерминационный анализы. Расчеты велись в программе Statistica.

### **Глава 3. БИОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОЭКОСИСТЕМ КАМЕННОЙ СТЕПИ**

#### **3.1 Состав и структура биоценокомплексов**

##### **3.1.1 Культурные растения**

Для Каменной Степи характерно большое разнообразие возделываемых культур, среди которых имеются озимые зерновые (пшеница, тритикале, рожь), ранние (горох, яровые пшеница, ячмень, тритикале, овес) и поздние яровые (подсолнечник, сахарная свекла, кукуруза, просо, гречиха, соя). При этом в Каменной Степи имеются все необходимые условия для получения высоких урожаев этих культур даже в отсутствие защитных мероприятий. Гораздо большее значение здесь имеют погодные условия, а именно влагообеспеченность вегетационного периода.

Наиболее урожайными культурами в среднем за годы исследований оказались озимые зерновые (рожь – 51.7 ц/га, тритикале – 45.1 ц/га, пшеница – 43.7 ц/га), существенно им уступали яровые зерновые (ячмень – 30.2 ц/га, пшеница – 24.2 ц/га, тритикале – 21 ц/га). Далее в порядке убывания культуры распределились следующим образом: просо (22.6 ц/га), горох (16.6 ц/га), соя (13.6 ц/га), гречиха (7.5 ц/га). У кукурузы вес сырой зеленой массы составил 260 ц/га.

##### **3.1.2 Сорная растительность**

В агроценозах на стационаре Воронежского НИИСХ им. В.В.Докучаева выявлено 70 видов сорных растений, принадлежащих 24 семействам. Посевы озимых зерновых отличались большим видовым богатством сеgetалов – 60, в то время как на яровых зерновых их насчитывалось 40, на горохе – 35, а на поздних яровых культурах – 30 видов.

Общий состав сорных растений характерен для всех агроценозов (коэффициент Сьеренсена 0.68), каждой изученной севооборотной экосистемы и для всей территории стационара. Общность по удельному обилию растений-сеgetалов проявилась среди озимых и яровых зерновых культур (коэффициент Шорыгина 51.2 и 73.8), в сопоставлении их с другими агроценозами они статистически достоверно различались.

Для озимых зерновых культур выявлено сходство в видовой и количественной структуре засоренности, преобладают две группы – яровые ранние и зимующие сорняки (таблица 1). Такое же сходство можно отметить и для яровых зерновых культур, где доминируют яровые ранние и поздние сорняки. В посевах гороха и поздних яровых культур засоренность в основном представлена яровыми поздними сорными растениями.

Для большинства полей Каменной Степи характерна засоренность малолетними сорняками, что подтверждается малым (менее 10%) долевым участием

многолетних видов. Другая особенность местных агроценозов – это относительно невысокая степень их засоренности. По данным 2001-2004 годов средняя плотность сорных растений в посевах составляла 250 экз./м<sup>2</sup>, что в 2.6 раза меньше по сравнению с 2005-2008 годами, когда наблюдались отклонения в технологии возделывания культур, сокращение объема и параметров обработки почвы. В среднем за весь период исследований видовое и численное обилие сорняков на полях озимых зерновых культур составили 7 видов и 232 экз./м<sup>2</sup>, яровых зерновых – 8 и 643, гороха – 8 и 661, кукурузы – 7 и 100, проса – 6 и 353, гречихи – 7 и 679, сои – 8 и 802.

Таблица 1 – Структура засоренности агроценозов Каменной Степи (2001-2008 гг.)

| Агроценозы       | Биологические группы сорных растений |                 |               |                |           |
|------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------|
|                  | многолетние виды                     | малолетние виды |               |                |           |
|                  |                                      | зимующие        | яровые ранние | яровые поздние | двулетние |
| Озимая пшеница   | 6.6                                  | 41.0            | 32.8          | 8.2            | 11.5      |
|                  | 1.9                                  | 32.3            | 50.3          | 6.8            | 8.6       |
| Озимая тритикале | 17.0                                 | 22.6            | 43.4          | 5.7            | 11.3      |
|                  | 9.8                                  | 19.1            | 58.9          | 3.8            | 8.6       |
| Озимая рожь      | 14.3                                 | 34.3            | 37.1          | 2.9            | 11.4      |
|                  | 5.3                                  | 39.4            | 37.4          | 5.0            | 12.9      |
| Яровая пшеница   | 17.9                                 | 23.2            | 28.6          | 26.8           | 3.6       |
|                  | 11.7                                 | 13.4            | 13.5          | 60.5           | 0.8       |
| Яровая тритикале | 15.6                                 | 29.9            | 29.9          | 22.1           | 2.6       |
|                  | 9.9                                  | 12.7            | 6.5           | 70.7           | 0.2       |
| Ячмень           | 14.9                                 | 17.6            | 27.0          | 35.1           | 5.4       |
|                  | 3.8                                  | 9.5             | 9.3           | 76.4           | 0.9       |
| Горох            | 11.4                                 | 11.4            | 30.0          | 40.0           | 7.1       |
|                  | 2.4                                  | 2.8             | 10.5          | 82.0           | 2.3       |
| Кукуруза         | 17.7                                 | 10.3            | 16.2          | 51.5           | 4.4       |
|                  | 10.0                                 | 2.0             | 3.0           | 84.7           | 0.4       |
| Просо            | 21.1                                 | 16.9            | 21.1          | 35.2           | 5.6       |
|                  | 10.3                                 | 7.9             | 7.1           | 73.1           | 1.7       |
| Гречиха          | 18.9                                 | 5.7             | 32.1          | 37.7           | 5.7       |
|                  | 7.1                                  | 0.9             | 12.5          | 78.0           | 1.5       |
| Соя              | 31.7                                 | 11.1            | 12.7          | 36.5           | 7.9       |
|                  | 6.3                                  | 2.6             | 7.8           | 81.4           | 1.9       |

Для каждой культуры: в числителе (1 строка) – доля от общего количества видов/м<sup>2</sup>, %  
в знаменателе (2 строка) – доля от общего количества экз./м<sup>2</sup>, %

Доля сорных растений в общей фитомассе снопа на момент уборки урожая характеризует условия произрастания, складывающиеся для сорняков в агроценозах. Наихудшие они в посевах озимых зерновых культур (9.6%), ячменя (9.6%) и кукурузы (12.9%), а наилучшие – в посевах гороха (40.3%), сои (37.7%) и проса (30.4%). Промежуточное положение занимают яровые зерновые культуры (22%) и гречиха (25.7%). Фитомасса сорных растений, формирующаяся в агроценозах за период вегетации, возрастает от озимых зерновых

культур ( $193 \text{ г/м}^2$ ) к ранним яровым культурам ( $358 \text{ г/м}^2$ ) и еще большее ее значение отмечено на поздних яровых культурах ( $421 \text{ г/м}^2$ ).

Массовые (коэффициент обилия  $>1$ ) виды сорных растений в Каменной Степи – щирица запрокинутая, ежовник обыкновенный, щетинник сизый, марь белая, подмаренник цепкий, фиалка полевая, гречишка вьюнковая, дрема белая, осот полевой. Виды, имеющие среднее обилие (коэффициент обилия от 0.1 до 1), – дымянкa аптечная, ярутка полевая, горчица полевая, горец шероховатый, чистец однолетний, пикульник ладанниковый, вьюнок полевой, бодяк щетинистый. Большинству видов свойственна низкая численность (коэффициент обилия  $<0.1$ ).

### 3.1.3 Членистоногие

Проведенные исследования выявили на полях Каменной Степи 856 видов членистоногих, в том числе насекомых – 89% и пауков – 11%. Первые представлены 13 отрядами и 136 семействами, вторые – 14 семействами. Наибольшее количество видов зафиксировано в агробиоценозе озимых зерновых культур – 568 видов, немного меньше в посевах яровых зерновых – 485 видов. Ценозы других культур характеризовались меньшим видовым богатством членистоногих: горох – 345, просо – 352, соя – 347, гречиха – 300, кукуруза – 208 видов.

Достаточно высокое (на уровне 67%) сходство видов членистоногих можно отметить для всех агроценозов Каменной Степи, а значит и для всей территории стационара. По удельному обилию насекомых обозначилась высокая общность как среди озимых зерновых (84%), так и среди яровых зерновых культур (76%), на фоне меньшей общности между ними (62%) и значимых различий в сравнении с другими агроценозами (33%). Это указывает на то, что в посевах каждой культуры формируется присущий ей комплекс членистоногих, схожим он является для озимых зерновых и яровых зерновых культур.

Согласно нашим данным сложилась вполне устойчивая видовая структура комплекса членистоногих полевого выдела агроландшафта Каменной Степи. Наиболее высокое видовое разнообразие членистоногих отмечено в посевах сои и кукурузы, наименьшее – в посевах гороха, в целом характеризуется значением индекса Шеннона, равным 2.73. Практически все агроценозы имеют выравненную видовую структуру с размахом значений индекса Пielу от 0.35 до 0.47. Только в биоценозе гороха просматриваются слабая выравненность видов (0.14) и высокое доминирование отдельных из них (индекс Симпсона 0.76).

Видовой состав членистоногих в агроценозах Каменной Степи в основном представлен хищниками и паразитами, на долю которых приходится в среднем 45% видов. Второе место по количеству регистрируемых видов отводится насекомым, чье присутствие в агроценозах обусловлено наличием сорной растительности (25%), третье – насекомым, повреждающим культуру (12%), четвертое – полифагам (11%). Случайные посетители ценозов представлены наименьшим числом видов – их доля составляет 2%.

В стеблестое по количеству видов преобладала группа насекомых, повреждающих возделываемую культуру (36%), не сильно им уступали энтомофаги (30%), более значительно насекомые, связанные с сорняками (20%). Ме-

нее 10% составляла доля полифагов, сапрофагов, детритофагов, некрофагов, микофагов и случайных мигрантов (таблица 2). По количеству особей в травостое посевов озимых и яровых зерновых культур, гороха, проса фитофаги культурных растений доминировали над остальными членистоногими. Здесь на их долю приходилось 88.1, 86.1, 93.4, 78.6%. Второе место по удельному весу отводится паразитам и хищникам, третье – насекомым, связанным с сорными растениями. Количественная структура членистоногих посевов гречихи и сои отлична от других агроценозов доминированием в травостое насекомых, связанных с сорняками (84 и 54%). По своему доленому участию виды хищников и паразитов превосходили специализированных фитофагов культуры и полифагов, на которых суммарно приходилось всего 9.3 и 19.3%.

Таблица 2 – Структура комплекса членистоногих в ярусе травостоя агроценозов Каменной Степи (2004-2008 гг.)

| Агроценозы       | Группы членистоногих |                                  |                                           |                    |                                             |                    |
|------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------|
|                  | Полифаги             | Насекомые, повреждающие культуру | Насекомые, связанные с сорными растениями | Хищники и паразиты | Сапрофаги, детритофаги, некрофаги, микофаги | Случайные мигранты |
| Озимая пшеница   | 9.4                  | 41.9                             | 13.1                                      | 33                 | 2.1                                         | 0.5                |
|                  | 1.6                  | 87.6                             | 2.7                                       | 7.8                | 0.3                                         | 0.1                |
| Озимая тритикале | 6.7                  | 48.5                             | 9.7                                       | 32.8               | 1.5                                         | 0.7                |
|                  | 1.2                  | 88                               | 1.9                                       | 8.6                | 0.3                                         | 0.1                |
| Озимая рожь      | 3.7                  | 56.5                             | 8.3                                       | 26.8               | 4.6                                         | 0.3                |
|                  | 0.6                  | 91.6                             | 1.4                                       | 5.0                | 1.3                                         | 0.1                |
| Яровая пшеница   | 6.6                  | 51.6                             | 11.0                                      | 29.1               | 1.6                                         | 0.1                |
|                  | 1.2                  | 86.8                             | 6.0                                       | 5.8                | 0.2                                         | 0.01               |
| Яровая тритикале | 7.4                  | 49.4                             | 13.0                                      | 28.4               | 1.8                                         | 0.1                |
|                  | 1.3                  | 82.4                             | 8.9                                       | 7.2                | 0.2                                         | 0.01               |
| Ячмень           | 9.0                  | 46.7                             | 11.8                                      | 27.8               | 4.2                                         | 0.5                |
|                  | 1.4                  | 89.7                             | 2.2                                       | 6.0                | 0.7                                         | 0.1                |
| Горох            | 13.5                 | 25.2                             | 30.7                                      | 27.0               | 3.1                                         | 0.6                |
|                  | 0.8                  | 93.4                             | 3.2                                       | 2.3                | 0.2                                         | 0.02               |
| Кукуруза         | 10.6                 | 34.5                             | 21.2                                      | 27.4               | 6.2                                         | 0.1                |
|                  | 4.2                  | 39.3                             | 42.7                                      | 11.0               | 2.7                                         | 0.02               |
| Просо            | 8.5                  | 32.8                             | 16.9                                      | 38.6               | 3.2                                         | 0.1                |
|                  | 2.2                  | 79.1                             | 5.3                                       | 12.8               | 0.6                                         | 0.01               |
| Гречиха          | 12.8                 | 8.0                              | 43.3                                      | 32.1               | 2.7                                         | 1.1                |
|                  | 4.8                  | 4.5                              | 84.3                                      | 5.9                | 0.4                                         | 0.04               |
| Соя              | 12.6                 | 6.5                              | 42.7                                      | 34.2               | 3.5                                         | 0.5                |
|                  | 7.9                  | 11.6                             | 54.3                                      | 24.1               | 2                                           | 0.1                |

Для каждой культуры: в числителе (1 строка) – доля от общего количества видов/10 взм., % в знаменателе (2 строка) – доля от общего количества экз./10 взм., %

В ярусе травостоя членистоногие представлены разнообразным видовым и обильным численным составом. Усредненное количество видов и экземпляров в агробиоценозе озимых зерновых составило 15 видов и 127 экз./10 взм., яровых зерновых культур – 19 и 191, гороха – 16 и 517, кукурузы – 12 и 49, проса – 19 и 188, гречихи – 19 и 229, сои – 20 и 81.

Среди **полифагов** отмечено сильное повреждение кукурузы (80.3%) и проса (25.1%) стеблевым мотыльком вследствие массового размножения насекомого, пришедшегося на годы исследований. Значительному увеличению зимующего запаса этого вредителя способствовал периодический отказ от зяблевой вспашки, некачественное ее проведение или замена на поверхностные обработки почвы. В 2006 году осенью озимой соевой уничтожена значительная часть растений озимых зерновых культур, высеянных по пару, где не проводилась своевременная борьба с сорными растениями.

Многоядные совки (люцерновая, капустная, хлопковая) ежегодно питаются на листьях сои (11.1%). Гусеницы люцерновой совки и акациевой огневки питаются содержимым бобов сои (0.4 и 0.2% зерен). Капустная совка и акациевая огневка – обитатели гороховых полей в Каменной Степи (0.2 и 0.01% зерен).

К числу основных **фитофагов зерновых культур** относятся: полосатая хлебная и стеблевые блошки, злаковые мухи, пьявицы, клопы-черепашки, тли, трипсы, хлебный жук-кузька, обыкновенный хлебный пилильщик. Яровые зерновые культуры сильнее повреждаются полосатой хлебной блошкой (47% листьев), стеблевыми блошками и шведской мухой (суммарно 6.2% стеблей), пьявицами (1.6% флаговых листьев). На посевах озимых зерновых культур формируется более высокая численность клопов-черепашек (2 лич./м<sup>2</sup>), тлей (357 экз./м<sup>2</sup>), трипсов (17 экз./колос), жука-кузьки (0.5% зерен) и обыкновенного хлебного пилильщика (2.8% стеблей). К второстепенным фитофагам зерновых следует причислить листового пилильщика, минирующих мух, остроголовых клопов, обыкновенную зерновую совку.

**Фитофаги проса и кукурузы** те же, что и зерновых культур, только повреждают они эти поздние яровые культуры намного слабее (полосатая хлебная блошка – 7.2 и 23.7% листьев, стеблевые блошки – 0.5 и 0.4% стеблей, шведская муха – 0 и 0.2% листьев, минирующие мухи – 0.07 и 0.03% листьев, пьявицы и листовой пилильщик – 0.01 и 0.01% листьев). На просе питается один специализированный вредитель – просяной комарик (1.9% зерен).

Основные **фитофаги гороха** – это клубеньковые долгоносики (89.7% листьев), гороховая тля (24.7% стеблей), гороховая зерновка (29.4% зерен), гороховая плодоярка (11% зерен), пятиточечный долгоносик (13% зерен).

**Фитофаги гречихи**, питающиеся на начальных фазах развития – обыкновенная свекловичная блошка (10% листьев), на более поздних – моль *Augasma aeratella* Zett. (4.4% листьев). **К фитофагам сои** кроме многоядных видов относятся клубеньковые долгоносики (6.2% листьев).

**Насекомые, связанные с сорными растениями**, имеют заметное видовое сходство (57%) между агроценозами, обусловленное произрастанием на полях одних и тех же видов сегеталов. Самыми многочисленными по числу видов

оказались группировки насекомых, трофически связанных со сложноцветными (50 видов), злаковыми (43 видов), бобовыми (35 видов), крестоцветными (21 вид) сорняками. Именно они широко представлены во всех агроценозах. В посевах озимых зерновых наиболее многочисленными были фитофаги крестоцветных (29.5% особей), в посевах яровых зерновых, кукурузы, проса и гречихи – насекомые, питающиеся на сложноцветных (63.7, 46.6, 45.4, 69.6%), на горохе и сое преимущество было за фитофагами злаковых (69.2, 56.1%). В целом на эту группу членистоногих в ярусе травостоя изучаемых агроценозов приходилось 20% видов и 19% особей.

**Хищники и паразиты** в агроценозах в среднем составляют 30% от всех обнаруженных в травостое видов членистоногих и 9% их обилия. Комплекс энтомофагов, формирующийся в агроценозах, на 68% представлен общими видами. Наибольшим числом видов на полях представлены пауки, паразитические перепончатокрылые, афидофаги и жужелицы, доля которых составляет 28, 19, 14, 11% от общего состава видов хищников и паразитов.

В травостое на посевах явно доминируют афидофаги, на которых приходится 42.3% обилия всех энтомофагов, в большом числе присутствуют паразитические перепончатокрылые – 21.2%, многочисленны также пауки (11%), хищные мухи (13.8%) и хищные клопы (9.6%). Малашки, мягкотелки, паразитические мухи составляют не более 5% встречающихся в стеблестое энтомофагов.

Насекомые, являющиеся **сапрофагами, детритофагами, микофагами, некрофагами** малочисленны в агроценозах Каменной Степи по количеству встречающихся видов и особей. Еще меньше видов насекомых, отнесенных к группе **случайных мигрантов**, чье присутствие на полях ограничено коротким отрезком времени.

К массовым видам, чей жизненный цикл связан с ярусом травостоя относятся: злаковые тли (большая злаковая, обыкновенная злаковая, черемухово-злаковая) и трипсы (пшеничный, пустоцветный), гороховая тля, осотовая тля, полосатая хлебная блошка, полевой, травяной и хлебный клопики. К видам со средним обилием в стеблестое посевов полевых культур относятся: клоп вредная черепашка, гороховый трипс, обыкновенная свекловичная блошка, полосатый клубеньковый долгоносик, свекловичная тля, мухи *Oscinella* spp., *Thaumatomyia* spp., *Platypalpus* spp., *Lasiosina cinctipes* Mg., цикадки *Psammotettix striatus* L., *Macrostes* spp., *Empoasca* spp., *Javesella* spp., клопы *Orius* spp., блошка *Longitarsus pellucidus* Foudr. Большая часть видов являются редкими.

### 3.1.4 Болезни растений

Перечень возбудителей заболеваний культурных и сорных растений, обнаруженных в агроценозах Каменной Степи, состоит из 54 видов.

На долю возбудителей, поражающих корневую систему культурных растений, приходится большая часть выявленных видов в посевах зерновых культур (таблица 3). Долевое участие листостеблевых инфекций больше, чем болезней, затрагивающих репродуктивные органы культурных растений. Примерно такое же соотношение между возбудителями в ценозе горохового поля, иным оно предстает в других агроценозах.

Таблица 3 – Структура фитопатогенного комплекса в агроценозах Каменной Степи (2001-2008 гг.)

| Агроценозы       | Группы болезней     |                     |                       |                     |                       |
|------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|                  | Культурные растения |                     |                       | Сорные растения     |                       |
|                  | корневая система    | листо-<br>стеблевые | репродуктивные органы | листо-<br>стеблевые | репродуктивные органы |
| Озимая пшеница   | 74.1                | 23.7                | 1.5                   | 0.7                 | 0.0                   |
|                  | 89.2                | 9.9                 | 0.5                   | 0.3                 | 0.0                   |
| Озимая тритикале | 74.6                | 23.1                | 1.5                   | 0.7                 | 0.0                   |
|                  | 95.5                | 4.1                 | 0.4                   | 0.1                 | 0.0                   |
| Озимая рожь      | 71.4                | 21.4                | 6.4                   | 0.7                 | 0.0                   |
|                  | 82.2                | 14.3                | 3.5                   | 0.1                 | 0.0                   |
| Яровая пшеница   | 74.3                | 24.5                | 0.2                   | 0.7                 | 0.2                   |
|                  | 46.7                | 52.3                | 0.1                   | 0.7                 | 0.1                   |
| Яровая тритикале | 92.3                | 2.8                 | 0.3                   | 2.8                 | 1.9                   |
|                  | 89.5                | 1.8                 | 0.1                   | 1.8                 | 7.6                   |
| Ячмень           | 86.6                | 12.1                | 0.3                   | 0.9                 | 0.1                   |
|                  | 86.4                | 11.1                | 0.5                   | 2.0                 | 0.0                   |
| Горох            | 77.4                | 20.6                | 0.6                   | 1.3                 | 0.0                   |
|                  | 33.9                | 65.4                | 0.2                   | 0.5                 | 0.0                   |
| Кукуруза         | 0.0                 | 0.0                 | 50.0                  | 21.4                | 28.6                  |
|                  | 0.0                 | 0.0                 | 73.7                  | 8.8                 | 17.5                  |
| Просо            | 10.6                | 42.5                | 10.6                  | 31.9                | 4.2                   |
|                  | 72.5                | 5.0                 | 13.8                  | 5.0                 | 3.8                   |
| Гречиха          | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                   | 96.8                | 3.2                   |
|                  | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                   | 62.5                | 37.5                  |
| Соя              | 84.7                | 9.9                 | 1.1                   | 4.2                 | 0.0                   |
|                  | 67.0                | 31.7                | 0.4                   | 0.9                 | 0.0                   |

Для каждой культуры: в числителе (1 строка) – доля от общего количества видов/м<sup>2</sup>, %  
в знаменателе (2 строка) – доля от общего развитие болезней, %.

На сорные растения приходится менее 1% фитопатогенов от общего развития болезней, выявленных в посевах озимых зерновых культур и гороха в Каменной Степи. На полях яровых зерновых культур долевое участие фитопатогенов сорных растений возрастает до 4%, а в посевах поздних яровых культур достигает 50%.

За годы исследований болезни культурных растений, за исключением корневых гнилей (озимые – 21.2% развития, яровые – 15.2%, горох – 14.5%, соя – 7.1%), получили слабое развитие. В посевах зерновых культур оно составило на 1 подфлаговом листе для мучнистой росы, септориоза и бурой листовой ржавчины – 0.5, 0.6, 0.4% (озимые) и 0.9, 2.3, 6.7% (яровые), карликовой ржавчины, темно-бурой и сетчатой пятнистостей на ячмене – 0.1, 0.6 и 1.2%. Стеблевая ржавчина имела развитие на уровне 2.8% на озимых зерновых и 3% – на яровых. На горохе отмечалось слабое развитие мучнистой росы (0.1%), на просе – бактериальной пятнистости (0.4%). Озимая пшеница слабо поражалась твердой головней (0.1% стеблей), ячмень – пыльной (0.2% стеб-



лей), озимые рожь и тритикале – спорыньей (0.9 и 0.1% зерен), горох и соя – серой гнилью (0.1% зерен). Сильнее проявлялся аскохитоз на горохе (28% развития), обыкновенная головня на просе (1.1% стеблей) и пузырчатая головня на кукурузе (4.2% початков).

Слабая степень поражения болезнями характерна для сорных растений.

Бодяк щетинистый и осот полевой сильнее поражаются ржавчинными болезнями, а вьюнок полевой септориозом в посевах ранних (0.3% развития) и поздних (0.4% развития) яровых культур, где эти сорняки достигают лучшего развития. Головня на щетиннике сизом редко встречается в ценозах ранних яровых культур (пшеница – 0.03%, ячмень и горох – 0.01%), чаще на полях поздних яровых культур (кукуруза – 0.04%, просо – 0.24%, гречиха – 0.33%). Пораженные растения ежовника обыкновенного пузырчатой головней отмечены только на полях проса (0.05%) и кукурузы (1%), а также в посевах ранних яровых культур, высеваемых позднее оптимальных сроков (ячмень – 0.02%, горох – 0.08%), где также увеличивалась пораженность головней щетинника сизого (ячмень – 0.51%, горох – 0.10%).

### **3.1.5 Мышевидные грызуны**

Для мышевидных грызунов характерна высокая частота подъемов численности на территории Каменной Степи и редкие случаи сильного повреждения посевов. В годы массового размножения они заселяют поля озимых еще с осени, что при благополучной перезимовке приводит к сильному (10% и более) повреждению растений в посеве на следующий год. При заселении агроценозов в летний период после увеличения численности популяции в естественных стациях обитания мышевидными грызунами больший ущерб наносится посевам яровых зерновых культур (2-5% стеблей), которые по сравнению с озимыми находятся на более ранних стадиях развития. Наименее привлекательны для мышевидных грызунов поздние яровые культуры и горох.

Количество уничтоженных сорняков в агроценозах колеблется от 0.02 до 0.19%, но на отдельных полях таковые отсутствуют. Сорные растения чаще поедаются мышевидными грызунами на полях, занятых поздними яровыми культурами (0.09%), реже – в посевах озимых зерновых (0.02%), промежуточное положение занимают ранние яровые культуры (0.06%).

### **3.2 Формирование биоценокомплексов по фазам развития культурных растений и по годам**

Ежегодно в посевах с.-х. культур встречается однотипный состав сорных растений, что подтверждается высокими коэффициентами Сьеренсена (0.65-0.79 в зависимости от культуры). Между годами общность удельного обилия сорных растений в агроценозах низкая, что свидетельствует о непостоянстве обилия преобладающих видов сеgetалов во времени. Сложнее всего спрогнозировать ситуацию на озимых зерновых культурах, где общность удельного обилия сорных растений по годам наименьшая (коэффициент Шорыгина 29.9%).

Качественный и количественный состав сорной растительности в агроценозах в сильной степени зависит от погодных условий. Недостаток в тепле и

осадках в период осенней вегетации озимых зерновых приводит к тому, что может отсутствовать целый ряд обычных для посевов этих культур зимующих видов сорных растений. В этом случае процентное соотношение по видам и обилию будет сдвигаться в пользу яровых сеgetалов, а общая засоренность посевов окажется значительно меньшей.

Положение с сорной растительностью значительно осложняется в условиях плохой перезимовки озимых, приводящей к редкому по густоте стеблестоя. Такие посевы сильно засоряются яровыми ранними сорняками, занимающими все свободное от культуры пространство и достигающими тем самым высокого обилия. В посеве озимой пшеницы 2006 г., когда в начале выхода растений в трубку насчитывалось всего 430 стеблей/м<sup>2</sup> (при среднем значении за 8 лет – 905 стеблей/м<sup>2</sup>) численность сорных растений составила 1661 экз./м<sup>2</sup> и из них на яровые ранние приходилось 72.1%.

Засоренность посевов ранних яровых культур определяется погодными условиями весеннего периода. Чем раньше воздух прогревается до 15-17°C, тем выше оказывается засоренность посева поздними яровыми сорняками и тем лучше складываются условия для их дальнейшего развития.

Видовое обилие и уровень засоренности поздних яровых культур зависит от суммы осадков за период со второй декады мая - по вторую декаду июня. Дефицит влаги в этот период значительно ограничивает видовой состав и численность присутствующих в посеве сорняков. Такая ситуация наблюдалась в 2007 году, видовое обилие и численность сорных растений сократилась в 1.9 и 5.1 раза на просе, в 2 и 7 раз на гречихе, в 1.8 и 7 раз на сое, составив 3-4 видов/м<sup>2</sup> и 70-100 экз./м<sup>2</sup>.

Сезонная динамика видового и численного обилия сорных растений в Каменной Степи проявляется таким образом, что количество видов и экземпляров возрастает в первой половине вегетации и снижается во второй за счет сеgetалов, созревающих раньше культуры. В посевах озимых зерновых сорная растительность практически в полном составе представлена в фазу выхода в трубку. В посевах яровых зерновых и проса полнота всходов сорняков достигается в фазу кушения, на горохе – при наличии у культурных растений 5-6 листьев, кукурузе – 4-6 листьев, гречихе и сое – в фазу 2-4 настоящих листьев. Это оптимальные периоды проведения защитных мероприятий, когда можно добиться уничтожения большей части сорняков на поле до того, как они нанесут существенный вред культуре.

Комплекс членистоногих в агроценозах Каменной Степи характеризуется устойчивым во времени составом, т.е. в разные годы и в течение вегетации культур он представлен во многом одними и теми же видами. На это указывают коэффициенты Сьеренсена, в зависимости от культуры равные 0.56-0.64. При этом определенный комплекс членистоногих приурочен к определенной фазе развития культурных растений, что нашло подтверждение достаточно высокими значениями коэффициентов Сьеренсена и Шорыгина в разные годы наблюдений. Структура комплекса членистоногих обитателей яруса травостоя претерпевает изменения по годам и фазам развития культурных растений, поскольку изменчиво относительное обилие видов, она не всегда устойчива.

В посевах озимых зерновых наибольшее количество видов членистоногих в стеблестое наблюдается в фазу молочной спелости, яровых зерновых – в фазы молочной – молочно-восковой спелости, гороха и гречихи – в период созревания, проса – в фазу выметывания, сои – в фазу налива зерна. Для гречихи и сои совпадали периоды максимума по видовому и численному обилию членистоногих обитателей стеблестоя этих культур. В стеблестое озимых зерновых наблюдается два пика численности членистоногих, приходящиеся на фазу колошения и на фазу молочной спелости. В первом случае это результат максимального насыщения посевов взрослыми особями трипсов (83% от всех членистоногих), а во втором – личинками трипсов (55%) и тлями (27%). На полях яровых пшеницы и тритикале рост численности насекомых достигает вершины в фазу налива зерна, когда фиксируется максимум присутствия тлей (67%). Первый пик в обилии членистоногих в ценозе ячменя обусловлен максимальным насыщением его посевов имаго трипсов (64%), а второй, спустя две фазы, – тлями (44%). В фазу налива зерна отмечается наибольшая численность всех членистоногих, и в частности гороховой тли (92%) в посеве гороха. В посеве проса максимальное наличие членистоногих приходится на фазу цветения, когда основную долю обнаруженных особей составляют трипсы (73%).

Многолетняя динамика поражения листовыми болезнями указывает на то, что на посевах зерновых культур обычно имеет место смешанная инфекция, представленная мучнистой росой, септориозом и бурой ржавчиной. Однако часто преимущество в развитии имеет один из патогенов, для которого складываются наиболее благоприятные условия. Негативным образом на развитии листостеблевых болезней сказываются засушливые погодные условия в мае для озимых (фазы выхода в трубку, стебление, колошение), со второй половины мая по вторую половину июня для яровых (те же фазы). Яркий тому пример 2003 и 2007 годы, когда листостеблевые болезни практически не получили развития в посевах зерновых. Эпифитотия бурой листовой и стеблевой ржавчин наблюдалась в 2005 году на яровой пшенице. Уже в фазу налива зерна развитие бурой ржавчины на флаговом листе достигло 70%, в фазу восковой спелости развитие стеблевой ржавчины составило 27.2%.

### 3.3 Биоценоотические связи

В биоценоотическом комплексе существуют сложные взаимодействия между видами. С одной стороны, это затрудняет принятие решений о проведении защитных мероприятий, с другой – позволяет целенаправленно влиять не только на целевой объект борьбы, но и на другие взаимосвязанные с ним вредные виды. Однако оценка связей показала, что, исходя из низких коэффициентов множественной регрессии, влияние видов друг на друга на фоне других природных и антропогенных факторов оказывается не столь сильным и не превышает 25% изменения их количественных показателей. Этим в значительной мере подтверждается устойчивость биоценоотического комплекса на возделываемых полях, который слабо изменяется вследствие взаимоотношений видов внутри него.

### 3.4 Пространственно-временное размещение биоты

Наши исследования продемонстрировали, что все севооборотные агроэкосистемы на стационаре в Каменной Степи взаимосвязаны друг с другом, что подтверждается высоким сходством видового состава биоты, миграционными потоками членистоногих, переносом семян сорных растений и возбудителей болезней в течение вегетационного периода, что позволяет рассматривать возделываемые поля стационара как единое экосистемное и фитосанитарное пространство. При этом каждому агроценозу в функционировании севооборотных агроэкосистем свойственна определенная роль в определенный момент вегетационного периода.

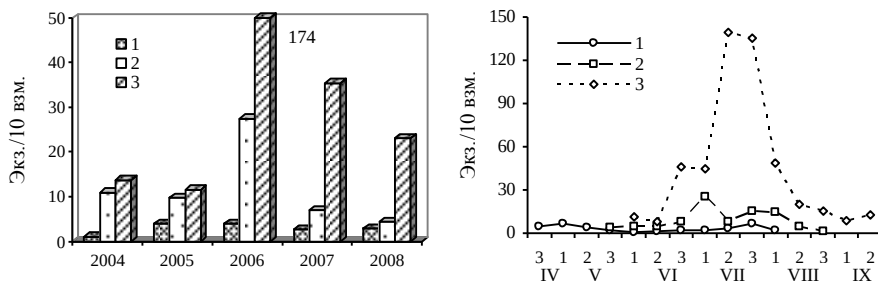
В весенний период важная роль принадлежит посевам озимых зерновых культур. В отсутствие других культур именно на озимые в массе устремляются растительноядные насекомые, за которыми в поисках пищи мигрируют хищники и паразиты.

В первую половину лета наибольшими числом видов и численностью членистоногих характеризуются посевы ранних яровых культур, среди которых большое значение для стационара имеет горох. Во-первых, посевы гороха, в которых обычно велика численность сорных растений, характеризуются в 2.3 раза большим видовым и в 2.2 раза численным обилием фитофагов сорняков, чем яровые зерновые культуры. Во-вторых, горох, в посевах которого высокой численностью представлена гороховая тля, важен как кормовая база для накопления и размножения энтомофагов. Поэтому ценоз гороха важное звено в поддержании баланса численности полезной биоты в севооборотной агроэкосистеме.

В позднелетний и раннеосенний период важную функцию в севооборотных агроэкосистемах стационара выполняют посевы поздних яровых культур. По сравнению с озимыми зерновыми и яровыми ранними культурами, поздние яровые оказываются более насыщенными насекомыми, чье присутствие в агроценозах обусловлено произрастающей сорной растительностью. Видовой и численный состав этой группы насекомых возрастает от озимых зерновых (2 вида и 3 экз./10 взм.) к ранним яровым (3 вида и 12 экз./10 взм.) и еще более на поздних яровых культурах (7 видов и 52 экз./10 взм.). Эта закономерность наблюдалась ежегодно, и она вполне согласуется с сезонной динамикой численности фитофагов сорняков (рисунки 1-2). Их обилие на озимых зерновых культурах определяет численный состав на ранних яровых культурах, а затем и на поздних яровых. И если в посевах озимых зерновых и ранних яровых культур эта группа насекомых служит дополнительной пищей для энтомофагов, то на поздних яровых культурах она выступает в качестве основного источника питания.

Динамика численности энтомофагов в течение вегетационного периода в Каменной Степи проявляется таким образом, что плотность популяции полезных видов постепенно увеличивается от весны к лету, от озимых зерновых культур к ранним яровым, максимума достигает в августе и сентябре на поздних яровых культурах (рисунок 3). Происходит это благодаря активному пере-

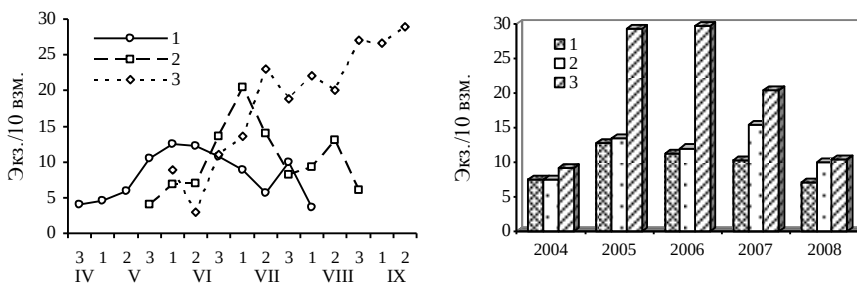
мещению энтомофагов в пределах севооборотных агроэкосистем, обусловленному их высокой потребностью в пище. Таким образом, обилие энтомофагов на полях поздних яровых культур зависит от их численности на ранних яровых и озимых зерновых культурах.



Рисунки 1 и 2 – Многолетняя и сезонная динамика численности насекомых, связанных с сорными растениями, в агроэкосистемах Каменной Степи (2004-2008 гг.)

1 – озимые зерновые, 2 – ранние яровые, 3 – поздние яровые

Выявленная закономерность в сезонной динамике численности энтомофагов на полях в Каменной Степи нашла свое ежегодное подтверждение (рисунки 3 и 4). Прирост численности полезных видов составлял от озимых зерновых к ранним яровым 1.1-1.5 раза, от ранних яровых к поздним яровым – 1.1-2.5 раза, а в целом за вегетационный период – в 1.9 раза. При этом плотность энтомофагов, фиксируемая на следующий год в стеблестое озимых зерновых, почти всегда оказывается меньше той, какая была на полях под поздними яровыми культурами в прошлом году. Такое снижение численности хищников и паразитов за осенне-зимний период колебалось в пределах 2.6-2.9 раза.



Рисунки 3 и 4 – Сезонная и многолетняя динамика численности энтомофагов в агроэкосистемах Каменной Степи (2004-2008 гг.)

1 – озимые зерновые, 2 – ранние яровые, 3 – поздние яровые

Учитывая выявленную преемственность агроценозов в течение вегетационного периода, нарушение биоценогического равновесия во всей севооборотной агроэкосистеме может быть следствием защитных обработок, прове-

денных на культурах с опережающим развитием. Чем раньше по срокам в течение весенне-летней вегетации культур оказывается подобное воздействие на агроэкосистемы, тем сильнее оно скажется на дальнейшем их функционировании. Поэтому применение средств защиты растений на озимых зерновых культурах должно быть обосновано с позиций последующего их влияния на фитосанитарную обстановку в посевах ранних и поздних яровых культур.

#### **Глава 4. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР ФИТОСАНИТАРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ КАМЕННОЙ СТЕПИ**

Адаптивно-ландшафтная система земледелия, практиковавшаяся в период исследований на полях Воронежского НИИСХ им. В.В.Докучаева, ориентирована на использование земли таким образом, чтобы на фоне получения стабильных урожаев обеспечивалась устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия. При этом, как и любая система земледелия, она включает ряд взаимосвязанных элементов, которые продолжают совершенствоваться. Нами проведен анализ основных элементов системы земледелия Воронежской области и их роли в обеспечении фитосанитарной устойчивости местных агроэкосистем.

##### **4.1 Севооборот**

На стационаре в Каменной Степи соблюдалось научно-обоснованное чередование культур во времени и пространстве. Его основу составили три севооборота – отдела агрохимии (5-польный), селекционный (9-польный), противоэрозийный (8-польный), а также семеноводческие посевы. Таким образом, предпочтение отдавалось севооборотам со средней и длинной ротацией, за счет чего поддерживалось большое разнообразие возделываемых культур.

На основе данных, полученных по 5-польному севообороту отдела агрохимии, изучаемого на протяжении всего периода ротации культур, допустимо сделать заключение, что в пределах севооборотной площади формируется единая целостная агроэкосистема с очень разнообразным и схожим для всех полей видовым составом сорных растений, членистоногих и фитопатогенов. За счет разнообразия возделываемых культур, среди которых есть озимые, ранние и поздние яровые, на территории севооборота сохраняется постоянный состав биоты. Из года в год севооборотная агроэкосистема формируется и функционирует однотипно. Наиболее интенсивно это происходит в июне и июле, когда все поля заняты культурами.

Севооборотные экосистемы представляют собой целостные устойчивые в пространстве и времени биосистемы, функционирующие в условиях местных природных факторов и добавочных антропогенных воздействий (обработка почвы, посев, выбор сортов, удобрения). За счет севооборота на невысоком уровне поддерживается постоянная плотность сорных растений, членистоногих и возбудителей болезней.

В поддержании баланса численности сорной растительности в севооборотной экосистеме определяющим моментом является то, что сорняки на каждом

из полей за период полной ротации культур в посевах одной или нескольких из них обязательно попадают в благоприятные условия для своего развития. Тем самым происходит постоянное пополнение агроэкосистемы всеми видами сорняков в посевах определенных культур на всех полях севооборота. Зимующие и двулетние сорняки в большей численности произрастают и лучшего развития достигают в посевах озимых зерновых культур, яровые ранние – на ранних яровых культурах, многолетние и яровые поздние – на поздних яровых культурах.

Баланс численности членистоногих поддерживается за счет активного перемещения большинства из них. Фитофаги мигрируют на соседние поля вслед за кормовым растением, а энтомофаги в поисках пищи следуют за растительноядными видами. Возбудители болезней сохраняются в почве и на растительных остатках. Запас инфекции в пахотном горизонте создается в те годы, когда на поле размещается культура, на которой развивается возбудитель. Так происходит на каждом поле севооборота. Аэрогенная инфекция распространяется от поля к полю, поражая определенный круг растений-хозяев, среди которых могут быть как культурные, так и сорные растения.

#### **4.2 Устойчивые сорта**

Фитосанитарная устойчивость агроэкосистем Каменной Степи достигается за счет преимущественного возделывания сортов местной селекции, большая часть которых характеризуется групповой устойчивостью к основным фитопатогенам. За счет таких сортов, имеющих в наличии по каждой культуре, во многом успешно решается проблема с болезнями культурных растений. Повысить фитосанитарную устойчивость агроэкосистем можно с помощью сортов, характеризующихся комплексной устойчивостью к болезням и вредителям. Среди возделываемых в Каменной Степи такие имеются. Это сорта яровой пшеницы Воронежская 10 и Воронежская 12, ячменя Таловский 9. Их устойчивость к шведской мухе и стеблевым блошкам определяется интенсивным стартовым ростом растений и ускоренным прохождением начальных этапов развития.

Для Каменной Степи особую значимость представляет выведение сортов проса, устойчивых к стеблевому мотыльку, гороха – к гороховой зерновке, гороховой плодоядке и пятиточечному долгоносику. Согласно нашим данным, менее повреждаемыми и более устойчивыми сортами проса к стеблевому мотыльку оказываются позднеспелые и низкорослые, к гороховой зерновке – раннеспелые и низкорослые, гороховой плодоядке и пятиточечному долгоносику – позднеспелые и высокорослые. Однако, во-первых, устойчивость сортов по отношению к вредным насекомым относительно, на что указывают небольшие различия между более и менее предпочитаемыми образцами, а во-вторых, устойчивые сорта уступают по продуктивности растений и урожайности неустойчивым. Например, широко возделываемый в регионе сорт проса Колоритное 15 оказался наименее повреждаемым по сравнению с другими анализируемыми образцами, но практически всем им уступал по урожайности. Поэтому устойчивые к вредным насекомым сорта имеют ограниченное распространение и проблема с вредителями с их помощью решается только частично.

### 4.3 Обработка почвы

Важным фактором обеспечения фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи стала традиционная обработка почвы, согласно которой в качестве основного мероприятия выступает осенняя зяблевая вспашка. Однако в последние годы наметилась тенденция сокращения объема и параметров обработки почвы. Нам представилась возможность изучить влияние на фитосанитарную обстановку паровых полей, которые не поддерживались в чистом от сорняков состоянии, ситуации, когда не в полном объеме проводились междурядные обработки пропашных культур, а отдельные поля и вовсе выводились из с.-х. оборота.

Паровые поля в отсутствие летних культиваций сильно зарастали сорными растениями, что приводило к росту засоренности посевов озимых зерновых культур (в 5.6 раза) и следующих за ними яровых зерновых (в 3.2 раза) или проса (в 2.8 раза), а также гречихи (в 2.6 раза). Сокращение количества междурядных обработок кукурузы сопровождалось ростом засоренности посевов, который составил 3.6 раза. При этом плотность злаковых сорняков увеличилась в 3 раза, их доля в сообществе сорных растений достигла 86.3%. Растения кукурузы слабее подавляли развитие сорных растений, что нашло отражение в уменьшении фитомассы культурных растений (в 2.4 раза) и увеличении фитомассы сорняков (в 2.5 раза). На полях, временно выведенных из сельскохозяйственного оборота, формировалась высокая численность и разнообразие сорных растений, которые достигали хорошего развития и в полной мере могли реализовать высокую семенную продуктивность. Засоренность близлежащих полей и видовое разнообразие сорных растений на них заметно повышались.

Совокупное влияние бросовых земель, поздних сроков сева ранних яровых культур, сокращения количества междурядных обработок пропашных культур привело к значительному повышению видового и численного состава сорных растений на полях 5-польного севооборота и к резкому снижению урожайности возделываемых культур. Если в период 2001-2003 годов в пределах севооборотной площади насчитывалось 5 видов и 251 экз./м<sup>2</sup>, то в 2004-2006 г. – 8 видов и 598 экз./м<sup>2</sup>. Уровень урожая в 2004-2006 годах снизился в 2.1 раза по сравнению с периодом 2001-2003 годов.

### 4.4 Сроки, способы и нормы высева культур

Большое значение в придании фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи имеет соблюдение технологических элементов возделывания культур.

При длительной задержке с севом (III декада мая) яровые зерновые очень сильно повреждаются шведской мухой (до 20% стеблей), горох – гороховой тлей. Густота сорных растений по сравнению с посевом, произведенным в оптимальные сроки, увеличивается в 1.5 и 1.8 раза, соответственно на яровых зерновых и горохе. Благодаря благоприятным условиям для произрастания, складывающимся для сорных растений в поздних посевах ранних яровых культур, у них формируется надземная фитомасса большая, чем у культурных растений (78% – на яровых зерновых, 61% – на горохе). Отрицательные последствия сдвинутого во времени произрастания ранних яровых культур выра-



жаются в более сильном поражении растений листостеблевыми болезнями, которые проявляются на более ранних фазах развития культурных растений. Более востребованной становится фунгицидная обработка по вегетирующим растениям. При очень поздних сроках посева яровых зерновых культур и гороха отмечается резкое снижение всех структурных элементов урожая. Посевы оказались изреженными и низкоурожайными (ячмень – 4 ц/га, яровая пшеница – 15.4 ц/га, горох – 11.4 ц/га). При этом влияние поздних сроков сева ранних яровых культур распространяется на всю севооборотную агроэкосистему.

#### **4.5 Обеспеченность элементами питания**

Высокая обеспеченность элементами питания почв Каменной Степи с содержанием гумуса на уровне 6-9% также во многом определяет фитосанитарную устойчивость агроэкосистем. Происходит это за счет повышения выносливости культурных растений к деятельности вредных организмов, хотя именно такие растения для их питания оказываются более предпочтительными.

Например, высокое содержание в почве элементов минерального питания положительным образом сказывается на развитии растений проса, за счет чего усиливается их привлекательность для откладки яиц самками стеблевого мотылька. Поэтому достоверно более сильное повреждение стеблей гусеницами наблюдается на вариантах высокого уровня обеспеченности почвы элементами питания, внесения полного минерального удобрения в рекомендованных для региона дозах и применения фосфогипса в качестве мелиоранта. Однако именно на этих вариантах получена более высокая урожайность проса, что связано с лучшей компенсацией растениями повреждений, наносимых стеблевым мотыльком.

### **Глава 5. БИОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФИТОСАНИТАРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ КАМЕННОЙ СТЕПИ**

Фитосанитарная устойчивость агроэкосистем поддерживается не только деятельностью человека, но и сложившимися в процессе эволюции особенностями отношений населяющих агробиоценоз организмов. Большей частью эти отношения направлены на ограничение бесконтрольного размножения любого живого организма и на сохранение равновесия между членами биоценоза. Нами выявлены факторы, характеризующие взаимоотношения культурных растений с сорняками, вредителями и возбудителями болезней и обеспечивающие поддержание фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи.

#### **5.1 Биоценотические факторы, ограничивающие распространение и развитие сорных растений**

Основным фактором, ограничивающим распространение сорных растений на полях, выступают их конкурентные взаимоотношения с культурными растениями, которые сказываются на численности сорняков и их развитии, накоплении ими вегетативной массы и реализации семенной продуктивности. По нашим оценкам снижение густоты и недобор фитомассы сорными растениями под действием культурных растений составил 12 и 30% в среднем по куль-

турам, в том числе 23.2 и 32.2% на озимых зерновых, 8.8 и 29.9% – на ранних яровых, 3.6 и 24.1% – на поздних яровых.

Конкурентоспособность культурных растений, а, следовательно, и влияние на сорную растительность в агроценозах усиливаются под действием внешних удобрений, на высоком уровне обеспеченности почвы элементами питания, в годы с избыточным увлажнением. К примеру, в посеве проса общее снижение фитомассы сорных растений составило соответственно 15.8 и 27.7% для неудобренных и удобренных делянок, 13 и 29.5% – для делянок естественного и высокого содержания в почве элементов питания, 30.8 и 46.3% – для засушливых и влажных годов. Влияние культурных растений на сорняки ослабевает в ситуации длительной задержки с севом. Для ранних яровых культур это означает одновременное появление всходов культурных и большинства видов сорных растений. Коэффициент конкурентоспособности ячменя и гороха позднего срока сева уменьшился в 2 и 1.6 раза, фитомасса сорняков под действием всего сообщества культурных растений снижалась на 16.1 и 22.3%, тогда как при оптимальном сроке сева на 49.3 и 34.5%.

На сильно засоренных полях проявляется еще один фактор, ограничивающий рост и развитие сорных растений. Это конкуренция между самими сорными растениями, вследствие которой фитомасса сорняков снижается на 10%. В посевах озимых зерновых этот фактор имеет меньшее значение – недобор массы сорняков составил 6%, тогда как на ранних и поздних яровых культурах соответственно 7.2 и 18.5%.

Многие сорные растения в агроценозах Каменной Степи значительно повреждаются специализированными насекомыми и реже поражаются специфическими заболеваниями. Согласно нашим среднесрочным оценкам их деятельность не сказывается заметным образом на развитии сорняков и накоплении ими вегетативной массы. Совокупное влияние фитофагов сорных растений выражается снижением фитомассы сорняков на уровне 5%, несколько увеличиваясь от озимых зерновых (3.8%) к поздним яровым (6.2%) культурам.

Биоценоотические факторы, ограничивающие распространение сорных растений на полях, проявляются тем сильнее, чем больше обилие и лучше развитие сорняков. Увеличение засоренности сопровождается усилением конкуренции в сообществе сорняков, повышением видового и численного состава фитофагов и фитопатогенов, специализирующихся на сеgetальных растениях. Все это в значительной мере ограничивает развитие сорняков и снижает их вредоносность, но не может заменить защитных мероприятий, необходимых для сохранения урожая при сильной засоренности полей.

## **5.2 Биоценоотические факторы снижения численности вредных насекомых**

Плотность популяции вредных насекомых в агроценозах во многом определяется теми условиями, которые создаются культурой-эдификатором. На численность вредителей также оказывают влияние энтомофаги и энтомопатогены. В Каменной Степи, расположенной в зоне недостаточного увлажнения, возбудители микозов насекомых не имеют практического значения. Только во

влажные годы в посевах гороха наблюдали поражение гороховой тли энтомофторозом, приходящееся на заключительные фазы развития культуры, когда питание вредителя завершалось, а вред уже был нанесен.

Влияние энтомофагов на вредителей в агроценозах Каменной Степи можно считать потенциально высоким, на что указывают соотношения между численностью полезных и вредных членистоногих (1:11 в среднем по культурам). Наиболее благоприятная ситуация складывается в посевах поздних яровых культур (кукуруза – 1:4, просо – 1:6, гречиха – 1:2, соя – 1:1), наименее благоприятная – на полях гороха (1:42), примерно одинаковая – на озимых (1:13) и яровых (1:14) зерновых культурах.

Однако степень влияния полезных членистоногих не во всех случаях оказывается достаточной, чтобы не прибегать к защитным мероприятиям. Ежегодно на посевах гороха необходима защита культуры от комплекса вредителей, численность которых в Каменной Степи обычно высока.

На полях зерновых и гороха, где тли размножаются в массе и могут причинять вред, хищные афидофаги, согласно их сезонному развитию и динамике численности, не способны сдерживать размножение вредителя. Соотношение между ними больше того уровня, который подразумевает эффективный контроль численности тлей, в фазы налив зерна (1:115) и молочная спелость (1:88) озимых зерновых, колошение (1:87), цветение (1:388), налив зерна (1:120) яровых зерновых, бутонизация (1:69) и цветение (1:77) гороха. Хищные афидофаги снижают численность злаковых тлей в посевах зерновых за весь период вегетации на 40%, но к фазе молочной спелости только на 13%. Деятельность афидиид в зависимости от года и культуры выражается 10-30% паразитированных особей тлей на момент учета в фазу молочной спелости. В полной мере деятельность и тех и других проявляется на заключительных этапах онтогенеза культуры, уже после того, как тля успевает нанести вред, и сама прекращает свое размножение из-за снижения питательной ценности корма.

Велико соотношение численности хищных клопов ориусов и трипсов 1:260 – на озимых зерновых, 1:280 – на яровых зерновых. По-видимому, роль ориусов в снижении численности вредителя на зерновых полях невелика. В годы с дефицитом влаги и повышенным температурным режимом плотность популяции вредителя и вредоспособность его личинок возрастают, создается необходимость в защитных мероприятиях.

На посевах пшеницы к использованию инсектицидов приходится прибегать в ситуациях высокой численности вредной черепашки, приходящихся на жаркие, засушливые годы, когда создаются оптимальные условия для реализации потенциала плодовитости самок вредителя. В такие годы сокращается период откладки яиц и сдвигается на более ранние сроки, менее уязвимые для деятельности тленомин. В этих условиях паразитировано не более 40% яиц вредной черепашки, что недостаточно для сдерживания ситуации на уровне допустимых потерь урожая, поскольку численность личинок достигает 5-10 экз./м<sup>2</sup>. Защитные обработки обычно не требуются в годы с избыточным выпадением осадков и пониженными температурами в мае и июне, при условии, что плот-

ность популяции перезимовавших клопов на посевах не превышает средних показателей ( $1-2 \text{ экз./м}^2$ ). В таких погодных условиях снижается плодовитость самок черепашки, удлиняется и сдвигается на более поздние сроки период откладки яиц. Как следствие, теленоминами заселяется до 80% кладок яиц и плотность личинок составляет  $1-2 \text{ экз./м}^2$ , что не превышает пороговых значений.

На кукурузе и просе обработка посевов инсектицидами требуется в период массового размножения стеблевого мотылька, когда благоприятные условия для развития насекомого создают большой зимующий запас вредителя, который только частично уничтожается энтомофагами. Паразитическими перепончатокрылыми и мухами тахинами в отдельные годы суммарно уничтожается до 26% гусениц на просе и 11% – на кукурузе.

Полученные нами данные говорят о том, что биоценотические факторы снижения численности вредных насекомых проявляются таким образом, что с увеличением их обилия в посевах происходит подъем численности хищников и паразитов. Однако происходит это с некоторым запаздыванием, что позволяет нанести вред культурам и в случае высоких численности и плотности популяции вредителей делает необходимым проведение защитных мероприятий.

## **Глава 6. ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОЙ ВРЕДНОСТИ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ КАК ОСНОВНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ФИТОСАНИТАРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ КАМЕННОЙ СТЕПИ**

### **6.1 Комплексная вредность вредителей, болезней и сорняков**

Оценка комплексной вредности вредных видов основана на биоценологическом подходе при определении их роли в агроценозах. Она учитывает взаимодействие между объектами при их влиянии на культурные растения, избирательность вредными видами растений с разной степенью развития и определенных участков поля, а также деятельность полезных насекомых и пауков, энтомопатогенов, ограничивающих вред, наносимый вредителями, болезнями и сорняками.

По итогам оценки комплексной вредности определяются коэффициенты вредоспособности вредных видов и потери урожая для той фитосанитарной обстановки, в которой проходили наши исследования. Полученные за ряд лет коэффициенты вредоспособности достаточно универсальны, поскольку они учитывают изменчивость погодных условий региона, разную обеспеченность почвы основными элементами питания, состояние культурных растений и всего посева, фитосанитарную обстановку во всех ее проявлениях. Потери урожая относятся к тем результирующим показателям устойчивости агроэкосистем в природных условиях Каменной Степи и той системы ведения сельского хозяйства, которая здесь соблюдалась в годы исследований.

Взаимодействия влияний разных вредных видов на культурные растения для одних приводят к усилению причиняемого вреда, для других к его ослаблению. К первым относятся: листовые болезни и личинки пьявиц (1.4 раза), стеблевой мотылек и сорные растения (1.3 раза), септориоз и мучнистая роса (1.4 раза), многолетние и однолетние сорняки (1.3 раза), однолетние злаковые и двудольные сорняки (1.2 раза), ко вторым относятся – злаковые тли и листовые болезни (1.9 раза). Изменения комплексных коэффициентов вредоспособности по

сравнению с одиночными не превышают 2.7 раза по отдельным объектам, в среднем по культурам и вредоносному комплексу составляют 1.2 раза.

Значение вредоносного комплекса в Каменной Степи выражается потерями урожая в 9.6 ц/га или 22% в среднем по культурам (таблица 4). Самые большие потери урожая от вредных организмов на горохе, самые маленькие – на кукурузе, на озимых зерновых и сое они меньше, чем на яровых зерновых, гречихе и просе. Следовательно, наиболее благополучная фитосанитарная обстановка наблюдается в ценозах кукурузы, озимых зерновых культур и сои. Сложная фитосанитарная ситуация складывается в биоценозе яровых зерновых культур, проса и гречихи, где отрицательная роль вредных видов в формировании урожая возрастает. Наиболее напряженным и неблагоприятным с позиций фитосанитарии предстает ценоз гороха. Без защитных мероприятий возделывать эту культуру нецелесообразно.

Таблица 4 – Потери урожая от вредных организмов на полевых культурах в Каменной Степи (2001-2008 гг.)

| Культуры         | Группы вредных организмов |      |                   |      |                  |     |                    |     |       |      |
|------------------|---------------------------|------|-------------------|------|------------------|-----|--------------------|-----|-------|------|
|                  | Сорные растения           |      | Вредные насекомые |      | Болезни растений |     | Мышевидные грызуны |     | Всего |      |
|                  | ц/га                      | %    | ц/га              | %    | ц/га             | %   | ц/га               | %   | ц/га  | %    |
| Озимая пшеница   | 4.2                       | 7.0  | 7.8               | 13.1 | 2.1              | 3.4 | 0.3                | 0.5 | 14.3  | 24.0 |
| Озимая тритикале | 3.1                       | 5.2  | 4.0               | 7.2  | 0.9              | 1.6 | 0.3                | 0.2 | 8.4   | 14.2 |
| Озимая рожь      | 2.9                       | 4.2  | 4.2               | 6.5  | 2.7              | 3.9 | 1.8                | 2.6 | 11.6  | 17.2 |
| Яровая пшеница   | 3.2                       | 9.7  | 3.5               | 10.5 | 3.0              | 8.5 | 0.9                | 2.3 | 10.5  | 30.9 |
| Яровая тритикале | 2.9                       | 10.5 | 2.3               | 8.4  | 0.4              | 1.6 | 0.2                | 0.7 | 5.8   | 21.2 |
| Ячмень           | 1.9                       | 6.0  | 1.0               | 2.2  | 3.1              | 8.7 | 0.5                | 1.2 | 6.3   | 18.4 |
| Горох            | 3.9                       | 13.9 | 5.8               | 20.8 | 0.7              | 2.5 | 0                  | 0   | 10.4  | 37.3 |
| Кукуруза°        | 24.9                      | 8.4  | 0.9               | 0.3  | 2.4              | 0.8 | 0                  | 0   | 28.2  | 9.5  |
| Просо            | 4.9                       | 16.5 | 2.5               | 8.3  | 0.4              | 0.3 | 0.1                | 0.5 | 7.9   | 26.6 |
| Гречиха          | 2.3                       | 23.2 | 0.02              | 0.2  | 0                | 0   | 0.03               | 0.3 | 2.4   | 23.7 |
| Соя              | 2.3                       | 14.0 | 0.05              | 0.3  | 0.5              | 3.0 | 0.01               | 0.1 | 2.9   | 17.4 |

°Для кукурузы даны потери урожая зеленой массы.

## 6.2 Вредоносность сорных растений

Из всех групп вредных организмов лидирующие позиции по степени причиняемого вреда занимают сорные растения, на которые приходится 10% потерь урожая. Наименьшее влияние сорной растительности на урожай в посевах озимых зерновых культур (5.5% потерь), наибольшее – на полях под поздними яровыми культурами (15.5% потерь). Соответственно, на озимых зерновых, как правило, не создается предпосылок для проведения обработок гербицидами, а на поздних яровых таковые практически всегда экономически обоснованы. При этом на озимых основная опасность исходит от зимующих видов, в изреженных посевах – от ранних яровых. Целевыми объектами борьбы в посевах поздних яровых культур являются многолетние корнеотпрысковые и поздние яровые сорняки. Здесь приходится применять гербициды не только против двудольных, но и против злаковых. На полях яровых зерновых

и гороха, где недобор урожая от сорной растительности составляет 9.3%, применение гербицидов в большинстве случаев также необходимое мероприятие по уходу за посевами. Основной объект борьбы – многолетние сорные растения. Использование граминицидов рентабельно только на отдельных полях яровых зерновых и гороха, а также в ситуациях их позднего посева.

### **6.3 Вредоносность вредных насекомых**

Второе место по значимости при возделывании культур на юго-востоке ЦЧЗ отводится вредным насекомым, причиняющим вред на уровне 7% потерь урожая. Фитофаги наибольшую угрозу представляют гороху, далее в порядке снижения их значимости – просу, яровым зерновым, озимым зерновым, кукурузе, сое и гречихе. На последних трех культурах, при условии возделывания кукурузы на силос, недобор урожая от вредителей менее 1%, что не требует его защиты. На озимых и яровых зерновых культурах потери урожая слагаются в результате деятельности нескольких вредных видов, наносящих повреждения в разное время, что затрудняет проведение защитных мероприятий и снижает их рентабельность. На озимых численность фитофагов выше, чем на яровых, но их вредоносность на яровых сильнее, чем на озимых. На просе инсектициды против стеблевого мотылька не применялись вследствие отсутствия разрешенных препаратов, хотя в годы массового его размножения в этом есть необходимость. Применение химических средств защиты растений против вредителей необходимо на горохе.

### **6.4 Вредоносность болезней культурных растений**

Заболевания растений в исследуемом регионе вызывают недобор 4% урожая в среднем по культурам. По степени причиняемого вреда они имеют значение только на зерновых культурах, где потери урожая превышают 5%-ный рубеж. При этом яровые поражаются сильнее и теряют в урожае больше, нежели озимые. И на тех, и на других большая часть потерь зерна приходится на корневые гнили, малы потери от головневых инфекций и листостеблевых болезней, имеющих хозяйственное значение в редкие годы эпифитотий. Меньшее значение имеют болезни на горохе, сое, просе и кукурузе. На этих культурах достаточно ограничиться протравливанием семенного материала.

### **6.5 Вредоносность мышевидных грызунов**

Значение мышевидных грызунов как вредных объектов в Каменной Степи в целом невелико, по сравнению с сорными растениями, вредителями и болезнями оно наименьшее. Основная угроза от них исходит посевам озимых культур, на которых время их пребывания наиболее продолжительно. При массовом размножении сильно страдают яровые зерновые культуры, в некоторых случаях даже сильнее озимых зерновых. При высокой численности популяции мышевидными грызунами заселяются также поля под поздними яровыми культурами, по отношению к которым слабо выражены пищевые предпочтения. Причиняемый вред зерновым культурам мышевидными грызунами выражается в пределах 5% снижения урожая. В годы массового их размножения недобор урожая оказывается более высоким, что заставляет прибегать к истребительным мероприятиям.

## **6.6 Комплексная вредоносность вредных видов в разных условиях произрастания культурных растений**

В зависимости от условий произрастания культурных растений изменяется влияние вредных видов на формирование урожая. Значение вредоносного комплекса возрастает на поздних сроках сева ранних яровых культур в 2.5 раза за счет роста потерь урожая от сорных растений и болезней. В изреженных посевах зерновых культур, по сравнению с оптимальными по густоте стеблестоя, увеличивается вредоносность сорняков и вредителей, но уменьшается вред от болезней, недобор урожая от всего комплекса вредных видов повышается в 1.5 раза. При высокой обеспеченности растений элементами питания комплексная вредоносность вредных организмов увеличивается в 1.6 раза на высоком фоне, по сравнению с естественным, в 1.4 раза на удобренном посеве, по сравнению с неудобренным. Это происходит от усиливающейся вредоносности всех групп вредных организмов. Повышение засоренности посевов приводит к существенному росту потерь урожая от сорняков и сопровождается ростом потерь от вредных насекомых, но снижением потерь – от болезней. Общее снижение урожая от деятельности вредных видов на сильно засоренных посевах в 1.9 раза превышает величину потерь на средне засоренных. Недобор урожая от комплекса вредных организмов оказывается примерно равным в разных условиях вегетационного периода по степени увлажнения. Это происходит в силу того, что в засушливые годы больший вред причиняют одни виды, во влажные – другие. К первым относятся вредные насекомые, ко вторым – сорняки и болезни.

## **Глава 7. ФИТОСАНИТАРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЭКОСИСТЕМ КАМЕННОЙ СТЕПИ И БИОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

### **7.1 Концепция фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи**

Обобщение изложенного материала, собранного в результате многолетних агробиоценологических исследований на стационаре в Каменной Степи, позволяет выделить основные факторы фитосанитарной устойчивости расположенных здесь агроэкосистем. К ним относятся факторы антропогенные, биоценологические и абиотические (рисунок 5).

За длительный период (120 лет) рационального землепользования, включающего фитомелиоративное обустройство, научно-обоснованное чередование культур по полям, оптимизированную структуру посевных площадей, высокую агротехнику с соблюдением всех предусмотренных технологий возделывания культур мероприятий, повышенное внимание к селекции и семеноводству достигнут значительный уровень фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи. Для них характерны относительно небольшие потери урожая от вредных организмов и достаточно высокие урожаи в отсутствие защитных мероприятий. Тем не менее, в агроэкосистемах Каменной Степи не исключаются большие потери урожая от комплекса вредных видов в отдельные годы. В такой ситуации востребованными становятся защитные мероприятия, которые должны проводиться согласно принципу биоценологической и экономической целесообразности.

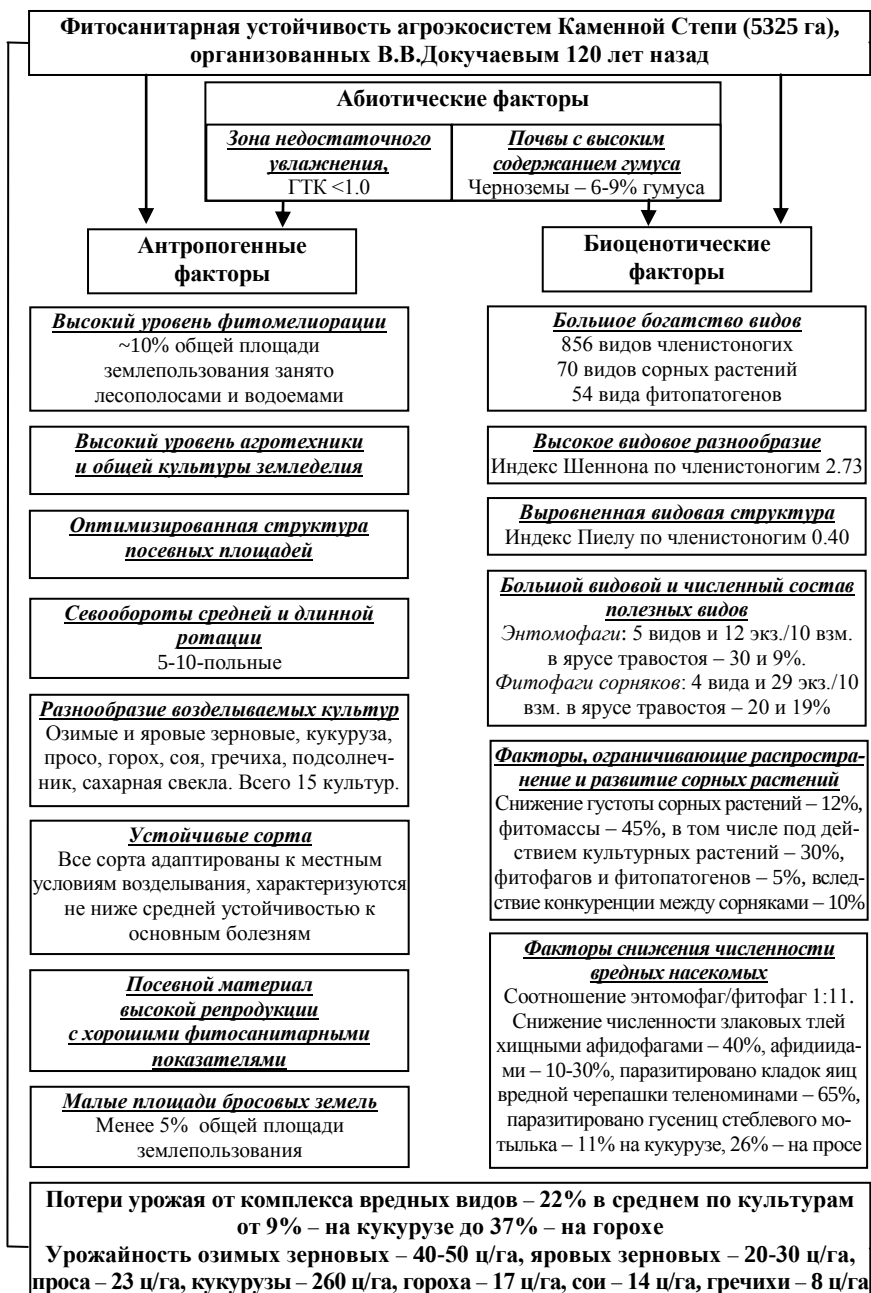


Рисунок 5 – Концептуальная схема фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи



## 7.2 Биоценотические принципы проведения защитных мероприятий

Мероприятия по фитосанитарной оптимизации агроэкосистем должны быть основаны на биоценотических принципах их проведения, поскольку все они в той или иной мере влияют на весь ценоз, а значит и на севооборотную экосистему в целом. Такой вывод сделан нами на понимании единого фитосанитарного пространства на пахотных землях крупного полевого выдела агроландшафта, имеющих определенную организационно-функциональную структуру. Однополевые агроценозы в пределах севооборотной площади тесно взаимосвязаны друг с другом и образуют целостную агроэкосистему севооборота, а на полях озимых и яровых зерновых культур формируются и функционируют соответствующие агробиоценозокомплексы. Поэтому для посевов озимых и яровых зерновых культур допустимо использовать типовую технологию защиты. Для достижения высокого и длительного эффекта фитосанитарная оптимизация должна быть ориентирована на фитосанитарное благополучие севооборотной агроэкосистемы. Агроэкосистема севооборотного уровня характеризуется устойчивым составом и структурой биоты, за счет активного перемещения полезных видов между полями поддерживается ее устойчивое фитосанитарное состояние.

Следует учитывать выявленную нами преэскапированность агроценозов в течение вегетационного периода, когда нарушение биоценотического равновесия в севооборотной агроэкосистеме может быть следствием защитных обработок, проведенных на культурах с опережающим развитием. Применение средств защиты растений на озимых зерновых культурах способно отрицательно повлиять на фитосанитарную обстановку в посевах ранних и поздних яровых культур.

Поскольку современная стратегия защиты растений нацелена не на полное уничтожение вредного объекта на поле, а только на снижение его численности до уровня ниже ЭПВ, то далеко не во всех случаях следует добиваться максимального эффекта от защитных мероприятий и применять максимальную норму препарата. Выбор препарата и норма его расхода должны определяться исходя из фактической плотности популяции вредного вида на поле и его эффективности по отношению к целевому объекту борьбы. Незначительное превышение уровня ЭПВ делает оправданным применение минимально допустимых согласно "Списку пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ" норм расхода пестицидов или использование менее эффективных и менее опасных для окружающей среды биопрепаратов.

Принципиальное значение имеет степень влияния биоценотических факторов, ограничивающих распространение вредных видов и причиняемый ими вред. Защитные мероприятия против сорных растений должны проводиться с учетом состояния культурных растений и густоты посева, против вредителей с учетом полезной деятельности энтомофагов. Хорошее состояние посева обеспечивает высокую конкурентную способность культурных растений по отношению к сорнякам, что дает возможность применять минимальную из разрешенных норму препарата или делать выбор в пользу менее эффективного и более дешевого гербицида. Инсектицидные обработки против гороховой и злаковых тлей допустимо отменять, если соотношение их численности с афидофагами не превышает 30:1. В годы с низкой и средней (до 2 экз./м<sup>2</sup>) численностью перезимовавших клопов па-

разитирование теленоминами более 60% яиц вредной черепашки обеспечивает снижение плотности личинок ниже общепринятого порогового значения.

В фитосанитарной оптимизации агроэкосистем следует ориентироваться на сроки проведения обработок, когда достигается высокий положительный эффект сразу против нескольких вредных видов. Такая возможность предоставляется на горохе в защите от гороховой тли, гороховой зерновки, гороховой плодоярки, пятиточечного долгоносика, горохового трипса; на зерновых – от злаковых мух, полосатой хлебной и стеблевых блошек, от злаковых тлей, вредной черепашки и хлебного жука-кузьки; на просе – от стеблевого мотылька, просяного комарика и пустоцветного трипса; на зерновых, горохе, просе, кукурузе – от многолетних и малолетних двудольных сорняков.

При фитосанитарной оптимизации следует учитывать влияние мероприятий не только на целевой объект, но и на сопутствующие виды, особенно полезные для сельского хозяйства. Недопустимо проводить обработки в сроки, когда можно ожидать сильное отрицательное влияние на энтомофагов и опылителей. Поэтому посевы гороха против комплекса вредителей обрабатываются инсектицидами в фазу бутонизации, посевы зерновых культур против тлей, вредной черепашки и жука-кузьки в период налив зерна - молочная спелость. Биоэкологический подход подразумевает преимущественное использование пестицидов с широким действием на окружающую среду благодаря короткому периоду полураспада и низкой токсичности для человека и теплокровных животных.

Проведение защитных мероприятий должно быть основано на точных оценках и краткосрочных прогнозах причиняемого вредными видами вреда в определенных условиях функционирования агробиоценоза. Полученные по итогам оценки комплексной вредоносности коэффициенты вредоспособности вредных видов служат критериями при расчете ожидаемых потерь, которыми руководствуются при оперативном принятии решения о целесообразности защитных обработок в условиях Каменной Степи и которые предлагаются к использованию в разработанных с нашим участием технологиях защиты полевых культур для юго-востока ЦЧЗ (Лаптев и др., 2008, 2009, 2010, 2012) (таблицы 5-6).

Для поправки коэффициентов вредоспособности сорных растений применительно к условиям, складывающимся на конкретном поле в зависимости от погодных условий, состояния посева, степени засоренности, обеспеченности почвы элементами питания и внесения удобрений нами предлагаются к использованию коэффициенты коррекции (таблица 7). Для озимых зерновых коэффициенты коррекции вредоспособности тлей и личинок трипсов равны в условиях избыточного увлажнения 0.7, недостаточного увлажнения – 1.3, для яровых зерновых – 0.6 и 1.4.

Решение о проведении защитных обработок принимается на основе ЭПВ, рассчитанных для каждого конкретного поля с участием коэффициентов вредоспособности и коэффициентов коррекции для разных условий функционирования агробиоценоза. В технологической схеме мониторинговых и защитных мероприятий, которые приурочены к критическим периодам нанесения вреда объектами, представлены виды, способные приводить к хозяйственно ощутимым потерям урожая в Каменной Степи и юго-востоке ЦЧЗ. Технологии защиты культур состоят из оптимального количества защитных мероприятий, органично вписываемых в технологии возделывания культур.

Таблица 5 – Коэффициенты вредоспособности\* сорных растений на полевых культурах в Каменной Степи

| Культуры         | *Прогноз потерь урожая от сорных растений из расчета 1 экз./м <sup>2</sup> на момент принятия решений о проведении гербицидных обработок |       |                       |       |                     |       |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------|-------|---------------------|-------|
|                  | многолетние                                                                                                                              |       | малолетние двудольные |       | малолетние злаковые |       |
|                  | b, ц/га                                                                                                                                  | B, %  | b, ц/га               | B, %  | b, ц/га             | B, %  |
| Озимая пшеница   | -0.065                                                                                                                                   | -0.11 | -0.009                | -0.01 | -                   | -     |
| Озимая тритикале | -0.041                                                                                                                                   | -0.07 | -0.010                | -0.02 | -                   | -     |
| Озимая рожь      | -0.181                                                                                                                                   | -0.26 | -0.001                | -0.01 | -                   | -     |
| Яровая пшеница   | -0.108                                                                                                                                   | -0.24 | -0.021                | -0.05 | -0.003              | -0.01 |
| Яровая тритикале | -0.065                                                                                                                                   | -0.16 | -0.001                | -0.01 | -0.001              | -0.01 |
| Ячмень           | -0.021                                                                                                                                   | -0.08 | -0.002                | -0.01 | -                   | -     |
| Горох            | -0.051                                                                                                                                   | -0.18 | -0.002                | -0.01 | -0.003              | -0.01 |
| Кукуруза         | -0.050                                                                                                                                   | -0.10 | -0.013                | -0.02 | -0.010              | -0.02 |
| Просо            | -0.052                                                                                                                                   | -0.19 | -0.003                | -0.02 | -0.008              | -0.03 |
| Гречиха          | -0.026                                                                                                                                   | -0.27 | -0.001                | -0.01 | -0.002              | -0.03 |
| Соя              | -0.029                                                                                                                                   | -0.19 | -0.001                | -0.01 | -0.003              | -0.02 |

Таблица 6 – Коэффициенты вредоспособности\* вредных насекомых на полевых культурах в Каменной Степи

| Культуры      | *Прогноз потерь урожая от вредных насекомых из расчета 1 экз./10 взм. на момент принятия решений о проведении инсектицидных обработок |      |         |       |         |       |               |       |                    |      |                       |      |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|-------|---------|-------|---------------|-------|--------------------|------|-----------------------|------|
|               | злаковые мухи                                                                                                                         |      | трипсы  |       | тли     |       | гороховая тля |       | гороховая зерновка |      | 5-точечный долгоносик |      |
|               | б, ц/га                                                                                                                               | В, % | б, ц/га | В, %  | б, ц/га | В, %  | б, ц/га       | В, %  | б, ц/га            | В, % | б, ц/га               | В, % |
| Оз. пшеница   | -0.54                                                                                                                                 | -0.9 | -0.014  | -0.03 | -0.004  | -0.01 | -             | -     | -                  | -    | -                     | -    |
| Оз. тритикале | -0.46                                                                                                                                 | -0.8 | -0.005  | -0.01 | -0.004  | -0.01 | -             | -     | -                  | -    | -                     | -    |
| Озимая рожь   | -0.85                                                                                                                                 | -1.2 | -       | -     | -       | -     | -             | -     | -                  | -    | -                     | -    |
| Яр. пшеница   | -0.60                                                                                                                                 | -1.1 | -0.02   | -0.03 | -0.006  | -0.01 | -             | -     | -                  | -    | -                     | -    |
| Яр. тритикале | -0.25                                                                                                                                 | -0.5 | -0.01   | -0.02 | -0.005  | -0.01 | -             | -     | -                  | -    | -                     | -    |
| Ячмень        | -0.15                                                                                                                                 | -0.3 | -       | -     | -       | -     | -             | -     | -                  | -    | -                     | -    |
| Горох         | -                                                                                                                                     | -    | -       | -     | -       | -     | -0.005        | -0.01 | -0.10              | -4.2 | -0.16                 | -0.6 |

Таблица 7 – Коэффициенты коррекции вредоспособности сорных растений в разных условиях функционирования агробиоценозов

| Варианты                    | озимые зерновые | яровые зерновые | горох | просо |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| Избыточное увлажнение       | -               | 1.5             | 1.7   | 1.3   |
| Недостаточное увлажнение    | -               | 0.5             | 0.3   | 0.7   |
| Нормальный посев            | 1.0             | 1.0             | -     | -     |
| Изреженный посев            | 1.3             | 3.0             | -     | -     |
| Средняя засоренность        | 1.0             | 1.0             | 1.0   | 1.0   |
| Сильная засоренность        | 0.8             | 0.5             | 0.4   | 0.3   |
| Без удобрений               | -               | -               | -     | 1.0   |
| С удобрениями               | -               | -               | -     | 2.0   |
| Естественный фон плодородия | -               | -               | -     | 0.8   |
| Высокий фон плодородия      | -               | -               | -     | 1.2   |

## ВЫВОДЫ

1. Разработана концепция фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи, основанная на многолетнем рациональном землепользовании, условия которого обеспечивают устойчивое положительное влияние антропогенных и биоценологических факторов, позволяющее минимизировать применение средств защиты растений при возделывании культур.

2. Биоценологическими исследованиями на полях Каменной Степи выявлено обилие видов членистоногих (856 видов), сорных растений (70 видов) и возбудителей болезней растений (54 вида). Богатство биоты, определяемое разнообразием возделываемых в регионе культур (озимые, ранние и поздние яровые), а также высоким уровнем фитомелиоративного обустройства (многочисленные лесополосы и водоемы) этой территории, играет положительную роль в поддержании фитосанитарной устойчивости агроценозов, что подтверждается невысокими в целом за многолетний период показателями распространения и развития вредных видов.

3. Организационно-функциональную структуру крупного полевого выдела агроландшафта Каменной Степи, в пределах которого заключено единое фитосанитарное пространство, определяет общность севооборотных экосистем по видовому составу сорной растительности (68% сходства), членистоногих (67%), в меньшей степени фитопатогенов (48%), связанных между собой миграционными потоками.

4. В биоценотической структуре крупного полевого выдела агроландшафта выявлено наличие двух агробиоценозокомплексов – озимых зерновых и яровых зерновых культур. Сходство ценозов проявляется в общности видового состава и удельного обилия биоты, схожей фенологии и динамики численности видов. Это позволяет проводить агробиоценологическую диагностику и фитосанитарный мониторинг на меньшем числе тестовых полей и использовать типовую технологию защиты посевов озимых и яровых зерновых культур.

5. Севооборотные агроэкосистемы однотипно формируются и устойчиво функционируют на протяжении всех лет ротации в пространстве составляющих их полей, включая виды, мигрирующие из экотонов, лесополос и других естественных угодий. На полях севооборота поддерживается постоянный состав видов, численность и структура сорной растительности, членистоногих и фитопатогенов. Поэтому единицей фитосанитарной оптимизации должна рассматриваться вся севооборотная площадь, на которой выражены антропогенные и биоценологические факторы, ограничивающие распространение и развитие вредных видов.

6. Оценка связей в биоценотическом комплексе на возделываемых полях показала его устойчивость во времени и пространстве, так как на фоне других природных и антропогенных факторов взаимодействие влияний вредных видов на урожайность культур проявляется в слабой и средней степени – изменение комплексного коэффициента вредоспособности, по сравнению с поодиночным (без учета взаимодействия), составляет 1.1-2.7 раза по видам и 1.1-1.8 раза по вредоносному комплексу.

7. Соблюдение агротехнических мероприятий, предусмотренных технологией возделывания культур, важное условие в обеспечении фитосанитарной устойчивости агроэкосистем. Сокращение объема и параметров обработки почвы, наличие сильнозасоренных паровых полей и полей, временно выведенных из с.-х. оборота, приводят в агроэкосистемах к значительному росту плотности сорных растений (в 3.1 раза) и потерь урожая (в 1.9 раза). Наибольшие отрицательные последствия для фитосанитарной устойчивости имеет поздний сев ранних яровых культур, повышающий недобор урожая от вредных видов (в 2.5 раза) и негативно сказывающийся на функционировании всей севооборотной агроэкосистемы.

8. Влияние биоценотических факторов, ограничивающих распространение и развитие сорных растений в агроэкосистемах Каменной Степи, недостаточно, чтобы отменять обработки при сильной засоренности, но при средней засоренности оно позволяет корректировать проведение защитных мероприятий. В результате конкуренции с культурными растениями густота сорняков уменьшается на 12%. Фитомасса сорных растений снижается на 45%, в том числе под действием культурных растений – на 30%, в результате конкуренции между сорными видами – на 10%, от фитофагов и фитопатогенов – на 5%.

9. Влияние биоценотических факторов, снижающих численность вредных насекомых, эффективно в ситуациях невысокой их плотности и неблагоприятных погодных условий для их размножения. Хищные афидофаги снижают численность злаковых тлей на 40%, но к фазе молочной спелости только на 13%. Доля паразитированных теленоминами кладок яиц вредной черепашки на посевах пшеницы не превышает 40% в засушливые годы и достигает 80% во влажные. Зимующий запас стеблевого мотылька снижается паразитами на 11% на кукурузе и на 26% на просе.

10. На основе оценки комплексной вредоносности определена роль каждого вредного вида в формировании урожая культур, коэффициенты вредоносности основных из них и потери урожая. Подавляющее большинство (95%) видов относится к слабовредоносным (потери менее 5%). В годы массовых размножений и эпифитотии сильный вред (потери более 10%) способны причинять мышевидные грызуны, вредная черепашка, гороховая тля, стеблевой мотылек, бурая листовая ржавчина. Фитосанитарная ситуация в последние годы осложняется тенденцией роста засоренности посевов. Значение сорных растений выражается 10% снижения урожая, насекомых-вредителей – 7%, фитопатогенов – 4%, мышевидных грызунов – 1%. Влияние всего комплекса вредоносных видов оценивается в 22% недобора урожая в среднем на культуру – от 9% на кукурузе до 37% на горохе.

11. Значение вредоносного комплекса возрастает при поздних сроках сева ранних яровых культур (в 2.5 раза), в изреженных (в 1.5 раза) и сильнозасоренных (в 1.9 раза) посевах, при высокой обеспеченности почвы основными элементами питания (в 1.6 раза) и внесении минеральных удобрений (в 1.4 раза). В засушливые годы больший вред культурам причиняют вредные насекомые (в 1.9 раза), во влажные – сорные растения (в 1.5 раза) и болезни (в 1.7 раза).

12. Фитосанитарная устойчивость агроэкосистем Каменной Степи, выявленная нами, не исключает проведения защитных мероприятий в случаях прогноза больших потерь урожая от комплекса вредных видов. Активная защита в фитосанитарной оптимизации агроэкосистем на юго-востоке ЦЧЗ рекомендуется против сорных растений на посевах гороха, яровых зерновых, проса, кукурузы и сои; против вредных насекомых – ежегодно на горохе, в годы массового размножения вредной черепашки, злаковых тлей и трипсов – на зерновых, стеблевого мотылька – на кукурузе. Протравливание семенного материала в большинстве случаев достаточно для защиты растений от фитопатогенов, за исключением лет, благоприятных для эпифитотийного развития болезней листьев.

### **Практические рекомендации**

1. Усовершенствованная методика оценки комплексной вредоносности вредных видов, методика оценки биоценотических связей и базы данных по многолетнему состоянию биоты агроэкосистем Каменной Степи рекомендуется использовать в научных учреждениях при проведении исследований по фитосанитарной устойчивости агроэкосистем в других регионах.

2. Коэффициенты вредоспособности основных вредных видов и коэффициенты коррекции, уточняющие наносимый ими вред в разных условиях функционирования агробиоценоза, рекомендуется использовать при принятии решений о проведении защитных мероприятий на юго-востоке ЦЧЗ. С их помощью осуществляется прогноз потерь урожая от вредных организмов и расчет экономических порогов вредоносности для каждого конкретного поля.

3. Разработанные с нашим участием для юго-востока ЦЧЗ технологии защиты полевых культур (озимые и яровые зерновые, горох, просо, кукуруза) от комплекса вредных видов рекомендуются к использованию в хозяйствах любой формы собственности. Они экономически эффективны и экологически малоопасны, что подтверждается результатами внедрения на полях Воронежской области. Технологии защиты культур оптимизированы по количеству оперативных защитных мероприятий, которые предусмотрены в отношении видов, имеющих постоянное экономическое значение, и видов, способных вызывать потери урожая в отдельные годы или на ограниченных территориях.

### **Список основных опубликованных работ по теме диссертации**

#### **В рецензируемых журналах, рекомендованных для опубликования научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней**

1. **Шпанев, А.М.** Вредоносность стеблевого мотылька на просе в Каменной Степи / А.М. Шпанев // Вестник защиты растений. – 2002. – №2. – С. 78.
2. Лаптиев, А.Б. Биологические и хозяйственные аспекты развития хлебных жуков в Центральном Черноземье / А.Б. Лаптиев, **А.М. Шпанев** // Вестник защиты растений. – 2002. – №3. – С. 56-59.
3. **Шпанев, А.М.** Угроза посевам проса / А.М. Шпанев // Защита и карантин растений. – 2003. – №6. – С. 40.

4. **Шпанев, А.М.** Фитосанитарная обстановка в агроценозах полевых культур Каменной Степи Воронежской области / А.М. Шпанев // Вестник защиты растений. – 2003. – №3. – С. 43-51.

5. Лаптиеv, А.Б. Особенности фитосанитарной обстановки на юго-востоке Черноземья в 2004 году / А.Б. Лаптиеv, **А.М. Шпанев**, С.В. Голубев // Вестник защиты растений. – 2004. – №3. – С. 73-74.

6. **Шпанев, А.М.** Влияние агротехники на повреждение проса стеблевым мотыльком / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиеv, Е.А. Балюнова // Зерновое хозяйство. – 2004. – №7. – С. 17-18.

7. **Шпанев, А.М.** Вредоносность стеблевого мотылька на просе в условиях юго-востока Воронежской области / А.М. Шпанев // Вестник защиты растений. – 2005. – №2. – С. 64-69.

8. **Шпанев, А.М.** О комплексной вредоносности паразитов, болезней и сорняков на посевах проса Юго-Востока Центрально-Черноземной зоны / А.М. Шпанев // Сельскохозяйственная биология. – 2005. – №3. – С. 77-84.

9. Лаптиеv, А.Б. Опасный вредитель гороха в ЦЧЗ / А.Б. Лаптиеv, **А.М. Шпанев**, И.В. Дедяева // Защита и карантин растений. – 2005. – №6. – С. 35-36.

10. **Шпанев, А.М.** Стеблевой мотылек на посевах проса / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиеv // Защита и карантин растений. – 2006. – №2. – С. 48-49.

11. **Шпанев, А.М.** Влияние агрохимических факторов на фитосанитарную обстановку в полевом севообороте на черноземе обыкновенном / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиеv, С.В. Мухина, Н.С. Беспалова // Агрохимия. – 2006. – №8. – С. 57-67.

12. **Шпанев, А.М.** Концепция саморегуляции биоценологических процессов в агроэкосистеме. 4. Численная модель биоценоза озимых зерновых культур в Каменной Степи юго-востока ЦЧП / А.М. Шпанев, С.В. Голубев, А.Ф. Зубков // Вестник защиты растений. – 2007. – №4. – С. 3-27.

13. **Шпанев, А.М.** Фитосанитарные риски возделывания озимой пшеницы на юго-востоке ЦЧП / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиеv // Защита и карантин растений. – 2008. – №6. – С. 43-45.

14. **Шпанев, А.М.** Пьявица на озимых зерновых культурах в условиях юго-востока ЦЧЗ / А.М. Шпанев // Вестник защиты растений. – 2009. – №1. – С. 35-40.

15. **Шпанев, А.М.** Сорные растения в посевах озимых зерновых культур на юго-востоке ЦЧЗ / А.М. Шпанев // Земледелие. – 2009. – №1. – С. 42-45.

16. **Шпанев, А.М.** Потери урожая зерна гибридной озимой ржи от вредных организмов / А.М. Шпанев, А.А. Новичихин // Агро XXI. – 2009. – №1-3. – С. 14-15.

17. **Шпанев, А.М.** Хлебный пилильщик обыкновенный (*Cephus pygmaeus* L.) в условиях юго-востока ЦЧЗ / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиеv // Вестник защиты растений. – 2009. – №2. – С. 69-73.

18. **Шпанев, А.М.** Об оценке комплексной вредоносности основных фитосанитарных объектов на озимой пшенице в условиях юго-востока Центрально-Черноземной зоны России. / А.М. Шпанев, Б.А. Дорохов // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – №5. – С. 94-102.

19. **Шпанев, А.М.** Вредители репродуктивных органов гороха / А.М. Шпанев // Защита и карантин растений. – 2010. – №3. – С. 66-68.

20. **Шпанев, А.М.** Вредные организмы на озимой тритикале в условиях юго-востока ЦЧЗ: видовой состав, распространенность, вредоносность / А.М. Шпанев // Вестник защиты растений. – 2010. – №2. – С. 15-23.
21. **Шпанев, А.М.** Защита гороха от вредных организмов / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиеv // Защита и карантин растений. – 2010. – №9 – С. 44-47.
22. **Шпанев, А.М.** Недобор урожая яровой тритикале от вредных организмов / А.М. Шпанев // Агро XXI. – 2011. – №1-3. – С. 22-24.
23. **Шпанев, А.М.** Экосистемная организация пахотных земель и их фитосанитарная оптимизация / А.М. Шпанев // Вестник защиты растений. – 2011. – №2. – С. 23-34.
24. **Шпанев, А.М.** Подходы к оценке вредоносности сорных растений в агроценозах / А.М. Шпанев // Вестник защиты растений. – 2011. – №4. – С. 57-70.
25. **Шпанев, А.М.** Значение сроков сева в модификации фитосанитарной обстановки / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиеv // Защита и карантин растений. – 2011. – №9. – С. 24-27.
26. Лаптиеv, А.Б. Сорная растительность в севообороте и совершенствование использования гербицидов / А.Б. Лаптиеv, **А.М. Шпанев** // Земледелие. – 2011. – №5. – С. 45-48.
27. **Шпанев, А.М.** Защита проса от стеблевого мотылька / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиеv // Защита и карантин растений. – 2012. – №1. – с. 18-21.
28. **Шпанев, А.М.** Фитосанитарные аспекты возделывания сои в Центральном Черноземье / А.М. Шпанев // Защита и карантин растений. – 2012. – №3. – С. 40-42.
29. **Шпанев, А.М.** Модернизация защиты растений. 4. Агробιοценологическое обоснование фитосанитарной устойчивости агроэкосистем Каменной Степи / А.М. Шпанев // Вестник защиты растений. – 2012. – №2. – С. 3-18.
30. **Шпанев, А.М.** Фитосанитарная обстановка в посевах зерновых культур на юго-востоке ЦЧЗ / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиеv // Зерновое хозяйство России. – 2012. – №5. – С. 65-69.
31. Лаптиеv, А.Б. Модернизация защиты растений. 5. Оптимизированные технологии защиты полевых культур от комплекса вредных организмов на юго-востоке Центрального Черноземья / А.Б. Лаптиеv, **А.М. Шпанев**, Н.Р. Гончаров // Вестник защиты растений. – 2013. – №1. – С. 19-28.
32. **Шпанев, А.М.** Вредоносность сорных растений на юго-востоке ЦЧЗ / А.М. Шпанев // Земледелие. – 2013. – №3. – С. 34-37.

### Монографии

33. **Шпанев, А.М.** Биоценологическая характеристика посевов проса юго-востока ЦЧП / А.М. Шпанев. – СПб., 2005. – 100 с.
34. Зубков, А.Ф. Комплексная вредоносность сорняков, вредителей и болезней культур полевого севооборота юго-востока ЦЧП России / А.Ф. Зубков, **А.М. Шпанев**, В.Н. Жуков. – СПб., 2005. – 72 с.
35. **Шпанев, А.М.** Биоценоз озимых зерновых культур (юго-восток ЦЧЗ) / А.М. Шпанев, С.В. Голубев. – СПб., 2008. – 284 с.



36. **Шпанев, А.М.** Биоценоз горохового поля в Каменной Степи (юго-восток ЦЧЗ) / А.М. Шпанев, С.В. Голубев. – СПб., 2009. – 147 с.

37. **Шпанев, А.М.** Агробиоценологическое обоснование региональной технологии фитосанитарного оздоровления агроценоза гороха (юго-восток ЦЧЗ РФ) / А.М. Шпанев, С.В. Голубев, А.Б. Лаптийев, Н.Р. Гончаров, А.Ф. Зубков. – СПб., 2009. – 68 с.

38. **Шпанев, А.М.** Агробиоценоз яровых зерновых культур (юго-восток ЦЧЗ) / А.М. Шпанев, С.В. Голубев. – СПб., 2010. – 128 с.

39. **Шпанев, А.М.** Полевые экосистемы агроландшафта Каменной Степи и их фитосанитарное оздоровление / А.М. Шпанев. – СПб., 2012. – 304 с.

#### **В других научных журналах и сборниках, материалах съездов и конференций**

40. **Шпанев, А.М.** Фитосанитарная диагностика в севооборотной агроэкосистеме / А.М. Шпанев, В.Н. Жуков, С.В. Голубев // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. – Краснодар, 2004. – Вып. 3. – С. 191-194.

41. **Шпанев, А.М.** Фитосанитарный мониторинг агроэкосистемы севооборотного уровня / А.М. Шпанев, В.Н. Жуков, С.В. Голубев // Состояние и перспективы развития земледелия, агролесомелиорации и экономики землепользования в АПК ЦЧЗ. – Каменная Степь-СПб., 2004. – С. 65-68.

42. **Шпанев, А.М.** Энтомофауна ценозов озимых зерновых культур Каменной Степи / А.М. Шпанев // Труды Ставропольского отделения русского энтомологического общества. – Ставрополь, 2009. – Вып. 5. – С. 259-261.

43. **Шпанев, А.М.** Биоценологическая характеристика агроэкосистемы стационара НИИСХ ЦЧП им. В.В.Докучаева / А.М. Шпанев // Агробиоценологическое обоснование модернизации защиты полевых культур. – СПб., 2010. – С. 50-68.

44. **Шпанев, А.М.** Стационар НИИСХ ЦЧП им. В.В.Докучаева как модель для изучения экосистемы агроландшафта Каменной Степи / А.М. Шпанев // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2010. – Вып. 2 (21). – С. 169-180.

45. Лаптийев, А.Б. Разработка технологий защиты полевых культур от вредителей, болезней и сорняков для юго-востока ЦЧЗ / А.Б. Лаптийев, **А.М. Шпанев**, Н.Р. Гончаров // Агробиоценологическое обоснование модернизации защиты полевых культур. – СПб., 2010. – С. 69-81.

46. **Шпанев, А.М.** Сорно-полевые растения юго-востока ЦЧЗ / А.М. Шпанев // Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции. – СПб., 2011. – С. 348-352.

47. **Шпанев, А.М.** Полезные насекомые и пауки в лесозащищенных агроценозах на юго-востоке ЦЧЗ / А.М. Шпанев, С.В. Голубев // Информ. бюлл. ВПРС МОББ. – СПб., 2011. – №42. – С. 176-180.

48. Лаптийев, А.Б. Элементы системы и средства в защите посевов яровых зерновых культур в Центральном Черноземье / А.Б. Лаптийев, **А.М. Шпанев** // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. – Краснодар, 2011. – С. 271-275.

49. **Шпанев, А.М.** Устойчивость гороха к вредителям зерен / А.М. Шпанев, И.В. Дедяева // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. – СПб., 2012. – С. 252-255.

### Рекомендации

50. Рымарь, В.Т. Технология возделывания гороха в Центральном Черноземье / В.Т.Рымарь, Г.П.Покудин, О.Г.Котлярова, **А.М. Шпанев**. – СПб., 2003. – 29 с.

51. Лаптиев, А.Б. Технология защиты озимых зерновых культур от комплекса вредных объектов на юго-востоке ЦЧР / А.Б. Лаптиев, **А.М. Шпанев**, Н.Р. Гончаров. – СПб., 2008. – 24 с.

52. Лаптиев, А.Б. Технология защиты гороха от комплекса вредных объектов на юго-востоке ЦЧР / А.Б. Лаптиев, **А.М. Шпанев**, Н.Р. Гончаров. – СПб., 2009. – 23 с.

53. Лаптиев, А.Б. Технология защиты яровых зерновых культур от комплекса вредных организмов на юго-востоке ЦЧЗ / А.Б. Лаптиев, **А.М. Шпанев**, Н.Р. Гончаров, А.В. Перетрухина. – СПб., 2010. – 24 с.

54. Лаптиев, А.Б. Технология защиты посевов проса и кукурузы от комплекса вредных организмов на юго-востоке ЦЧЗ / А.Б. Лаптиев, **А.М. Шпанев**, Н.Р. Гончаров, А.В. Перетрухина. – СПб., 2012. – 27 с.

---

Научное издание

RIZO-печать

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Лицензия ПЛД № 69-253

Подписано к печати 22 февраля 2012 г., тираж 100 экз.





