

На правах рукописи

УДК 631.5:633.2/.4:632.9:631.559

РОМАНИНА
Яна Сергеевна

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
КОРМОВЫХ КУЛЬТУР НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ
ПОСЕВОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ В НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ЗОНЕ**

Специальность 4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и
карантин растений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет» (ранее «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»)

**Научный
руководитель:
Официальные
оппоненты:**

Труфанов Александр Михайлович

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Азаров Владимир Борисович,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, кафедра научно-технического прогресса в АПК, профессор.

Гладышева Ольга Викторовна,

кандидат сельскохозяйственных наук, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», директор филиала.

**Ведущая
организация:**

**ФГБОУ ВО «Самарский государственный
аграрный университет»**

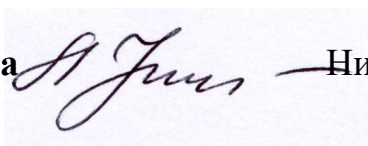
Защита диссертации состоится «3» октября 2024 г. в 15.00 час. на заседании диссертационного совета 24.1.006.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д.31 а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова» и на сайте: https://www.vniia-pr.ru/upload/iblock/ccf/r0vdw4pz2iovh59lvi0io36nobe138ee/romanina_diss_10_06_2024.pdf

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31 а, учёному секретарю диссертационного совета, e-mail: dissovet_vniia@mail.ru

**Ученый секретарь
диссертационного совета**



Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время для устойчивого развития мирового хозяйства в продовольственной сфере необходимо решить задачи получения плановых показателей производства продукции растениеводства при минимизации, прежде всего, фитосанитарных рисков, связанных с распространением вредных организмов и необходимостью нести серьезные затраты на защиту урожая. По ориентировочным оценкам, потери урожая от вредных организмов достигают 35-50%, что в зерновом эквиваленте составляет около 100 млн т (В. А. Павлюшин, 2011). Основными дестабилизирующими факторами, способствующими накоплению и распространению опасных вредителей и болезней, сорных растений признано несовершенство или нарушение агротехники.

Поэтому нет альтернативы улучшению фитосанитарного состояния агроэкосистем с помощью совершенствования и оптимизации систем удобрения и защиты растений в агротехнологиях на основе фитосанитарного мониторинга при решении задач рентабельного производства сельскохозяйственной продукции, а исследования в данном направлении весьма актуальны и значимы.

Степень разработанности темы. Вопросы фитосанитарного состояния агрофитоценозов довольно широко освещены как с точки зрения отдельных показателей – сорного компонента, фитопатогенов и фитофагов (В. Д. Полин, 2015, 2021; Б. А. Смирнов, 2009, 2012; Г. И. Баздырев, 1995-2008; И. В. Дудкин, 2013, 2018; С. С. Санин, 1999-2016), так и в целом, в зависимости от агротехнологий (В. А. Захаренко, 2003, 2013; Ю. П. Жуков, 2008; В. А. Павлюшин, 2020; Н. Г. Власенко, 2008, 2010; J. R. Teasdale, 2007). Проблемами воспроизводства плодородия почвы и повышения продуктивности агроценозов с помощью агротехнических приемов и комплексными вопросами оптимизации агротехнологий, ресурсосбережения и биологизации, также занимались видные отечественные и зарубежные ученые (А. А. Борин, 2017; В. Г. Лошаков, 2012-2015; В. И. Кирюшин, 1995-2022; В. Г. Минеев, 1993; М. А. Мазиров, 2011; И. Г. Пыхтин, 2006-2015; А. И. Беленков, 2008, 2021; А. М. Туликов, 2008; Н. В. Перфильев, 2018; М. А. Liebig, 2007). Однако неоднозначность влияния систем удобрения и защиты растений в технологиях, в первую очередь экологической направленности (биологизированных и органических) как на фитосанитарные показатели, так и на продуктивность и экономико-энергетическую эффективность растениеводства и кормопроизводства, оставляет открытыми вопросы для изучения в данном направлении, в том числе для условий Нечернозёмной зоны, что обуславливает важное научное и практическое значение наших исследований.

Цели и задачи исследований. Целью исследований было оценить элементы технологий выращивания, отличающихся интенсивностью системы удобрения и защиты растений культур кормового севооборота, на основе их фитосанитарного состояния, продуктивности, экономических и энергетических показателей эффективности.

При этом ставились задачи определения влияния различных по интенсивности систем удобрения и защиты растений в технологиях возделывания на:

1. Показатели обилия сорных растений в посевах кормовых культур: численность и сухую массу, их видовой состав;
2. Потенциальную засоренность почвы органами размножения сорных растений;
3. Фитосанитарное состояние посевов кормовых культур: численность насекомых-вредителей, распространенность и степень развития заболеваний;
4. Урожайность и продуктивность культур кормового севооборота;
5. Экономическую и энергетическую эффективность возделывания кормовых культур.

Научная новизна. Впервые на дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны Российской Федерации в семипольном кормовом севообороте проведена сравнительная оценка влияния различных по интенсивности и экологической направленности технологий возделывания (экстенсивной, интенсивных, органической, биологизированной) кормовых культур (однолетних и многолетних трав, яровых и озимых зерновых культур, кукурузы) на фитосанитарные показатели посевов и почвы, продуктивность, экономическую и энергетическую их эффективность. Для достижения высокой продуктивности (свыше 6000 к.е./га) и качества кормов, поддержания фитосанитарного состояния посевов и почвы на безопасном уровне была впервые установлена целесообразность возделывания кормовых культур в семипольном севообороте (с включением кормовых многолетних травосмесей до трех лет пользования и кукурузы) по органической технологии.

Практическая значимость работы. На дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны Российской Федерации с целью получения с одного гектара севооборотной площади свыше 6000 кормовых единиц рекомендуется вводить семипольный кормовой севооборот с включением многолетних травосмесей до трех лет пользования, имеющих существенный фитосанитарный эффект, а также кукурузу, как наиболее продуктивную культуру (свыше 13000 корм. ед./га в год), обеспечивающих, высокую экономическую (уровень рентабельности 88,1-113,2%) и энергетическую (коэффициент энергетической эффективности 4,28-9,57) эффективность.

В данных условиях целесообразно использование органической технологии возделывания, предусматривающей применение органических удобрений (соломы зерновых культур, навоза КРС в дозе 60 т/га под кукурузу, сидератов), комбинированной системы основной обработки почвы на основе семипольного севооборота без применения минеральных удобрений и пестицидов. Данная система оптимизирует фитосанитарные показатели посевов и почвы: снижает обилие сорных растений на 13,3-15,4%, уменьшает долю трудноискоренимых корнеотпрысковых и корневищных групп сорных растений до 10,4-63,9% при увеличении видового разнообразия (14 многолетних и 26 малолетних); сокращает потенциальную засоренность почвы вегетативными органами размножения многолетних сорных растений на 14-70%, минимизирует распространенность болезней однолетних и многолетних трав, кукурузы, а также снижает численность фитофагов на 9,7%. Кроме того, обеспечивает среднюю прибавку продуктивности 26,8% в сравнении с контролем, при повышении качественных

показателей урожая, наибольшую экономическую и энергетическую эффективность – снижение производственных затрат в 1,5-2,0 раза в сравнении с биологизированной и интенсивными технологиями, получение уровня рентабельности в среднем 132,9% при окупаемости дополнительных затрат 4,86 руб., приводит к увеличению на 25-70% коэффициента энергетической эффективности (до 6,84).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Влияние уровня питания и защиты растений в технологиях возделывания кормовых культур на изменение показателей обилия сорных растений;
2. Изменение потенциальной засоренности почвы органами размножения сорных растений в зависимости от уровня питания и защиты растений при возделывании кормовых культур;
3. Действие технологий возделывания, различающихся уровнем питания и защиты растений, на динамику изменения показателей фитосанитарного состояния посевов кормовых культур: численность насекомых-вредителей, распространенность и степень развития заболеваний;
4. Изменение урожайности и продуктивности культур кормового севооборота под влиянием технологий их возделывания, различающихся интенсивностью системы удобрения и защиты растений;
5. Экономическая и энергетическая эффективность различных по интенсивности и экологической направленности технологий производства продукции кормовых культур.

Личный вклад соискателя. На основе анализа отечественных и зарубежных источников автором подтверждены актуальность и значимость исследований по теме. Автор самостоятельно запланировал программу исследований, в соответствии с которой лично осуществлял полевые и лабораторные учеты, наблюдения и исследования согласно методикам. Ежегодно автор представлял научные отчеты, доклады на научные мероприятия, научные статьи для публикации, в результате самостоятельного обобщения которых была подготовлена диссертационная работа, сформулированы выводы и заключение, рекомендации производству. Рукопись диссертации прошла редакцию научного руководителя.

Достоверность результатов исследований. Представленная работа характеризуется завершенностью, достоверность научных исследований обеспечена большим объемом экспериментальных данных за 4 года (2018-2021 гг.), полученных в условиях полевого опыта, заложенного и сопровождаемого в соответствии с предъявляемыми требованиями, а также подтверждена статистическими критериями дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов, проведенных с помощью программ «Disant», «Statistica», «Microsoft Excel».

Исследования выполнялись в соответствии с планами научно-исследовательской работы кафедры «Агрономия» ФГБОУ ВО Ярославский ГАУ (бывш. Ярославская ГСХА) и Ярославского НИИЖК – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», а ее результаты вошли в отчеты по темам, имеющим государственную регистрацию.

Объекты и предметы исследования. Объектами исследования являлись: посевы кормовых культур – вико-овсяной смеси (однолетних трав), многолетних травосмесей (люцерна изменчивая, овсяница луговая, тимофеевка луговая) трех лет пользования, зерновых и зернобобовых культур (яровой и озимой тритикале, горохо-овсяно-тритикалиевой смеси, ячменя), кукурузы; почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая нормального увлажнения. Предмет исследования – элементы технологий возделывания – системы удобрения различной интенсивности и защиты растений в многолетнем полевом опыте.

Методология и методы исследований. Методология исследований выбрана на основе анализа научных публикаций отечественных и зарубежных авторов. Основным методом исследования был полевой опыт, также использовались общепринятые лабораторные методики, из теоретических методов использовался статистический анализ (дисперсионный, корреляционно-регрессионный).

Апробация работы. Основные положения результатов исследований доложены и получили положительную оценку на научно-практических мероприятиях и конференциях: II Международной научно-практической конференции «Научные основы повышения эффективности сельскохозяйственной продукции» (Харьковский НАУ им. В.В. Докучаева, Украина, Харьков, 2018 г.); IV Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в земледелии» (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2019 г.); Международной научно-практической конференции «Органическое сельское хозяйство: опыт, проблемы и перспективы» (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2020-2022 г.); III Международной конференции AGRITECH-III – 2020: Агробизнес, экологический инжиниринг и биотехнологии (ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, 2020 г.); Международной научно-исследовательской конференции по продовольственной безопасности и сельскому хозяйству (CFSA 2021) (Всемирный НИИ виноградарства и виноделия «Магарах» РАН, г. Ялта, Крым, 2021 г.); III Международной научной конференции «Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России» (ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, 2022 г.).

По материалам диссертации опубликовано 17 печатных работ, в т.ч. 4 в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Основные положения работы имеют практическую апробацию на производстве в ООО «Племзавод Родина» Ярославского района Ярославской области на площади 160 га, где была установлена эффективность органических технологий в формировании устойчивой продуктивности культурных растений при высоком экономическом эффекте.

Структура и объём научно-квалификационной работы. Основное содержание работы изложено на 244 страницах компьютерного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, предложений производству, включает 37 таблиц и 12 рисунков, 39 приложений. Список использованных источников имеет 256 наименований, в том числе зарубежных – 52.

За оказанную помощь и консультации автор выражает благодарность научному руководителю к.с.-х.н, доценту Труфанову Александру Михайлови-

чу, преподавателям и сотрудникам кафедры «Агрономия», а также руководству и сотрудникам Ярославского НИИЖК – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса».

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2018-2021 годах в совместном опыте Ярославского НИИЖК – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса» и кафедры агрономии ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ» (бывш. Ярославская ГСХА).

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая с содержанием гумуса – 1,87%; рН – 5,6; P₂O₅ – 150-190 мг/кг почвы; K₂O – 100-120 мг/кг почвы.

Климат – умеренно-континентальный с избыточным увлажнением. Погодные условия за период наблюдений довольно сильно различались: 2018 и 2021 годы характеризовались повышенной температурой воздуха, но сильно различались по характеру увлажнения (в первом случае сумма осадков была на уровне многолетних данных, во втором наблюдался их избыток), а 2019 и 2020 годы были близки по тепловым свойствам к среднемноголетним наблюдениям, тогда как по количеству осадков вегетационный период 2020 года был самым переувлажненным. Таким образом, метеорологические условия 2018-2021 годов исследований позволили изучить эффективность технологий производства продукции кормовых культур в разнообразных условиях.

Опыт заложен в 2017 году методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта трехкратная. Схема опыта включает 35 вариантов. Площадь под культурой 600 м² (20 м x 30 м) – делянки первого порядка (фактор А), на делянках второго порядка площадью 120 м² (30 м x 4м) изучаются технологии возделывания (фактор В). Схема опыта:

Фактор А – Культура севооборота:

1. Однолетние травы (вико-овсяная смесь в соотношении 1:1) с подсевом многолетних трав (люцерна изменчивая + тимофеевка луговая + овсяница луговая в соотношении 2:1:1).

2. Многолетние травы 1 г.п. (с 2018 года);

3. Многолетние травы 2 г.п. (с 2019 года);

4. Многолетние травы 3 г.п. (с 2020 года);

5. Зерновые (зернобобовые) на зеленую массу (в 2018 г. – смесь гороха полевого, овса, яровой тритикале, 2019 г. – озимая тритикале, 2020, 2021 гг. – яровая тритикале) + поукосно рапс;

6. Ячмень на зерно;

7. Кукуруза на силос.

Фактор В – Технология возделывания (фоны питания, защита растений):

1. Экстенсивная, контроль – без удобрений и пестицидов, кукуруза – 4 т/га извести.

2. Интенсивная – минеральные и органические удобрения вносятся дифференцированно по культурам севооборота, вносится известь: однолетние травы – $N_{60}P_{60}K_{90}$, многолетние травы всех лет пользования – $P_{60}K_{90}$, зерновые – $N_{60}P_{60}K_{90}$, рапс поукосно – $N_{90}P_{90}K_{135}$, ячмень – $N_{60}P_{60}K_{90}$ + рапс поукосно, кукуруза – ячменная солома + 60 т/га навоза КРС + 4 т/га извести + $N_{100}P_{100}K_{120}$.

3. Высокоинтенсивная – повышенные дозы минеральных и органических удобрений вносятся дифференцированно по культурам севооборота, вносится известь и проводится химическая защита растений: однолетние травы – $N_{90}P_{90}K_{135}$, многолетние травы всех лет пользования – $P_{90}K_{135}$, зерновые – $N_{90}P_{90}K_{135}$, рапс поукосно – $N_{90}P_{90}K_{135}$, ячмень – $N_{90}P_{90}K_{135}$ + рапс поукосно + химическая защита растений, кукуруза – ячменная солома + 60 т/га навоза КРС + 4 т/га извести + $N_{125}P_{125}K_{150}$ + химическая защита растений.

4. Органическая – без минеральных удобрений и пестицидов. В качестве органических удобрений используются сидерат (рапс) + ячменная солома + последний укос многолетних трав на сидерат + навоз КРС 60 т/га под кукурузу + 4 т/га извести под кукурузу.

5. Биологизированная – основана на биологических факторах с ограниченным применением минеральных удобрений, без химических средств защиты: однолетние травы – $N_{30}P_{30}K_{45}$, многолетние травы всех лет пользования – $P_{30}K_{45}$, зерновые – $N_{30}P_{30}K_{45}$, рапс поукосно – $N_{30}P_{30}K_{45}$, ячмень – $N_{30}P_{30}K_{45}$, кукуруза – ячменная солома + 60 т/га навоза КРС + 4 т/га извести + $N_{50}P_{50}K_{60}$.

Дозы минеральных удобрений в интенсивных технологиях устанавливались на основе оптимальных значений для Ярославской области, в высокоинтенсивных – дозы увеличены в 1,5 раза, в биологизированных – уменьшены в 2 раза. Формы внесения удобрений: азотные – аммиачная селитра (N – 34,5%), сложные удобрения – азофоска (NPK – 16:16:16%), калийные – калий хлористый (K – 60%), в 1 т навоза КРС в среднем содержалось 3,5 кг азота, 2 кг фосфора и 2,5 кг калия. В качестве гербицида применялся Диален супер в норме 0,5-0,7 л/га на ячмене и 1,0-1,5 л/га на кукурузе на высокоинтенсивной технологии.

Учет численности сорных растений проводился по методике Б.А. Смирнова, В.И. Смирновой с помощью рамок 1 м² – для многолетних сорных растений, 1/16 м² – для малолетних. Накопление сухой массы определялось одновременно с учетом численности при высушивании до постоянной массы в термостате при температуре 105 °С; видовой состав сорных растений определялся в процентах к их общей численности; определение потенциальной засоренности почвы семенами сорных растений осуществлялось методом малых проб; запас органов вегетативного размножения многолетних сорных растений – методом раскопок; учёт пораженности зерновых культур заболеваниями проводился по методике ВНИИЗР с отбором 2 проб по 20 растений с и определением распространенности и интенсивности болезни; количество насекомых-вредителей определяли визуальным методом на пробных площадках 0,25 м² и

ловлей сачком (кошение); урожайность всех полевых культур учитывали сплошным поделяночным методом; содержание кормовых единиц в продукции кормовых культур определялось в лаборатории расчетным методом через определение обменной энергии, содержащейся в сыром протеине, клетчатке, жире, растворимых и легкогидролизуемых углеводах, определяемых по ГОСТ; экономическая оценка технологий возделывания приведена на основании действующих в хозяйствах области нормативов, цен на продукцию и материалы, а так же действующих методик; статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного (с преобразованием данных по Б. А. Доспехову) и корреляционно-регрессионного анализов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Численность сорных растений в посевах кормовых культур. Численность сорных растений является объективным показателем засоренности посевов культур, наиболее часто используемым для оценки обилия сорных растений.

Показатель общей численности сорных растений снижался при возделывании многолетних трав, причем с увеличением срока пользования до трех лет он достоверно уменьшался от 3,6 раз до 7,0 раз по сравнению с предшественником (однолетними травами), при этом снижалась и численность обеих биологических групп сорных растений – многолетних (в среднем на 59,7%) и малолетних (существенно – в 8,8 раза). Этот эффект можно использовать как фитоценотический способ контроля численности сорной растительности и в посевах последующих культур – в нашем опыте общая численность сорных растений была ниже и в посевах зерновых и ячменя в среднем на 53,2%, что также можно объяснить заделкой сидерата – ярового рапса, послужившего биологическим барьером для сорной растительности (табл. 1).

Изучаемые технологии возделывания способствовали снижению численности многолетних сорных растений по сравнению с контрольной экстенсивной (в среднем от 22,7% на органической до 63,0% на биологизированной), при этом достоверные изменения касались однолетних и многолетних трав 1 г.п., а также кукурузы. Общая численность сорных растений и численность малолетних сорных растений в основном снижалась несущественно, за исключением трав третьего года пользования. В среднем экологические технологии возделывания – биологизированная и, особенно, органическая, снижали показатель общей численности сорняков в большей степени – на 10,5 и 15,4% соответственно, что говорит о возможности их использования при возделывании культур кормового севооборота без опасности увеличения численности сорных растений.

Таблица 1. Численность и сухая масса сорных растений в посевах кормовых культур (в среднем за период исследований)

Вариант		Численность, шт/м ²			Сухая масса, г/м ²		
		всего	в том числе		всего	в том числе	
Фактор А – культура севооборота	Фактор В. – технология возделывания		много-летние	мало-летние		много-голет-ние	мало-летние
Однолетние травы с подсевом многолетних трав	Контроль (б/у)	82,3	19,3	63	38,2	22,0	16,2
	Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀)	60,6**	10,6**	50	39,7	19,3	20,4
	Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅)	71,0	9,0**	62	59,4**	23,3	36,1**
	Органическая	69,9	13,9	56	33,0	21,9	11,1
	Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅)	71,8	8,8**	63	39,0	20,9	18,1
Многолетние травы 1 года пользования	Контроль (б/у)	21,5	11,5	10*	16,1	10,5	5,6
	Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	23,1	7,1	16	10,2	8,0	2,2
	Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	15,8	5,8**	10*	15,2	10,9	4,3
	Органическая	17,4	6,4**	11	9,5	7,5	2,0
	Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	19,0	6,0**	13*	10,9	8,6	2,3
Многолетние травы 2 года пользования	Контроль (б/у)	15,2*	8,2	7*	8,7	8,0	0,7
	Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	8,3*,**	6,3	2*,**	8,5	8,4	0,1
	Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	10,0*	5,1	5*	8,7	8,5	0,2
	Органическая	17,5	7,5	10	7,7	7,2	0,5
	Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	20,5	7,5	13*,**	12,9	11,7	1,2
Многолетние травы 3 года пользования	Контроль (б/у)	14,1*	11,1	3*	8,5	8,4	0,1
	Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	6,9*,**	6,9	0*,**	6,3	6,3	0,0
	Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	11,3*	11,3	0*,**	12,0	12,0	0,0
	Органическая	10,8*	7,8	3*	7,9	7,6	0,3
	Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	8,5*,**	7,5	1*,**	8,2	7,5	0,7
Зерновые (зернобобовые)	Контроль (б/у)	42,2	5,2	37	19,5	4,4	15,1
	Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀)	52,5	4,5	48	37,6**	5,1	32,5**
	Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅)	54,2	8,2	46	29,3	5,4	23,9**
	Органическая (Сид)	38,3	3,3	35	26,0	4,1	21,9
	Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅)	46,1	4,1	42	26,0	5,0	21,0
Ячмень	Контроль (б/у)	51,3	10,3	41	23,9	15,8	8,1
	Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Сид)	47,6	8,6	39	38,9**	13,4	25,5**
	Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅ + Сид + ХЗР)	47,1	7,1	40	38,1**	16,8	21,3**
	Органическая (Сид)	42,6	11,6	31	23,2	12,7	10,5
	Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅ + Сид)	43,6	6,6	37	31,3	15,8	15,5**
Кукуруза	Контроль (И)	66,9	18,9	48	99,0	27,1	71,9
	Интенсивная (И + N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀ + Н + С)	62,2	15,2	47	90,8	19,5	71,3
	Высокоинтенсивная (И + N ₁₂₅ P ₁₂₅ K ₁₅₀ + Н + С + ХЗР)	53,4	12,4**	41	92,1	22,8	69,3
	Органическая (И + Н + С)	57,5	17,5	40	81,3	15,7**	65,6
	Биологизированная (И + N ₅₀ P ₅₀ K ₆₀ + Н + С)	52,9	10,9**	42	119,9	21,1	98,8**

* Различия существенны по фактору А – культура севооборота.

** Различия существенны по фактору В – технология возделывания.

Сид – сидерат, С – солома, Н – навоз, И – известь, ХЗР – химическая защита растений.

Накопление сухой массы сорными растениями. В наших исследованиях показатель сухой массы сорных растений находился в корреляционной зависимости с их численностью. Так, в среднем за период исследований 2018-2021 гг. наблюдалась существенная прямая связь как общей численности и массы сорных растений ($r = 0,69$, $r^2 = 0,47$, $p = 0,0000005$), так и показателей отдельных их групп – многолетних ($r = 0,73$, $r^2 = 0,53$, $p = 0,000001$) и малолетних ($r = 0,58$, $r^2 = 0,34$, $p = 0,0002$).

Более эффективным для снижения сухой массы сорных растений было выращивание в севообороте многолетних трав, причем их использование до трех лет может полностью искоренить малолетние виды (до массы менее $1,0 \text{ г/м}^2$) и снизить до минимальных значений массу многолетних (в среднем до $8,4 \text{ г/м}^2$, то есть в 2,6 раза по сравнению с покровной культурой). Данный эффект также сказался и в посеве следующей культуры – зерновых, обеспечив снижение массы многолетних сорняков (в среднем в 4,5 раза) по сравнению с однолетними травами. Выращивание пропашной культуры – кукурузы, особенно на фоне применения под нее навоза в биологизированной технологии, привело к максимальной засоренности посева, особенно малолетними сорняками (увеличение массы составило в среднем 3,7 раза в сравнении с однолетними травами).

Что касается технологий возделывания, то в сравнении с контрольной экстенсивной практически все из них способствовали повышению сухой массы (за исключением посевов многолетних трав). Причем достоверное увеличение было характерно для высокоинтенсивной (в среднем на 19,9% по общей массе и 32,0% по массе малолетних видов сорняков), интенсивной (в среднем на 29,9% по массе малолетников) и биологизированной (в среднем на 34,0% по массе малолетних сорных растений) технологий. В среднем по всем культурам севооборота лишь органическая технология возделывания способствовала тенденции к снижению сухой массы (общей на 13,3%, массы многолетних видов – на 26,9, малолетних – на 4,9%).

Динамика изменения численности сорных растений при сравнении периодов начала и конца вегетации культур характеризовалась снижением (от 20,9% на вариантах однолетних трав до 2,0 раз – на вариантах многолетних) при применении всех изучаемых технологий возделывания (от 72,7% на органической до 2,0 раз – на биологизированной). При этом более устойчивой оказалась биологическая группа многолетних сорных растений, так как зачастую характеризовалась повышением численности (на 2,7-24,3%), занимая нишу исчезнувших малолетних сорняков. Динамика сухой массы, в отличие от численности, имела направление увеличения ко второй половине вегетации культур, причем прирост массы в большей степени был характерен для пропашной культуры – кукурузы в 12,2 раза, а наименьшее увеличение наблюдалось в посевах многолетних трав третьего года пользования (в 1,2 раза) и однолетних трав (в 1,4 раза). Из технологий возделывания в большей степени препятствовала приросту массы биологизированная (в 3,1 раза), а способствовала этому – контрольная (в 4,1 раза) технологии.

Видовой состав и структура сообщества сорных растений в посевах культур кормового севооборота. Учет видового состава и структуры сорного

компонента агрофитоценозов культур кормового севооборота позволил выявить преобладающие биологические группы сорных растений. За период исследований 2018-2021 гг. общее количество видов многолетних сорных растений, обнаруженных в посевах культур, составило 16 из 6 биологических групп, а при подсчете малолетних сорных растений было установлено более высокое биоразнообразие – было идентифицировано 28 видов также из 6 биологических групп.

Выращивание многолетних трав в севообороте способствовало наименьшему видовому разнообразию многолетних сорных растений, причем с увеличением года пользования количество видов многолетних сорных растений снижалось с 12 до 9. Данная культура способствовала искоренению корневищных и ползучих биологических групп сорных растений практически до нулевого уровня. Выращивание ячменя и кукурузы привело к повышению доли участия наиболее «злостных» сорных растений – представителей группы корнеотпрысковых до 60,3 и 66,5%, соответственно (в основном за счет бодяка и осота полевого) и корневищных – до 29,0 и 22,0%, соответственно (за счет яснотки белой в случае с ячменем и пырея ползучего в случае с кукурузой). Полученные результаты говорят о высокой конкурентной способности многолетних трав, особенно, второго и третьего годов пользования по отношению к многолетним (в первую очередь корневищным) сорным растениям, а также о снижении таковой способности при выращивании ярового ячменя и кукурузы. По отношению к технологиям возделывания обращает на себя внимание тенденция к снижению доли участия наиболее трудноискоренимых корнеотпрысковых и корневищных сорных растений при использовании только органических удобрений в одноименной технологии (в среднем до 63,9 и 10,4% соответственно), при повышении доли участия этих сорняков на высоких агрофонах при интенсивной (корневищных до 15%) и высокоинтенсивной (корнеотпрысковых до 65%) технологиях.

Эффективность подавления сорных растений многолетними травами подтвердилась и в отношении малолетних видов, но в гораздо большей степени, причем это касается не только численности, но и видового разнообразия. Так, выращивание многолетних трав к третьему году пользования способствовало практически полному исчезновению малолетних видов – на интенсивных технологиях до нулевого уровня, на остальных – в пределах 1-3 шт/м², с преимущественным развитием мари белой (39,3%) и фиалки полевой (33,3%), что говорит о целесообразности возделывания многолетних трав в севообороте до трех лет пользования. Повышение как видового разнообразия, так и численности малолетних видов было характерно для остальных культур севооборота, особенно кукурузы и однолетних трав. С точки зрения технологий возделывания какого-либо преимущества в снижении засоренности малолетними сорными растениями интенсивные технологии не имели, несмотря на применение интенсивных фонов питания и гербицидов в высокоинтенсивной. При этом видовое разнообразие было наибольшим при использовании органической технологии, а доминирующую роль в агрофитоценозах культур, независимо от уровня питания, в технологиях играли яровые ранние виды (41-54%), а именно мари

белая (24-29,0%), также высокую долю занимали зимующие виды (до 25%) при биологизированной и двулетние (до 25%) при высокоинтенсивной технологиях с доминированием, соответственно, трехреберника непахучего (до 14,6%) и икотника серого (до 20,1%).

Потенциальная засоренность почвы органами размножения сорных растений. Засоренность посевов сельскохозяйственных культур в перспективе определяется потенциальной засоренностью почвы вегетативными органами размножения многолетних сорных растений и семенами малолетних. Корреляционно-регрессионный анализ данных по численности и сухой массе многолетних сорных растений в 2021 году свидетельствовал о наличии существенной прямой связи с длиной и сухой массой органов их вегетативного размножения – связь наблюдалась между длиной корней размножения в слое почвы 0-20 см и показателями обилия многолетних сорных растений: численностью ($r = 0,49$, $r^2 = 0,24$, $p = 0,0027$) и сухой массой ($r = 0,39$, $r^2 = 0,15$, $p = 0,002$), а также между сухой массой вегетативных органов в слое 0-20 см и сухой массой многолетних сорных растений ($r = 0,34$, $r^2 = 0,12$, $p = 0,0041$).

Уменьшению показателей развития вегетативных органов размножения многолетних сорных растений в среднем на 80,0% способствовало выращивание яровых зерновых культур (ячменя и яровой тритикале), а также многолетних трав первого (на 20,2%) и второго (в 2,3 раза) годов пользования, тогда как выращивание пропашной культуры – кукурузы привело к повышению распространения корней многолетних сорных растений в пахотном слое почвы в среднем на 27,7%, причем на варианте высокоинтенсивной технологии – существенно (табл. 2).

В среднем использование высокоинтенсивной технологии способствовало увеличению как длины (на 35,5%), так и массы (на 58,3%) корней многолетних сорных растений. При этом экологические технологии (органическая и биологизированная) возделывания способствовали снижению показателей развития корней размножения многолетних сорных растений – длины (на 13,0-14,0%) и массы (в 1,7-2,0 раза) в сравнении с контролем, а также в сравнении с высокоинтенсивной технологией в 1,5-2,7 раза.

Следует отметить, что при учете длины и сухой массы корней размножения многолетних сорных растений были идентифицированы следующие виды: корневые отпрыски осота полевого (*Sonchus arvensis* L.) и бодяка полевого (*Cirsium arvense* L.), корневища пырея ползучего (*Elytrigia repens* L.), хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.) и яснотки белой (*Lamium album* L.).

Учет потенциальной засоренности семенами малолетних сорных растений показал численность, не превышающую 30000 шт/м² (или 300,0 млн. шт/га), что соответствует средней и ниже засоренности пахотного слоя почвы 0-20 см, при этом около 90,0% всего запаса семян приходилось на семена мари белой.

Таблица 2. Органы размножения сорных растений в слое 0-20 см на 1 м²

Вариант		Вегетативные органы многолетних сорных растений		Количество семян, шт.	
		длина, см	сухая масса, г		
Фактор А – культура севооборота	Фактор В – технология возделывания				
	Однолетние травы с подсевом многолетних трав	Контроль (б/у)	75,8	3,6	10000
		Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀)	43,5	0,4	16000
		Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅)	131,7	2,1	16800
		Органическая	37,5	0,8	5600
Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅)	106,7	1,5	10000		
Многолетние травы 1 года пользования	Контроль (б/у)	60,7	0,1	13600	
	Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	26,1	0,7	9600	
	Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	43,5	0,7	8400	
	Органическая	11,9	0,2	8400	
Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	29,6	0,3	13600		
Многолетние травы 2 года пользования	Контроль (б/у)	54,4	0,4	12000	
	Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	62,7	0,7	20400	
	Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	148,5	3,5**	17200	
	Органическая	30,4	0,1	7600	
Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	33,1	0,1	8800		
Многолетние травы 3 года пользования	Контроль (б/у)	75,4	0,9	6800	
	Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	70,7	0,8	10000	
	Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	69,8	1,5	17600	
	Органическая	116,8	1,4	24400	
Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	85,0	0,5	16000		
Яровая тритикале	Контроль (б/у)	49,7	2,0	13200	
	Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀)	41,3	0,9	12400	
	Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅)	33,7	0,7	14000	
	Органическая (Сид)	67,8	0,6	9600	
	Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅)	23,3	0,4	6400	
Ячмень	Контроль (б/у)	37,5	1,0	6800	
	Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Сид)	49,4	0,3	7600	
	Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅ + Сид + ХЗР)	44,5	0,6	6000	
	Органическая (Сид)	44,5	0,5	10800	
	Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅ + Сид)	33,7	0,9	17600	
Кукуруза	Контроль (И)	100,3	0,5	13600	
	Интенсивная (И + N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀ + Н + С)	81,4	0,2	5200	
	Высокоинтенсивная (И + N ₁₂₅ P ₁₂₅ K ₁₅₀ + Н + С + ХЗР)	143,1	4,3**	16800	
	Органическая (И + Н + С)	92,6	0,7	9600	
Биологизированная (И + N ₅₀ P ₅₀ K ₆₀ + Н + С)	87,8	0,9	24800		

** Различия существенны по фактору В – технология возделывания.

Сид – сидерат, С – солома, Н – навоз, И – известь, ХЗР – химическая защита растений.

В среднем по изучаемым факторам проявилась тенденция к повышению засоренности пахотного слоя почвы 0-20 см семенами на вариантах выращивания многолетних трав второго и третьего годов пользования, а также кукурузы по сравнению с однолетними травами, соответственно, на 8,2; 14,0 и 22,2% и к снижению при выращивании многолетних трав первого года пользования, яровой тритикале и ячменя, соответственно, на 4,9; 4,9 и 15,5%. Однако накопление семян на вариантах выращивания многолетних трав не способствовало повышению засоренности малолетними сорными растениями их посевов, что говорит о подавляющем влиянии этой культуры на прорастание семян, тогда как в посевах кукурузы и однолетних трав такого эффекта не прослеживалось – наблюдалось увеличение как численности, так и сухой массы малолетних сорных растений.

Если рассмотреть влияние технологий возделывания в среднем по культурам севооборота на обилие семян малолетних сорных растений в почве, то прослеживалась тенденция к увеличению показателя при использовании вариантов с применением минеральных удобрений – интенсивных и биологизированной. Использование интенсивной технологии повысило этот показатель по сравнению с контролем на 6,8%, высокоинтенсивной – на 27,4, биологизированной – на 27,9%.

Болезни культур севооборота. При анализе заболеваемости кормовых культур, выращиваемых в севообороте, учитывались показатели распространенности и развития болезней. В целом можно отметить проявление признаков грибных инфекций.

В среднем культуры севооборота проявляли признаки заболеваний на уровне распространенности около 20%, развития – около 1,0 балла, за исключением зерновых культур (табл. 3). Однако наименьшая заболеваемость была характерна для многолетних трав первого и второго годов пользования (особенно, злаковых компонентов – овсяницы луговой и тимофеевки луговой распространенность болезней 14-15%), а также кукурузы и вики полевой в вико-овсяной смеси. В среднем более подверженными фитопатогенам были: яровая тритикале (распространенность болезней более 70% при развитии 2,3 балла), люцерна изменчивая в посевах трав третьего года пользования (распространенность 56,0%, развитие 1,7 балла). Средней пораженностью характеризовались овес в вико-овсяной смеси, озимая тритикале и ячмень.

Оценивая технологии возделывания, следует отметить снижение распространения болезней вико-овсяной смеси при использовании интенсивной (на 4,3%) и органической (на 2,1%) технологий, при повышении на остальных вариантах (в среднем на 2,0%). В посевах многолетних трав первого и второго годов пользования средняя распространенность болезней была минимальной на органическом варианте (снижение по сравнению с контролем составило 4,3% для первого года пользования и 4,6% – для второго), тогда как травы третьего года пользования заметно более сильно поражались болезнями с минимальными значениями по распространенности и развитию на высокоинтенсивной технологии (11,7% и 0,6 балла, соответственно), которые были ниже контроля на 8,9% и 0,6 балла.

Таблица 3. Фитосанитарное состояние посевов культур кормового севооборота в зависимости от технологий возделывания (в среднем за период наблюдений)

Вариант		Показатель болезней		Численность вредителей, шт./м ²
Фактор А – культура севооборота	Фактор В – технология возделывания	распространенность, %	развитие, балл	
Однолетние травы с подсевом многолетних трав	Контроль (б/у)	20,5	1,4	22,4
	Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀)	16,2	1,2	12,2**
	Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅)	21,4	1,3	13,5**
	Органическая	18,4	1,1	17,8
	Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅)	23,1	1,4	16,7
Многолетние травы 1 года пользования	Контроль (б/у)	18,8	1,0	18,7
	Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	19,0	1,3	11,3
	Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	19,6	1,1	9,3**
	Органическая	14,5	1,0	14,2
	Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	12,6	0,9	11,1
Многолетние травы 2 года пользования	Контроль (б/у)	17,2	1,0	22,4
	Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	17,0	0,9	13,3
	Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	15,8	0,8	16,0
	Органическая	12,6	0,5	18,7
	Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	15,2	0,8	16,4
Многолетние травы 3 года пользования	Контроль (б/у)	20,6	1,2	17,3*
	Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	30,6	1,0	15,3
	Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	11,7**	0,6	14,0
	Органическая	45,6**	1,2	16,7
	Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	34,4	0,9	24,0
Зерновые (зернобобовые)	Контроль (б/у)	45,8	1,2	15,8*
	Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀)	48,8	2,0	16,2
	Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅)	46,3	2,1	23,9
	Органическая (Сид)	48,3	1,9	15,0
	Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅)	49,6	1,7	13,6
Ячмень	Контроль (б/у)	27,3	1,3	17,4*
	Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Сид)	22,4	1,3	11,9
	Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅ + Сид + ХЗР)	25,6	1,1	13,0
	Органическая (Сид)	31,6	1,5	19,4
	Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅ + Сид)	22,5	1,2	15,1
Кукуруза	Контроль (И)	22,1	0,7	7,3*
	Интенсивная (И + N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀ + Н + С)	20,0	0,8	7,5
	Высокоинтенсивная (И + N ₁₂₅ P ₁₂₅ K ₁₅₀ + Н + С + ХЗР)	17,5	0,6	8,5
	Органическая (И + Н + С)	16,3	0,8	7,7
	Биологизированная (И + N ₅₀ P ₅₀ K ₆₀ + Н + С)	21,3	1,2	7,3

* Различия существенны по фактору А – культура севооборота.

** Различия существенны по фактору В – технология возделывания.

Сид – сидерат, С – солома, Н – навоз, И – известь, ХЗР – химическая защита растений.

Распространение болезней кукурузы было минимальным также при использовании органической технологии – 16,3%, что ниже контроля на 5,8%, а по сравнению с интенсивными технологиями – меньше в среднем на 2,5%. Обращает на себя внимание факт снижения заболеваемости при использовании высокоинтенсивной технологии возделывания яровой тритикале и ячменя – распространение болезней в их посевах снизилось, соответственно, на 9,1 и 1,7%.

Распространенность фитофагов в посевах кормовых культур. Вредные насекомые зачастую являются фактором снижения урожайности культур, особенно в условиях невозможности применения химических способов их контроля. В среднем за период наших исследований (2018-2021 гг.) наблюдалась существенная отрицательная (обратная) корреляционная связь средней тесноты между общей численностью насекомых-вредителей и продуктивностью культур кормового севооборота – сбора кормовых единиц с 1 га ($r = -0,63$, $r^2 = 0,40$, $p = 0,00004$).

В среднем по изучаемым факторам наименьшему распространению вредителей способствовало выращивание кукурузы, снижение по сравнению с однолетними травами составило в среднем 2,1 раза (см. таблицу 3). Выращивание ячменя имело тенденцию к снижению показателя в среднем на 7,8%, особенно на контроле. Динамику снижения распространения вредителей в посевах ячменя и кукурузы можно объяснить положительным влиянием заделки сидерата – ярового рапса после выращивания зерновых (зернобобовых) культур.

При сравнении технологий возделывания выявлена четкая закономерность снижения общей численности вредных насекомых при использовании технологий возделывания с применением удобрений по сравнению с экстенсивной контрольной технологией. При этом использование минеральных форм удобрений в дополнение к органическим в низких (на биологизированной технологии), средних (на интенсивной технологии) и повышенных (на высокоинтенсивной технологии) дозах привело к снижению показателя в среднем, соответственно, на 21,5, 39,8 и 28,5%. Использование только органических форм удобрений в одноименной технологии способствовало тенденции к снижению численности вредителей на 9,7%.

Продуктивность культур севооборота. Культуры кормового севооборота по-разному реагировали на возделывание их по различным по интенсивности и экологизации технологиям, однако в среднем по всем изучаемым факторам продуктивность севооборота за период 2018-2021 гг. составила более 6000 корм. ед./га, а урожайность основной продукции выращиваемых культур возростала при применении удобрений по сравнению с контролем (табл. 4).

Таблица 4. Продуктивность культур кормового севооборота в среднем за период исследований

Технология возделывания	Урожайность основной продукции, ц/га	Продуктивность, к.е. / га
Однолетние травы (вико-овсяная смесь) с подсевом многолетних трав на з/м		
Контроль (б/у)	197,3	3685
Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀)	240,7	4130
Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅)	252,6	4437
Органическая	225,5	4150
Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅)	277,3	4773
Среднее по культуре севооборота	238,7	4235
НСР ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅
Многолетние травы на з/м (в среднем за 3 года пользования)		
Контроль (б/у)	280,8	5218
Интенсивная (P ₆₀ K ₉₀)	346,5	5668
Высокоинтенсивная (P ₉₀ K ₁₃₅)	351,5	6217
Органическая	256,1	4916
Биологизированная (P ₃₀ K ₄₅)	313,7	5706
Среднее по культуре севооборота	309,7	5545
НСР ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅
Зерновые (зернобобовые) на з/м		
Контроль (б/у)	145,9	2925
Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀)	206,7	3915
Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅)	200,6	3818
Органическая (Сид)	158,1	3165
Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅)	164,6	3123
Среднее по культуре севооборота	175,2	3389
НСР ₀₅	33,2	734
Ячмень на зерно		
Контроль (б/у)	23,9	2693
Интенсивная (N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Сид)	31,6	3583
Высокоинтенсивная (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅ + Сид + ХЗР)	33,8	3760
Органическая (Сид)	27,5	3088
Биологизированная (N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅ + Сид)	26,9	3000
Среднее по культуре севооборота	28,7	3225
НСР ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅
Кукуруза на з/м		
Контроль (И)	335,7	5290
Интенсивная (И + N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀ + Н + С)	797,5	16948
Высокоинтенсивная (И + N ₁₂₅ P ₁₂₅ K ₁₅₀ + Н +С+ ХЗР)	874,2	18240
Органическая (И + Н + С)	612,7	12860
Биологизированная (И + N ₅₀ P ₅₀ K ₆₀ + Н + С)	731,2	14750
Среднее по культуре севооборота	670,3	13618
НСР ₀₅	113,5	4519
В среднем по севообороту		
Контроль	-	4410
Интенсивная	-	6718
Высокоинтенсивная	-	7266
Органическая	-	5594
Биологизированная	-	6151
Среднее	-	6028
НСР ₀₅	-	1755

Сид – сидерат, С – солома, Н – навоз, И – известь, ХЗР – химическая защита растений.

Так, прирост зеленой массы однолетних трав на интенсивных фонах (интенсивная и высокоинтенсивная технологии) в среднем составил 24,5%, на экологических технологиях (органическая и биологизированная) в среднем – 27,4%; многолетних трав в среднем по годам пользования, соответственно, 25,5 и 5,4%; зерновых (зернобобовых), соответственно, 39,7 и 10,3%; урожайность зерна ячменя возростала, соответственно, на 36,8 и 13,8%; кукурузы на зеленую массу, соответственно, в 2,5 и 2,0 раза. Причем существенная прибавка урожайности кукурузы отмечалась на всех технологиях, а также при интенсивных технологиях выращивания зерновых (зернобобовых) культур.

В среднем по технологиям возделывания, кукуруза способствовала наибольшему выходу кормовых единиц на 1 га – 13618, превосходящему все культуры севооборота. В среднем за период исследований при сравнении технологий возделывания (в среднем по культурам севооборота) отмечена закономерность повышения продуктивности на интенсивных технологиях по сравнению с контролем (на 52,3% при интенсивной и на 64,8% при высокоинтенсивной), на вариантах экологических технологий прибавка продуктивности носила характер тенденции (39,5% при биологизированной и 26,8% – при органической). Несмотря на отсутствие минеральных удобрений и пестицидов, при органической технологии продуктивность культур кормового севооборота в среднем существенно не снижалась, как в сравнении с интенсивной, так и высокоинтенсивной технологиями, но наблюдалась тенденция к снижению, соответственно, на 20,1 и 29,9%. При этом качественные показатели урожая были выше за счет присутствия в травостое однолетних и многолетних трав и смесей большего количества бобового компонента, при снижении доли разнотравья, а также за счет увеличения количества более ценных в кормовом отношении частей урожая кукурузы.

Экономическая и энергетическая эффективность технологий возделывания кормовых культур. Одними из важных и определяющих показателей эффективности агротехнологий являются экономические. Если сравнить выращиваемые культуры в среднем по вариантам технологий возделывания, то можно отметить получение условного чистого дохода и рентабельного производства продукции практически всех культур севооборота, за исключением выращивания ячменя по интенсивным технологиям. При этом более выгодным с экономической точки зрения оказалось выращивание многолетних трав и кукурузы на зеленую массу – высокая стоимость валовой продукции и чистый доход обеспечили максимальный уровень рентабельности в среднем 88,1% при выращивании кукурузы и 113,2% при выращивании многолетних трав (в среднем по годам пользования). При усреднении значений по вариантам технологий возделывания выявлена четкая тенденция к увеличению экономических показателей при использовании органической технологии в сравнении как с контролем, так и с другими технологиями. Это было обусловлено минимальными производственными затратами – на уровне экстенсивной технологии при достаточно высокой урожайности и стоимости валовой продукции. В итоге средняя себестоимость продукции кормовых культур была на уровне контрольного варианта 207,8 руб/ц, что ниже

интенсивных технологий в 1,9-2,3 раза, а биологизированной – в 1,5 раза, был получен максимальный условный чистый доход (в среднем 3717,8 тыс. руб/100 га) и уровень рентабельности – 132,9%, превысивший контроль на 27,5%, интенсивные технологии – на 83,0-88,6, биологизированную – на 46,6%.

Для более объективной оценки технологий, исключая влияние стоимости удобрений и продукции растениеводства, целесообразно использовать показатели энергетической оценки. При их сравнении, в среднем по технологиям возделывания, выявлена положительная динамика энергетических показателей.

Наибольшая эффективность как по коэффициенту энергетической эффективности, так и по снижению энергетической себестоимости урожая, отмечалась при выращивании многолетних трав: коэффициенты изменялись в пределах 7,17-19,37, а себестоимость – 0,21-0,91 ГДж/т. Следует отметить, что из-за высокого уровня урожайности и большого количества полученной с ней энергии, чистый энергетический доход был максимальным (357,81 ГДж/га) при выращивании кукурузы по высокоинтенсивной технологии, при этом, энергетическая себестоимость ее урожая, наряду с многолетними травами, также снижалась в сравнении с однолетними травами в среднем на 31,6%.

При сравнении технологий возделывания (в среднем по культурам севооборота) чистый энергетический доход закономерно увеличивался на вариантах с применением удобрений по сравнению с контролем в среднем: на органической на 9,5%, биологизированной – на 23,6, интенсивной – на 31,0, высокоинтенсивной – на 33,0%, при этом в большей степени возрастали и затраты энергии, соответственно, в среднем в 1,4; 2,1; 2,8 и 3,2 раза. Это в итоге привело к снижению по сравнению с экстенсивной технологией коэффициентов энергетической эффективности: при органической технологии на 26,0-29,8%, при биологизированной – на 58,6-69,8%, при интенсивной – в 1,9-2,1 раза, при высокоинтенсивной – в 2,1-2,4 раза. Соответственно, увеличивалась и энергетическая себестоимость урожая, на варианте биологизированной технологии в 1,7 раза, интенсивной – в 2,1 раза, высокоинтенсивной – в 2,6 раза, лишь в варианте органической технологии она была на уровне контроля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показатель общей численности сорных растений достоверно снижается при возделывании многолетних трав от 3,6 раз до 7,0 раз по сравнению с предшественником. Экологические технологии возделывания – биологизированная с минимальным минеральным фоном и, особенно, органическая с органическим фоном питания, снижают показатель общей численности сорняков – на 10,5 и 15,4% соответственно, по сравнению с контролем.

2. Более эффективным для снижения сухой массы сорных растений является выращивание в севообороте многолетних трав, причем их использование до трех лет может полностью искоренить малолетние виды (до массы менее 1,0 г/м²) и существенно снизить до минимальных значений массу многолетних (до 8,3 г/м²). В сравнении с контрольной практически все изучаемые технологии

способствуют повышению сухой массы, достоверное увеличение характерно для технологий с применением минеральных удобрений – высокоинтенсивной (до 19,9%), интенсивной (до 29,9%) и биологизированной (до 34,0%). Органическая технология, несмотря на отсутствие агрохимикатов, способствует снижению сухой массы (многолетних видов – на 26,9%, малолетних – на 4,9%).

3. Выращивание многолетних трав способствует наименьшему видовому разнообразию многолетних сорных растений, искоренению корневищных и ползучих их групп, при повышении доли стержнекорневых (до 38,4%), а также исчезновению малолетних видов. Установлена тенденция к снижению доли участия наиболее трудноискоренимых корнеотпрысковых и корневищных сорных растений на минимальном фоне питания при использовании органической технологии (до 63,9 и 10,4% соответственно), при повышении доли участия этих сорняков на высоком агрофоне – в интенсивной (корневищных до 15,3%) и высокоинтенсивной (корнеотпрысковых до 65,6%) технологиях. Видовое разнообразие было наибольшим при использовании органической и интенсивной технологий, а доминирующую роль в агрофитоценозах культур, независимо от технологии и фона питания, играли яровые ранние виды (41,7-54,1%).

4. Уменьшению показателей развития вегетативных органов размножения многолетних сорных растений на 80,0-90,0% способствует выращивание яровых зерновых культур (ячменя и яровой тритикале), многолетних трав первого (на 20,2%) и второго (в 2,3 раза) годов пользования. Использование высоких доз удобрений в высокоинтенсивной технологии способствует увеличению длины (на 35,5%) и массы (на 58,3%) корней размножения. Экологические технологии возделывания – органическая и биологизированная – приводят к снижению данных показателей: длины (на 13,0-14,0%) и массы (в 1,7-2,0 раза) в сравнении с контролем.

5. На вариантах выращивания многолетних трав второго и третьего годов пользования, а также кукурузы по сравнению с однолетними травами, количество семян малолетних сорных растений увеличивается на 8,2-22,2%, при снижении в посевах многолетних трав первого года пользования, яровой тритикале и ячменя – на 4,9-15,5%. Использование интенсивных технологий с высоким агрофоном повышает численность семян в пахотном слое почвы в сравнении с контролем и органической технологией на 6,8-27,9%.

6. Наименьшая заболеваемость характерна для многолетних трав первого и второго годов пользования и кукурузы. Наиболее подверженными фитопатогенам являются: яровая тритикале (распространенность болезней более 70% при развитии 2,3 балла), люцерна изменчивая в посевах трав третьего года пользования (распространенность 56%, развитие 1,7 балла). Снижение распространения болезней вико-овсяной смеси отмечается при использовании интенсивной (на 4,3%) и органической (на 2,1%) технологий. В посевах многолетних трав первого и второго годов пользования минимальная распространенность болезней отмечена на органическом варианте (снижение составляет 4,3%-4,6%), минимальное распространение болезней кукурузы также наблюдается при использовании органической технологии – 16,3%. Высокоинтенсивная технология с применением пестицидов и высоких доз удобрений была более эф-

фективной в посевах яровой тритикале и ячменя – распространение болезней снизилось, соответственно, на 9,1 и 1,7%.

7. Снижению общей распространенности вредных насекомых в севообороте способствует выращивание многолетних трав (на 6,5%), особенно, кукурузы (в 2,1 раза). Применение минеральных удобрений в дополнение к органическим в интенсивных технологиях возделывания приводит к минимальному распространению вредителей в среднем по культурам кормового севооборота – 11,3-12,3 шт./м², что ниже контроля на 28,5-39,8%.

8. Кукуруза в севообороте способствует наибольшему выходу кормовых единиц с 1 га – 13618 в среднем за 2018-2021 гг., прибавка продуктивности по сравнению с другими культурами составляет 2,5-4,2 раза. Продуктивность существенно увеличивается на интенсивных фонах питания в соответствующих технологиях по сравнению с контролем (на 52,3-64,8%), на вариантах экологических технологий прибавка продуктивности носит характер тенденции (на 39,5% при биологизированной и 26,8% при органической). При отсутствии минеральных удобрений и пестицидов в органической технологии продуктивность культур в сравнении с интенсивными несущественно снижается – на 20,1-29,9%, при повышении качественных показателей урожая.

9. Снижение экономических (на 10,1%) и энергетических (на 67,6%) затрат на получение зеленой массы многолетних трав, при трехукосном трехлетнем использовании в кормовом севообороте, обеспечивает максимальные показатели экономической (уровень рентабельности в среднем 113,2%) и энергетической (коэффициент энергетической эффективности 9,57) эффективности их выращивания.

10. Органическая технология обеспечивает прибавку продуктивности в сравнении с контролем, при этом экономия затрат на выращивание культур севооборота составляет до 2,1 раз в сравнении с интенсивными технологиями. На варианте органической технологии получены максимальные уровень рентабельности 132,9% и окупаемость дополнительных затрат 4,86. По коэффициенту энергетической эффективности (6,84) органическая технология также имеет преимущество по сравнению с интенсивными на 60-70%, по сравнению с биологизированной – 25-30% и уступает лишь контрольной (экстенсивной) технологии.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

На дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны Российской Федерации с целью получения с одного гектара севооборотной площади свыше 6000 кормовых единиц рекомендуется вводить семипольный кормовой севооборот с включением многолетних травосмесей до трех лет пользования и кукурузы, обеспечивающих высокую экономическую (уровень рентабельности 88,1-113,2%) и энергетическую (коэффициент энергетической эффективности 4,28-9,57) эффективность. Для оптимизации фитосанитарных показателей посевов и почвы, получения прибавки продуктивности в среднем на 26,8%, наибольшей экономической и энергетической эффективности целесообразно использование

органической технологии возделывания, предусматривающей применение органических удобрений (соломы зерновых культур, навоза КРС в дозе 60 т/га под кукурузу, сидератов) на основе севопольного севооборота.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИСЕРТАЦИИ

Список журналов, рекомендованных ВАК:

1. Романина, Я. С. Болезни культур кормового севооборота в зависимости от технологий их возделывания / Я. С. Романина, Т. И. Афанасьева, А. М. Труфанов, Т. П. Сабирова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 1(53). – С. 5-12. – DOI 10.35694/YARCX.2021.53.1.001.

2. Романина Я. С. Динамика численности жужелиц в посевах кормовых культур, выращиваемых по различным технологиям / Т. И. Афанасьева, А. М. Труфанов, Я. С. Романина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 10(216). – С. 38-46. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-216-10-38-46.

3. Романина, Я. С. Сравнительная эффективность различных по интенсивности технологий возделывания / А. М. Труфанов, Я. С. Романина, В. И. Дорохова, А. А. Лобанова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2023. – № 4(53). – С. 22-28. – DOI:10.35694/YARCX.2023.64.4.003.

4. Романина, Я. С. Влияние агротехнологий на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность сельскохозяйственных культур / Я. С. Романина, А. М. Труфанов, А. Н. Воронин, С. В. Шукин // Вестник Красноярского ГАУ. – 2024. – № 3. – С. 59-68. – DOI: 10.36718/1819-4036-2024-3-59-68.

Публикации в других изданиях:

5. Romanina, Ya. S. Efficiency of weed control in feed crops cultivation by organic technology / A. M. Trufanov, A. N. Voronin, S. V. Schukin, T. P. Sabirova, Ya. S. Romanina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18–20 июня 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 42056. – DOI 10.1088/1755-1315/548/4/042056.

6. Романина, Я. С. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620109 Российская Федерация. Флористический состав сорного компонента агроценозов севопольного севооборота по технологиям возделывания: № 2021623356: заявл. 27.12.2021: опубл. 13.01.2022 / А. В. Тихонов, Т. П. Сабирова, Г. С. Цвик, Я. С. Романина; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса».

7. Romanina, Ya. S. Phytosanitary indicators of fodder crops under using organic cultivation technology / A. M. Trufanov, A. N. Voronin, S. V. Schukin, Ya. S. Romanina, A. V. Tikhonov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1229, 2nd International Scientific and Practical Conference: Ensuring

Sustainable Development: Agriculture, Ecology and Earth Science (AEES-II-2022) 21/12/2022 - 23/12/2022 Dushanbe, Tajikistan / A. M. Trufanov et al. – 2023. – IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1229 012003 (DOI 10.1088/1755-1315/1229/1/012003).

8. Романина, Я. С. Численность вредителей в посевах кормовых культур при экологизации технологий их возделывания / Я. С. Романина, А. М. Труфанов // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», 25-26 жовтня 2018 р. – Харків: ХНАУ, 2018. – С.222-225 (332 с).

9. Романина, Я. С. Фитосанитарное состояние посевов кормовых культур при различном уровне ресурсосбережения технологий их возделывания / Я. С. Романина, А. М. Труфанов // Ресурсосберегающие технологии в земледелии: сборник научных трудов по материалам IV Международной научно-практической конференции. Ярославль, 27 февраля 2019 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2019. – 132 с.

10. Романина, Я. С. Фитосанитарное состояние и урожайность посевов кукурузы в зависимости от технологий возделывания и биопрепаратов / Г. Е. Батюгов, А. Н. Воронин, Я. С. Романина, Т. П. Сабирова // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сборник статей по материалам XV международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию заслуженного агронома БССР, почетного профессора БГСХА А.М. Богомолова, Горки, 20–21 декабря 2019 года. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 50-54.

11. Романина, Я. С. Эффективность контроля сорной растительности при органической технологии возделывания кормовых культур / А. М. Труфанов, Я. С. Романина // Органическое сельское хозяйство: опыт, проблемы и перспективы: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Ярославль, 26 февраля 2020 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2020. – С.93-102 (112 с).

12. Романина, Я. С. Обилие и структура сорного компонента полевого фитоценоза кормовых культур в зависимости от различных технологий их возделывания / Я. С. Романина, А. М. Труфанов // Органическое сельское хозяйство: опыт, проблемы и перспективы: сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции. Ярославль, 17 марта 2021 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2021. – С.62-72 (81 с).

13. Романина, Я. С. Контроль сорных растений при органической технологии возделывания культур / Я. С. Романина // Молодые ученые – научному и инновационному развитию АПК: труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 232 с.

14. Романина, Я. С. Влияние различных технологий возделывания на пораженность болезнями и урожайность культур кормового севооборота / А. Н.

Воронин, А. М. Труфанов, Т. П. Сабирова, Я. С. Романина // Органическое сельское хозяйство: опыт, проблемы и перспективы: Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции, Ярославль, 23 марта 2022 года. – Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ярославская государственная сельскохозяйственная академия", 2022. – С. 11-16.

15. Романина, Я. С. Влияние различных технологий возделывания на численность вредителей и урожайность культур кормового севооборота / А. Н. Воронин, А. М. Труфанов, Т. П. Сабирова, Я. С. Романина // Органическое сельское хозяйство: опыт, проблемы и перспективы: Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции, Ярославль, 23 марта 2022 года. – Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ярославская государственная сельскохозяйственная академия", 2022. – С. 16-24.

16. Романина, Я. С. Распространение сорной растительности при возделывании сельскохозяйственных культур по органической технологии / Я. С. Романина, А. М. Труфанов, А. Н. Воронин, М. Лацко-Бартошова // Органическое сельское хозяйство: опыт, проблемы и перспективы: Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции, Ярославль, 23 марта 2022 года. – Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ярославская государственная сельскохозяйственная академия", 2022. – С. 58-71.

17. Романина, Я. С. Влияние различных по ресурсосбережению агротехнологий на численность фитофагов в посевах сельскохозяйственных культур / А. М. Труфанов, Я. С. Романина // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России [Электронный ресурс]: мат-лы III Международной научной конференции / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2022. – 395 с. (С.283-287).

