

На правах рукописи

**Смук
Василий Васильевич**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА И ЗАЩИТЫ
ОТ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОСАДОК
КАРТОФЕЛЯ, РАЗМЕЩЕННЫХ ПО ПЛАСТУ
МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ,
В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РФ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Санкт-Петербург, 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Агрофизический научно-исследовательский институт» (ФГБНУ АФИ) и Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ФГБНУ ВИЗР)

Научный руководитель: доктор биологических наук,
главный научный сотрудник ФГБНУ АФИ
Шпанев Александр Михайлович

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры агрономии и
ландшафтной архитектуры,
заместитель директора по научной работе
Аграрного института ФГБОУ ВО
«Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарёва»
Бочкарев Дмитрий Владимирович

кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры земледелия и
методики опытного дела
Российского государственного аграрного
университета МСХА им. К.А. Тимирязева
Полин Валерий Дмитриевич

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО Брянский государственный аграрный университет**

Защита диссертации состоится 8 ноября 2018 г. в 11 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: info@vizr.spb.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений и на сайте vizr.spb.ru

Автореферат разослан " ____ " сентября 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Наседкина Галина Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Северо-Запад России занимает ведущее место по посевным площадям и валовому сбору картофеля в нашей стране (Осипов и др., 2008). Традиционно одним из основных предшественников этой культуры в регионе являются многолетние травы, которые также выступают в качестве важного фактора сохранения и повышения плодородия почв. При этом за последние годы площади под многолетними травами в регионе возросли до 60%, в том числе в Ленинградской области, которая лидирует по этому показателю по всей стране, до 64% (Архипов и др., 2016). Согласно последним сводкам, из общей площади пашни под многолетними травами 37% занято старовозрастными травостоями, что предполагает все вытекающие из этого фитосанитарные проблемы, в том числе при последующем возделывании картофеля.

Степень разработанности темы. В отечественной литературе имеется немало отрывочных сведений по влиянию многолетних трав на фитосанитарное состояние культур полевого севооборота. Так, при хорошем травостое они способны значительно снизить засоренность полей севооборота (Баздырев и др., 1990; Ковалев и др., 2002; Едимейчев, Романов, 2003; Захаров, 2008). За счет полей многолетних трав агроэкосистемы существенно пополняются многими видами хищников и паразитов (Ниязов, 1992; Бабушкина, Воронин, 2001; Бусарова, 2006; Бокина, 2009; Гусева, 2014). С другой стороны, известно, что многолетние травы, как предшественник картофеля, приводят к значительному обострению ситуации с личинками жуков щелкунов (Трепашко, Александрович, 1981; Магила и др., 1988; Сероус и др., 1988).

Сведения, касающиеся влияния минеральных удобрений на фитосанитарное состояние картофельного агробиоценоза, также весьма противоречивы. Одни ученые считают, что происходит ухудшение фитосанитарной обстановки, сопровождающееся ростом засоренности (Родионова, 2004), развития на растениях и клубнях болезней (Богусловская и др., 1981; Санкина и др., 1982), другие указывают на снижение засоренности посадок (Зубарев, 2001; Ситенков, 2003; Молякко и др., 2011), повышение выносливости растений к поражению болезнями (Воловик и др., 1981; Александров, 1996; Степанов и др., 2000).

Фитосанитарный мониторинг, являясь ключевым элементом интегрированной защиты растений, нуждается в совершенствовании существующих подходов и методов в соответствии с современным уровнем развития высоких технологий и их применения в сельском хозяйстве. В последние годы активно развивается дистанционный метод оценки засоренности агроценозов с помощью космической съемки и беспилотной летательной аппаратуры (Шпанев, Лекомцев, 2012; Архипова и др., 2014; Шпанев, 2015). Такие разработки востребованы и для картофеля.

Цель исследований заключалась в совершенствовании мониторинга и защиты от сорной растительности посадок картофеля, размещенных после многолетних трав, на основе изучения особенностей их засоренности, эффективности удобрений и защитных мероприятий в Северо-Западном регионе РФ.

В рамках поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Уточнить состав, структуру и динамику засоренности, а также общее фитосанитарное состояние посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав, в Северо-Западном регионе.

2. Выяснить возможности дистанционного мониторинга засоренности посадок картофеля.

3. Изучить влияние полного минерального и нового органоминерального удобрений на засоренность посадок картофеля.

4. Оценить эффективность механической, химической и комбинированной защиты посадок картофеля от сорной растительности.

5. Изучить комплексное влияние удобрений и защитных мероприятий на засоренность посадок и урожайность картофеля.

Научная новизна. Впервые проведено детальное изучение сорного компонента картофельного агробиоценоза, размещенного по пласту многолетних трав в Северо-Западном регионе РФ, по результатам которого выявлено 55 видов сорных растений из 20 ботанических семейств, в том числе 20 видов с многолетним циклом развития. Уточнены сведения о структуре и динамике засоренности посадок картофеля, доминантных видах сорных растений, характеризующихся высокой численностью и встречаемостью при данном предшественнике. Выявлена неравномерность пространственного размещения сорной растительности на посадках картофеля, обусловленная особенностями ее многолетнего произрастания на данной территории, а также разным содержанием элементов питания в пахотном горизонте. Впервые на посадках картофеля в Северо-Западном регионе выявлено массовое присутствие вида *Adrastus pallens* F., доля которого в общей численности жуков шелкоунов достигала в разные годы 36-67% при фактической плотности личинок 13-41 экз./м². Получены новые знания по влиянию полного минерального и нового органоминерального удобрения на сорный компонент картофельного агробиоценоза. Впервые разработана методика дистанционной оценки засоренности посадок картофеля, основанная на отличиях в спектральных характеристиках слабо и сильнозасоренных участков на поле, подразумевающая использование беспилотных летательных аппаратов с аппаратурой для съемки высокого разрешения, наземных площадок спектрометрирования и ГИС-программ для дешифровки изображений. Впервые изучены спектральные характеристики массовых видов сорных растений в посадках картофеля. Получены новые данные по эффективности совместного применения минеральных удобрений и защитных мероприятий на засоренность посадок и урожайность картофеля в Северо-Западном регионе РФ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Получены новые данные по фитосанитарному состоянию посадок картофеля, включая сведения об особенностях формирования и сезонного изменения сорного компонента агробиоценоза этой культуры, размещенного по пласту многолетних трав в Северо-Западном регионе РФ. Установлены основные закономерности влияния полного минерального и нового органоминерального удобрений на состав,

структуру и количественные показатели засоренности посадок картофеля, которые целесообразно учитывать в технологии возделывания культуры. Подтверждена большая роль многолетних трав со злаковым компонентом в накоплении личинок жуков шелкунов и увеличении поврежденности ими клубней картофеля. Определено повышение эффективности от совместного применения минеральных удобрений и защитных мероприятий на засоренность посадок картофеля. Разработан методический подход к дистанционной оценке засоренности посадок картофеля, который позволяет выявлять неоднородность пространственного размещения сорной растительности и составлять электронные карты-задания для дискретного проведения гербицидных обработок. Предложен комбинированный способ защиты посадок картофеля от сорной растительности, позволяющий оптимизировать применение механических и химических мероприятий и обеспечивающий высокую эффективность по отношению к разным группам сорных растений и высокий уровень рентабельности.

Методология и методы исследований. Методология научных исследований основывается на анализе научных трудов отечественных и зарубежных ученых, разработке цели, задач и программы исследований, постановке полевых опытов с применением методов дисперсионного и корреляционного анализа.

Положения, выносимые на защиту:

1. Для посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав в Северо-Западном регионе РФ, характерно большое видовое разнообразие сорных растений, сложный тип, сильная степень и неравномерная пространственная структура засоренности.

2. Метод дистанционной оценки засоренности посадок картофеля, основанный на использовании беспилотных летательных аппаратов с аппаратурой для съемки высокого разрешения, наземных площадок спектрометрирования и ГИС-программ, в которых дешифровка изображений осуществляется на основе отличий в спектральных характеристиках слабо и сильнозасоренных участков на поле.

3. Комбинированный способ защиты посадок картофеля от сорной растительности, сочетающий оптимальное количество механических и химических мероприятий и обеспечивающий высокую биологическую, хозяйственную и экономическую эффективность.

Степень достоверности. Требуемая достоверность полученной информации подтверждается большим объемом экспериментальных данных, полученных в результате многолетних исследований с использованием современных полевых и лабораторных методов исследования, оборудования и необходимым объемом статистической обработки данных.

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования ежегодно докладывались в отделе физико-химической мелиорации почв и опытного дела ФГБНУ АФИ (2014-2017 гг.); на Международных научно-практических конференциях: "Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки с/х продукции" (Саранск, 2015, 2017), «Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов» (Красно-

дар, 2015, 2017), "Тенденции развития агрофизики: от современных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего" (Санкт-Петербург, 2017); на III и IV Международном микологическом форуме "Современная микология в России" (Москва, 2015, 2017), XVII Международном экологическом форуме "День Балтийского моря" (Санкт-Петербург, 2016), XXVI Международном агропромышленном конгрессе "Агрорусь" (Санкт-Петербург, 2017); на Всероссийской научной конференции с международным участием: "Агро-экосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления" (Санкт-Петербург, 2016).

Организация исследования и личный вклад соискателя. Диссертационная работа выполнена в отделе физико-химической мелиорации и опытного дела ФГБНУ АФИ в соответствии с государственным заданием №0667-2014-0008, экспериментальная работа проведена на агроэкологическом стационаре Меньковского филиала АФИ. Диссертант участвовал в разработке методической программы опыта, выполнении основного объема экспериментальной работы, анализе полученных данных и обобщении результатов.

Публикации. По материалам диссертационного исследования опубликовано 17 научных работ, из них 5 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, и 1 методическое пособие.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает содержание, введение, обзор литературы, методический раздел, 5 экспериментальных глав, выводы, рекомендации производству, список использованной литературы. Общий объем диссертации составляет 171 страницу печатного текста, включает 30 рисунков и 68 таблиц. В списке литературы 270 источников, в том числе 29 на иностранных языках.

Глава 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПО МОНИТОРИНГУ И ЗАЩИТЕ КАРТОФЕЛЯ ОТ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РФ

Анализ литературы показал, что сорная растительность в посадках картофеля на северо-западе Нечерноземья представлена разнообразным видовым и большим численным составом, превосходящим известные для этой культуры значения ЭПВ. Как следствие, защитные мероприятия против сорных растений на посадках картофеля в данном регионе возделывания культуры востребованы в абсолютном большинстве случаев. При этом решить проблему с помощью одних только механических обработок почвы удастся не всегда, а химические – имеют негативные последствия для окружающей среды и человека. Требуются более экологичные и экономичные подходы, а именно интегрированные. Поэтому исследования по совершенствованию защиты посадок картофеля от сорной растительности должны вестись в направлении разумного сочетания всех доступных методов и средств, к которым, прежде всего, относятся агротехнические и химические мероприятия. Использование дистанционных методов оценки засоренности посадок картофеля должно позволить выявить пространственную неоднородность в распространении сорной растительности, уменьшить объемы применения гербицидов, за счет снижения затрат на защиту растений повысить рентабельность возделывания культуры.

Глава 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика места исследований

Общее территориальное расположение Меньковского филиала АФИ приурочено к наиболее используемой в сельскохозяйственном отношении земле Ленинградской и соседних областей Северо-Западного региона. Почвенный покров, представленный дерново-подзолистыми почвами, является типичным и занимает 75% пахотных земель Ленинградской области, при этом легкие по гранулометрическому составу занимают 58% и 54% во всем Северо-Западном регионе (Благовидов, 1968; Пестряков, 1973).

Климатические условия данной территории характеризуются умеренно теплым летом, достаточным увлажнением и продолжительной зимой с оттепелями. По количеству осадков, выпавших за период от посадки до уборки урожая картофеля, большинство лет исследований оказались избыточно влажными. В 2012, 2013, 2016 и 2017 гг. превышение среднемноголетнего значения по данному показателю составило 72, 80, 32 и 16%. Засушливым можно считать только 2015 г., когда суммарное количество осадков за период от посадки до уборки картофеля находилось на уровне 64% от усредненной многолетней нормы увлажнения. Наиболее близким к среднемноголетнему показателю оказался 2014 г. Превышение температурного режима за период от посадки до уборки урожая картофеля в годы исследований наблюдалось в 2012, 2013, 2014 и 2016 гг., когда отклонение от среднемноголетнего показателя составило от 5 до 18%. В 2015 и 2017 гг. суммы активных температур находились на уровне многолетних значений.

2.2 Схема опыта и методика исследований

Исследования проводились на агроэкологическом стационаре Меньковского филиала ФГБНУ АФИ в период 2012-2017 гг. Стационар представляет собой 7-польный зерно-травяно-пропашной севооборот с традиционным для Северо-Западного региона составом и чередованием культур. Картофель размещается после многолетних трав, которые выступают в качестве фактора сохранения и повышения плодородия почв. Площадь каждого из полей – 0.6 га.

На протяжении 2012-2017 гг. изучался видовой состав, структура, динамика и особенности произрастания сорной растительности в посадках картофеля по пласту многолетних трав, 2012-2016 гг. – влияние полного минерального удобрения на сорную растительность и урожайность картофеля, 2012-2013 гг. – вредители и болезни на посадках картофеля, влияние нового органоминерального удобрения, 2014-2016 гг. – способов защиты посадок картофеля от сорной растительности. Соответственно в разные годы схема опыта включала два или три изучаемых фактора.

Фактор А – дозы минеральных удобрений: 1) без удобрений (контроль) – $N_0P_0K_0$; 2) средние – $N_{65}P_{50}K_{50}$; 3) высокие – $N_{100}P_{75}K_{75}$. Площадь деланки $60 \times 30 \text{ м} = 1800 \text{ м}^2$.

Фактор Б – три варианта по оценке эффективности нового органоминерального удобрения на основе птичьего помета: 1) без внесения (контроль) – 0 т/га;

2) равномерное внесение в дозе 4 т/га; 3) дифференцированное внесение в разных дозах в зависимости от дозы минеральных удобрений: $N_0P_0K_0$ – 6 т/га; $N_{65}P_{50}K_{50}$ – 4 т/га; $N_{100}P_{75}K_{75}$ – 2 т/га. Площадь делянки 20×30 м = 600 м².

Фактор В – способы защиты посадок картофеля от сорных растений:

1. Механическая защита – две довсходовые сплошные обработки (МТЗ-82 + КОН-2.8 ПМ + БРУ-0.7), две послевсходовые междурядные обработки (МТЗ-82 + КОН-2.8 ПМ + БРУ-0.7), окучивание (МТЗ-82 + КОН-2.8 ПМ).

2. Химическая защита – одна довсходовая сплошная обработка (МТЗ-82 + КОН-2.8 ПМ + БРУ-0.7), две обработки гербицидами – за 3-5 дней до появления всходов (Торнадо, ВР) и при высоте растений картофеля 10-15 см (Титус, СТС + Тренд 90), окучивание (МТЗ-82 + КОН-2.8 ПМ).

3. Комбинированная защита – две довсходовые сплошные обработки (МТЗ-82 + КОН-2.8 ПМ + БРУ-0.7), одна обработка гербицидом при высоте растений картофеля 10-15 см (Титус, СТС + Тренд 90), окучивание (МТЗ-82 + КОН-2.8 ПМ). Площадь делянки 60×10 м = 600 м².

В нашем изучении находилось новое органоминеральное удобрение (ОМУ) на основе птичьего помета, разработанное фирмой ООО «Билавис». Полученное с помощью термической обработки данное органоминеральное удобрение характеризуется хорошими физико-механическими свойствами (транспортабельностью, удовлетворительной сыпучестью, слабой прилипаемостью к сельскохозяйственным машинам) и очень высокой концентрацией макро- и микроэлементов (до 26% от физической массы). Мелиоративное преимущество ОМУ связано со слабощелочной реакцией, за счет чего достигается нейтрализация почвенной кислотности.

В период исследований соблюдалась принятая в регионе технология возделывания картофеля, включающая обработку клубней инсектофунгицидом Престиж, КЭ (1.0 л/га) и обработки вегетирующих растений фунгицидами – Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2.5 кг/га) (смыкание рядков, начало цветения), Сектин Феномен, ВДГ (1.25 кг/га) (формирования клубней).

Объектами исследований являлись сорные растения в посадках картофеля сорта Сударыня, имеющего допуск к возделыванию на территории Северо-Западного региона с 2009 года.

Все учеты сорной растительности в посадках картофеля проводились на постоянных площадках, количество которых в 2012, 2013 и 2017 гг. составляло 36, в период 2014-2016 гг. – 54 с охватом всех изучаемых вариантов опыта. Площадь учетной площадки составляла 1.4 м², что принято для пропашных культур с шириной междурядий 0.7 м² (Зубков, 1995). Учеты сорных растений в опыте проводились согласно "Методическим указаниям по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве, 1981". За период вегетации проводилось 11 учетов численности сорных растений (до и после механической или гербицидной обработки, а также перед десикацией) в отдельности для каждого из видов. Первый учет приходился на 7 день после посадки картофеля, а последний – перед десикацией. В последний учет, кроме численности сорных растений, определялась их высота и фитомасса. На этих же постоянных площадках

с использованием соответствующих методических указаний (Методические указания..., 2009) велся учет вредителей и болезней картофеля, в конце периода вегетации – уборка урожая. Отдельно определялось количество и масса клубней разного фракционного состава, рассчитывалась товарная урожайность. При структурном анализе урожая также определялись следующие показатели: количество и масса клубней на одном растении и на постоянной площадке, масса 1 клубня.

При анализе пространственной структуры засоренности посадок картофеля рассчитывали коэффициенты вариации и агрегации. Контурные карты пространственного размещения сорных растений в пределах опытных полей стационара составлялись в программе АФИ ГИС.

Дистанционный мониторинг засоренности посадок картофеля проводился с помощью беспилотных летательных аппаратов самолетного (2012-2014 гг.) и вертолетного (2015-2017 гг.) типов с периодичностью один раз в 7-10 дней на протяжении всего периода вегетации культуры. Дистанционный мониторинг засоренности посадок картофеля сопровождался синхронными по времени и месту наземными учетами численности сорных растений. Кроме того, использовался портативный ручной датчик GreenSeeker, с помощью которого определяли значение вегетационного индекса NDVI для каждой постоянной площадки. Дешифровка аэрофотоснимков осуществлялась с помощью созданных эталонов в программе ERDAS IMAGINE, согласно известным из литературы рекомендациям (Герасимов и др., 2002).

Оценка экономической эффективности комплексного применения минеральных удобрений и защитных мероприятий против сорной растительности в посадках картофеля проводилась в соответствии с методикой, разработанной Н.Р. Гончаровым (2017).

При статистической обработке данных применялись дисперсионный и корреляционный анализы. Расчеты велись в программе Statistica.

Глава 3. ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ, РАЗМЕЩЕННЫХ ПО ПЛАСТУ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РФ

3.1 Состав, структура и динамика засоренности посадок картофеля

В результате проведенных исследований на посадках картофеля выявлено 55 видов сорных растений, относящихся к 20 семействам. К биологическим группам малолетних и многолетних сорных растений относились 35 и 20 видов. Слабая многолетняя изменчивость видового состава сорной растительности посадок картофеля подтверждается высоким значением коэффициента попарного видового сходства Сьеренсена, равным в среднем за весь шестилетний период исследований 0.87. Для посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав, оказалась характерна сильная степень засоренности. Через 7 дней после посадки ежегодно насчитывалось 133-153 экз./м² (табл. 1).

Особенностью многолетних трав, как предшественника картофеля, является формирование корневищно-малолетнего типа засоренности, из-за существенной доли многолетних злаковых видов (табл. 2). Их вклад в общую засо-

ренность варьировал по годам и составлял от 6.2 до 39.8%. В 2012 г. засоренность поля севооборота характеризовалась структурно более сложным корнеотпрысково-корневищно-малолетним, а в 2017 г. – малолетним типом. Выявленными различиями в структуре засоренности определялось варьирование по годам фитомассы, сформированной сорными растениями за период произрастания в посадках картофеля. Значение фитомассы сорняков на момент проведения десикации изменялось от 47.4 (2013 г.) до 812.6 г/м² (2012 г.).

Таблица 1 – Засоренность посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав (2012-2017 гг.)

Показатели	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Видовое обилие, видов/м ²	15	15	15	17	22	22
Густота через 7 дней после посадки, экз./м ²	148	147	134	153	143	133
Фитомасса на момент десикации, г/м ²	812.6	47.4	112.8	78.5	151.2	308.2
Масса 1 сорного растения, г/растение	7.37	0.54	1.12	0.71	0.52	0.58

Таблица 2 – Структура засоренности посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав (2012-2017 гг.)

Биологические группы	Доля в общей численности сорных растений, %					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Многолетние злаковые	26.4	39.8	34.9	12.6	19.0	6.2
Многолетние двудольные	25.5	4.9	1.1	0.3	1.3	0.6
Малолетние двудольные	48.0	55.3	64.0	87.1	79.7	93.2

Группа доминирующих видов в посадках картофеля, размещенных по пласту многолетних трав, представлена 7 видами. Это марь белая, пырей ползучий, пикульники, фиалка полевая, дымянка аптечная, редька дикая, торица полевая.

Наблюдения за сезонной динамикой численности сорных растений показали, что в посадках картофеля можно выделить не менее 6 волн появления сорняков (рис. 1). Массовое прорастание сорных растений приходится на начальный период, когда еще отсутствуют всходы картофеля. В это время в массе появляются пырей ползучий, марь белая, пикульники, редька дикая, фиалка полевая, дымянка аптечная. После первой сплошной обработки почвы культиватором густота сорного травостоя восстанавливается почти в полном объеме (на 81.4%) в переувлажненных условиях и менее существенно (51.6%) при недостатке атмосферных осадков. После второго такого приема восстановление популяции составляло от 44.1 до 88.0%. Происходило оно в основном за счет появления тех же видов, за исключением редьки дикой. После первой междурядной механической обработки прирост численности сорняков составил 88.5% при нормальной погоде и 354.4% в условиях избытка осадков вегетации 2016 года, после второго – в среднем 189.4%.

В период от окуливания до десикации численность сорного компонента посадок активно пополнялась за счет появления сушеницы топяной, торичника красного, вероники полевой и плющевидной, ясколки дернистой. К моменту

уборки картофеля они совокупно составляли 38.0% общей засоренности, тогда как группа доминантных двудольных лишь 15.5%. При этом количество сорных растений на единицу площади посадки возрастало в зависимости от условий увлажнения в 2.6-8.6 раза.

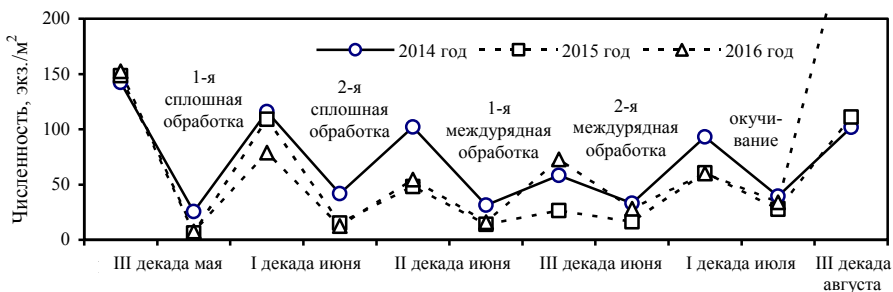


Рисунок 1 – Динамика численности сорных растений на посадках картофеля при 5 механических обработках почвы, предусмотренных технологией возделывания культуры

3.2 Вредители и болезни на посадках картофеля

Основными вредителями картофеля по нашим наблюдениям являлись личинки жуков щелкунов и колорадский жук. Многолетние травы способствовали накоплению и поддержанию высокой численности личинок жуков щелкунов в полях севооборота. За 3-5 дней до посадки картофеля в разные годы насчитывалось 25-79 лич./м², что превышало ЭПВ вредителя для этой культуры в 5-16 раз. Впервые на посадках картофеля в Северо-Западном регионе было выявлено массовое присутствие вида *Adrastus pallens* F., доля которого в общей численности жуков щелкунов достигала в разные годы 36-67% при фактической плотности личинок 13-41 экз./м². Поврежденность клубней проволочниками находилась в диапазоне от 27.9% до 36.8%, количество ходов в клубне составляло 2.0-2.1. Колорадский жук на посадках картофеля стационара был представлен малой численностью, не превышающей ЭПВ. Заселенность растений личинками колорадского жука в фазу цветения картофеля в 2012 году составила 1.2% со средним количеством 8 лич./растение. В условиях 2013 года присутствия данного вредителя в посадках картофеля не наблюдалось.

Наиболее вредоносным заболеванием картофеля в период наших исследований оказался фитофтороз, сильному развитию которого благоприятствовали погодные условия, а именно избыточное выпадение осадков и обильные росы в июле и августе. В 2012 г. итоговое развитие болезни на листьях составило 52%, в 2013 г. – 85%, доля пораженных клубней – 13.8 и 22% соответственно. Высокие показатели развития ризиктониоза во многом определялись большой зараженностью семенного материала. Фитоэкспертиза клубней перед посадкой ежегодно выявляла не менее 50% с признаками поражения болезнью. Гибель растений от ризиктониоза находилась в пределах 3%, доля пораженных клубней в урожае составляла 19.1-43.8%.

Глава 4. ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ

4.1 Пространственная структура засоренности посадок картофеля

По результатам исследований была выявлена хорошо выраженная пространственная неоднородность размещения сорных растений в посадках картофеля (рис. 2). Этот вывод был сделан на основе высоких коэффициентов вариации и агрегации, превышающих 43 и 1.8 соответственно. Неравномерность размещения в той или иной степени была характерна для всех массовых видов сорных растений и определялась в том числе различием в удобренности полей, созданной нами согласно схеме опыта.

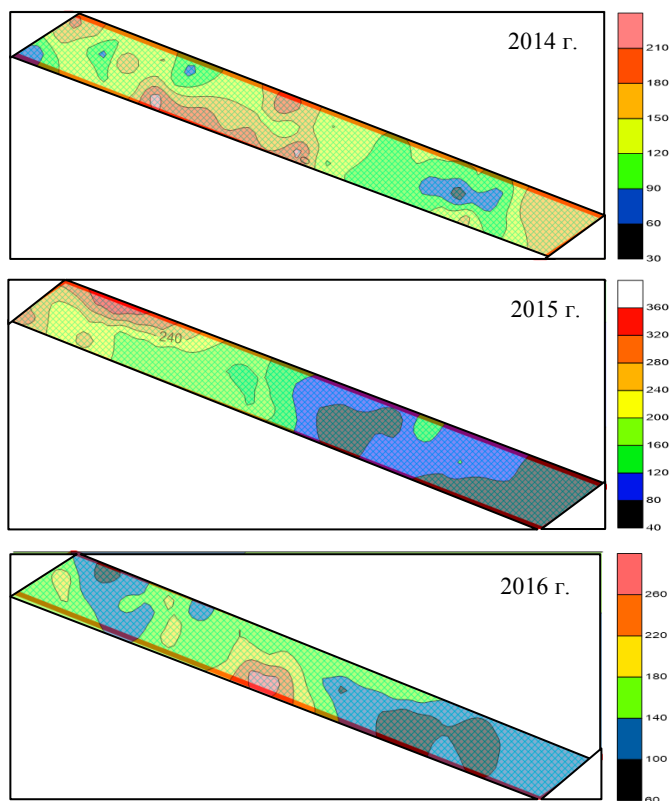


Рисунок 2 – Контурные карты пространственного размещения сорных растений в посадках картофеля, составленные в программе АФИ ГИС

Согласно значениям коэффициентов агрегации, превышающим 1, все виды сорных растений имели агрегированное (скупенное, пятнистое, контагиозное) размещение на полях. Для многолетних сорных растений, особенно двудольных, оказалась характерна более выраженная пространственная неоднородность в структуре засоренности посадок картофеля.

4.2 Возможности дистанционного мониторинга засоренности посадок картофеля

Результаты работы с прибором GreenSeeker указывают на определенные перспективы использования индекса NDVI при оценке засоренности посадок картофеля. Так, нами была выявлена положительная связь между засоренностью посадок картофеля и величиной вегетационного индекса NDVI (табл. 3). По мере роста и развития картофеля сила связи между засоренностью и индексом NDVI ослабевала.

Таблица 3 – Спектральная характеристика засоренности посадок картофеля

Год	Дата	Густота сорных растений, экз./м ²	NDVI	Коэффициент корреляции
2016	17 июня	31-162	0.19-0.28	0.54*
	23 июня	71-201	0.26-0.46	0.31
2017	15 июня	76-188	0.16-0.19	0.67*
	26 июня	12-100	0.17-0.23	0.82*

В довходовой период, дистанционное выявление сорной растительности упрощается отсутствием культурных растений, но оно трудно осуществимо по отношению к малолетним видам, которые находятся на самых начальных стадиях развития. В тоже время дистанционная оценка засоренности посадок картофеля в этот период состоятельна по отношению к многолетним сорным растениям, особенно пырею ползучему, которые на момент проведения обработки гербицидами сплошного действия имеют значительную надземную массу (рис. 3).

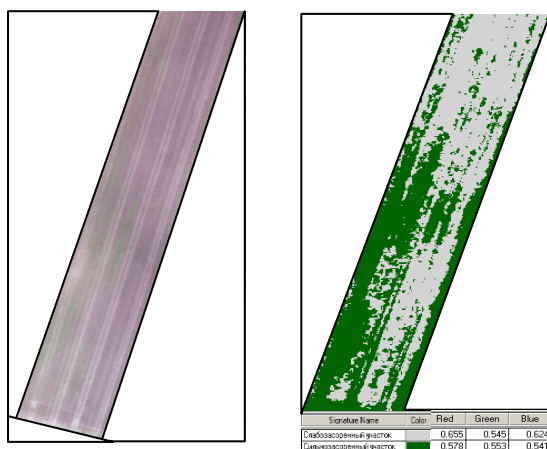


Рисунок 3 – Распознавание сильнозасоренных многолетними видами участков в посадках картофеля в довходовой период с помощью созданных эталонов в программе ERDAS IMAGINE (слева – снимок в видимом диапазоне спектра, справа – после дешифровки)

При высоте растений картофеля 10-15 см дешифровка засоренности основана на спектральных особенностях сорной растительности. При этом разные виды сорных растений имеют свой спектр отражения листовой поверхности, отличный от растений картофеля более низкими значениями трех основных спектров цвета (табл. 4).

Таблица 4 – Спектральная характеристика сорных растений и картофеля при обследовании посадок на засоренность при высоте культуры 10-15 см

Растения	Каналы		
	Red	Green	Blue
Картофель	0.601	0.773	0.511
Марь белая	0.523	0.709	0.489
Пырей ползучий	0.611	0.776	0.557
Пикульники	0.554	0.732	0.504
Фиалка полевая	0.567	0.723	0.546
<i>HCP₀₅</i>	0.020	0.014	0.014

Глава 5. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ

5.1 Влияние полного минерального удобрения

Внесение минеральных удобрений приводило к достоверным изменениям в засоренности посадок картофеля. На первом этапе просматривались негативные изменения, проявляющиеся в росте численности малолетних двудольных видов и общего уровня засоренности посадок (табл. 5). Присутствие малолетних двудольных видов на удобренных вариантах увеличивалось по годам в 1.7-3.6 раза. Достоверное положительное влияние внесения минеральных удобрений наблюдалось на втором этапе вегетации картофеля. Повышенная конкурентноспособность растений картофеля в период после окучевания и до десикации приводила к существенному снижению численности и фитомассы сорного компонента посадок.

Таблица 5 – Влияние минеральных удобрений на количественные показатели засоренности посадок картофеля (2012-2016 гг.)

Показатели сорных растений	Доза удобрений		
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅
Численность (через 7 дней после посадки), экз./м ²	104	154*	174**
- многолетние злаковые	33	32	38
- многолетние двудольные	10	4**	2**
- малолетние двудольные	61	118**	135**
Видовое обилие (перед десикацией), видов/м ²	14	12*	11**
Численность (перед десикацией), экз./м ²	202	124**	96**
Фитомасса (перед десикацией), г/м ²	304.5	262.2**	154.8**

Отзывчивыми на внесение минеральных удобрений оказались марь белая и пикульники, численность которых в зависимости от доз увеличивалась в 3.3-5.1 раза и 3.6-4.1 раза. На варианте с высокими дозами минеральных удобрений

ний на долю этих видов приходилось 44 и 14%, тогда как в варианте без удобрений – 14 и 7%. Обратную закономерность можно отметить для редьки дикой и торицы полевой. Преимущество неубоженного варианта по численности торицы полевой в отдельные годы достигало 6.9 раза (2012 г.), редьки дикой – 5.3 раза (2014 г.). Здесь на долю двух этих видов приходилось 18.5%, тогда как на среднем по удобренности варианте – 9.6%, на высоком – 4.7%.

5.2 Влияние нового органоминерального удобрения

Результаты исследований выявили тенденцию увеличения начальной засоренности картофельного поля при внесении нового органоминерального удобрения. При совместном внесении органоминерального удобрения (4 т/га) со средними ($N_{65}P_{50}K_{50}$) и высокими ($N_{100}P_{75}K_{75}$) дозами минеральных удобрений существенно снижалось присутствие в посадках картофеля многолетних двудольных сорных растений (с 56 до 5 экз./м²) и увеличивалось представительство малолетних двудольных сорняков (с 49 до 131 экз./м²). По произведенному эффекту на сорную растительность совместное внесение двух видов удобрений оказывало более сильное влияние, чем одних только минеральных или органоминеральных удобрений.

Фитосанитарный эффект от совместного применения нового органоминерального и полного минерального удобрений выражался в снижении как густоты (со 115 до 86 и 81 экз./м²), так и фитомассы сорной растительности (с 694.0 до 420.1 и 172.7 г/м²) за период совместного произрастания культурных и сорных растений в агробиоценозе картофельного поля. Наименьшее присутствие сорных растений в период десикации картофеля фиксировалось на варианте максимальной дозы минеральных и органоминерального удобрений и составило 81 экз./м² (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние нового органоминерального удобрения на засоренность посадок картофеля (2012-2013 гг.) (Шпанев и др., 2017б)

Сорные растения	$N_0P_0K_0$			$N_{65}P_{50}K_{50}$		$N_{100}P_{75}K_{75}$		
	ОМУ			ОМУ		ОМУ		
	0 т/га	4 т/га	6 т/га	0 т/га	4 т/га	0 т/га	2 т/га	4 т/га
Через 7 дней после посадки <i>густота, экз./м²</i>	111	132	121	154	135	220	144*	174*
Перед десикацией <i>густота, экз./м²</i>	78	115*	115*	126	86*	115	91*	81*
<i>фитомасса, г/м²</i>	281.6	694.0	525.7*	700.3	420.1*	478.3	177.1*	172.7*
<i>фитомасса, г/растение</i>	3.61	6.03*	4.57*	5.56	4.88	4.16	1.95*	2.13*

Глава 6. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ОТ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ, РАЗМЕЩЕННЫХ ПОСЛЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Проведенные исследования показали, что эффективность одних только механических воздействий на сорную растительность в процессе ухода за посадками картофеля оказывается довольно высокой (Смук, Шпанев, 2017б). По итогам проведения всех пяти агромероприятий гибель сорных растений по

усредненным многолетним данным составила 66% (табл. 7). Недостаточно высокий показатель эффективности (51%) фиксировался в отношении многолетних злаковых сорняков, что особенно важно при возделывании картофеля по пласту многолетних трав, где высока доля этой группы сеgetалов.

Таблица 7 – Эффективность механической защиты посадок картофеля от сорной растительности (2014-2016 гг.)

Биологические группы	Снижение численности, %					Итого
	Довсходовые сплошные обработки		Послевсходовые междурядные обработки		Окучивание	
	1-я	2-я	1-я	2-я		
Малолетние двудольные	97.1	88.7	82.0	57.0	61.8	77.3
Многолетние злаковые	68.8	61.3	59.5	35.3	29.2	50.8
Многолетние двудольные	87.7	70.2	76.0	63.8	48.5	69.3
Все сорняки	84.5	73.4	72.5	52.0	46.5	65.8

Химическая защита агроценоза картофеля от сорной растительности оказалась эффективнее механической за счет большей результативности по отношению ко всем группам сорных растений (табл. 8). Наибольшее преимущество рассматриваемой системы защиты наблюдалось в снижении под влиянием химобработок засоренности посадок многолетними злаковыми растениями. Их численность снижалась на 78%, в том числе под влиянием обработки гербицидом торнадо, ВР – 87%. Общая гибель всех групп сорных растений после проведения всех мероприятий предусмотренных данным вариантом опыта составила 85%.

Таблица 8 – Эффективность химического способа защиты посадок картофеля от сорной растительности (2014-2016 гг.)

Биологические группы	Снижение численности, %				Итого
	1-я довсходовая сплошная обработка	Гербицидные обработки		Окучивание	
		Торнадо, ВР	Титус, СТС + Тренд 90		
Малолетние двудольные	96.6	90.6	95.7	68.1	87.7
Многолетние злаковые	73.6	87.1	84.6	67.1	78.1
Многолетние двудольные	83.2	85.8	94.1	93.9	89.3
Все сорняки	84.5	87.8	91.5	76.4	85.0

На одном уровне с химическим способом борьбы с сорными растениями по результативности оказался комбинированный (табл. 9). Проведением однократной высокоэффективной обработки препаратом титус, СТС удавалось уничтожить 97% многолетних злаковых и 95% многолетних двудольных сорняков. Эффективность всего комплекса защитных мероприятий на этом варианте опыта составила 87% погибших сорных растений.

Таблица 9 – Эффективность комбинированного способа защиты посадок картофеля от сорной растительности (2014-2016 гг.)

Биологические группы	Снижение численности, %				
	Довсходовые сплошные обработки		Гербицидная обработка	Окучивание	Итого
	1-я	2-я	Титус, СТС + Тренд 90		
Малолетние двудольные	96.8	93.8	93.7	80.7	91.3
Многолетние злаковые	77.6	63.1	97.2	86.7	81.2
Многолетние двудольные	86.9	83.2	94.8	92.6	89.4
Все сорняки	87.1	80.0	95.2	86.7	87.3

Влияние химического и комбинированного способов борьбы с сорняками на их итоговые (проведении десикации) показатели численности и фитомассы также было близким по значению и статистически не различимым.

Глава 7. КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСАДОК И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Комплексное влияние удобрений и защитных мероприятий нашло отражение в итоговых показателях засоренности посадок картофеля. Увеличение содержания в пахотном слое элементов питания способствовало повышению эффективности мероприятий по защите посадок картофеля от сорной растительности (табл.10).

Таблица 10 – Комплексное влияние удобрений и защитных мероприятий на итоговые показатели засоренности посадок картофеля (2014-2015 гг.)

Варианты опыта		Численность сорных растений перед десикацией		Фитомасса сорных растений перед десикацией	
Минеральные удобрения	Способ защиты	экз./м ²	снижение, %	г/м ²	снижение, %
N ₀ P ₀ K ₀	Механический	143	-	137.6	-
	Химический	63	55.9	32.5	76.4
	Комбинированный	75	47.6	40.6	70.5
N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	Механический	97	32.2	67.6	50.9
	Химический	43	69.9	23.2	83.1
	Комбинированный	40	72.0	17.6	87.2
N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅	Механический	78	45.5	81.7	40.6
	Химический	34	76.2	15.6	88.9
	Комбинированный	30	79.0	6.5	95.3
НСП ₀₅ (МУ)		28.29		33.84	
НСП ₀₅ (СЗ)		24.82		31.20	
НСП ₀₅ (МУ*СЗ)		46.96		55.89	

Влияние изучаемых факторов интенсификации картофелеводства по средствам снижения засоренности посадок распространялось на величину формируемой урожайности клубней. Под действием минеральных удобрений повышался хозяйственный эффект от защитных мероприятий.

Сводная таблица экономической оценки совместного применения удобрений и защитных мероприятий против сорных растений на посадках продовольственного картофеля свидетельствует о том, что наиболее рентабельным вариантом при всех нормах внесения удобрений является комбинированная защита (табл. 11). При этом с повышением норм внесения удобрений рентабельность комбинированной защиты возрастает до 130% в связи со значительным увеличением уровня сохраненного урожая и улучшения его качества.

Применение двукратных химических обработок при отсутствии удобрений нерентабельно, а при внесении удобрений по рентабельности значительно уступает комбинированной защите растений. Применение только механических средств борьбы с сорной растительностью нерентабельно независимо от фона минерального питания.

Таблица 11 – Экономическая эффективность комплексного применения удобрений и защитных мероприятий против сорных растений на посадках продовольственного картофеля

Наименование	Фон минерального питания и способы защиты								
	N ₀ P ₀ K ₀			N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀			N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅		
	М	Х	К	М	Х	К	М	Х	К
Полученный урожай, ц/га	213.9	207.7	245.8	299.3	284.3	332.3	292.5	372.5	442.3
Сохраненный урожай, ц/га	-	0	31.9	85.4	70.4	118.4	78.6	158.6	228.4
Стоимость сохраненного урожая, руб./га	-	0	43360	106880	118640	162440	98400	213080	308440
Затраты на защиту растений и внесение удобрений, руб./га	1746.0	12098.4	6563.0	12687.2	23039.5	17504.2	17019.6	27372.0	21836.6
Дополнительные затраты на защиту растений и внесение удобрений, руб./га	-		4817.0	10941.2	21293.5	15758.2	15273.6	25626.0	20090.6
Дополнительные затраты на уборку урожая, руб./га	-		15950	42700	35200	59200	39300	79300	114200
Чистый доход, руб./га	-		22593.0	53238.8	62146.5	87481.8	43826.4	108154.0	174149.4
Рентабельность, %	-		108.8	99.2	110.0	116.7	80.3	103.1	129.7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Уточнен видовой состав сорных растений в посадках картофеля, размещенных по пласту многолетних трав в Северо-Западном регионе РФ, насчитывающий 55 видов, в том числе 20 видов с многолетним циклом развития. Установлен преимущественно корневищно-малолетний, реже корнеотпрысково-корневищно-малолетний или малолетний тип и высокая степень (133-153 экз./м²) засоренности, а также наличие не менее 6 волн появления сорных растений, что требует обязательного и неоднократного проведения защитных мероприятий против данной группы вредных организмов.

2. Установлено, что отрицательное влияние многолетних трав в качестве предшественника картофеля проявлялось в высокой численности личинок жуков шелкунов (48 экз./м²), в том числе обычно редкого вида *Adrastus pallens* F. (13-41 экз./м²), и сильной поврежденности ими клубней (32.4%). Сильное поражение клубней картофеля ризоктониозом (31.5%) в большей степени связано с зараженностью семенного материала, а эпифитотийное развитие фитофтороза (85%) – с благоприятными погодными условиями.

3. Выявлена неоднородность пространственного размещения сорных растений в посадках картофеля, что подтверждается высокими коэффициентами вариации (43% и более) и агрегации (1.8 и более), причина которой является следствием особенностей их многолетнего произрастания и разным содержанием элементов питания в пахотном горизонте.

4. Определены различия в спектральных характеристиках культурных и сорных растений, а также слабо и сильнозасоренных участков в посадках картофеля. Массовое присутствие сорной растительности приводило к достоверному снижению показателей красного (в 1.1-1.6 раза) и голубого (в 1.2-1.4 раза) спектров цвета, повышению значений вегетационного индекса NDVI (в 1.8-2.4 раза). Дистанционный мониторинг засоренности посадок картофеля легче осуществим в довсходовый период, когда на полях отсутствуют культурные растения.

5. Применение полного минерального и нового органоминерального удобрений на основе птичьего помета приводило к отрицательным изменениям, проявляющимся в росте численности малолетних двудольных видов (в 1.9-2.2 и 1.1-1.3 раза) и общего (в 1.5-1.7 и 1.1-1.3 раза) начального уровня засоренности посадок картофеля. Положительное влияние удобрений проявлялось во второй половине вегетации картофеля за счет повышения конкурентоспособности культурных растений, что ограничивало прорастание всех групп сорных растений и приводило к существенному снижению индивидуальных показателей развития сорняков.

6. Химический и комбинированный способы защиты посадок картофеля показали одинаково высокую эффективность по отношению ко всем группам сорных растений. По итогам проведения всех мероприятий плотность сорняков снижалась на 85 и 87%, в том числе малолетних двудольных – 88 и 91%, многолетних двудольных – 89 и 89%, многолетних злаковых – 78 и 81%. Из-за сложного типа засоренности, характерного для посадок картофеля, размещен-

ных по пласту многолетних трав, наблюдалась недостаточно высокая эффективность одних только механических воздействий на сорные растения, что приводило к сильному их зарастанию во второй половине вегетации культуры.

7. Установлено, что наиболее высокий биологический (79% – по численности, 95.3% – по фитомассе), хозяйственный (228.4 ц/га – 207%) и экономический (рентабельность – 129.7%) эффект достигается при совместном применении высоких доз минеральных удобрений и комбинированной защиты посадок картофеля от сорных растений. Двукратная обработка посадок гербицидами, предусмотренная в химическом варианте защиты, даже на среднем и высоком фоне минерального питания по большому счету экономически нецелесообразна (103-110% рентабельности). Не оправдывает себя с экономической точки зрения (80-99% рентабельности) внесение средних и высоких доз минеральных удобрений при механическом способе защиты посадок картофеля от сорных растений.

Практические рекомендации

При возделывании продовольственного картофеля по пласту многолетних трав в Северо-Западном регионе РФ рекомендуется применение средних и высоких доз удобрений совместно с комбинированным способом защиты посадок от сорной растительности, включающим две довшодовые механические обработки КОН-2.8 + БРУ-0.7, обработку гербицидом Титус, ВДГ + Тренд 90 при высоте культурных растений 10-15 см и окучивание.

Для сельхозтоваропроизводителей, практикующих новейшие разработки и передовой опыт, предлагается к ознакомлению и применению методика дистанционного мониторинга засоренности посадок картофеля.

Список опубликованных работ по теме диссертации

В рецензируемых журналах перечня ВАК РФ

1. Шпанев, А.М. Картирование полей на заселенность провололочниками / А.М. Шпанев, О.Г. Гусева, В.В. Нейморовец, В.В. Смук, В.В. Воропаев // Картофель и овощи. – 2014. – №9. – С. 24-25.

2. **Смук, В.В.** Засоренность посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав в Ленинградской области / В.В. Смук, А.М. Шпанев // Вестник защиты растений. – 2016. – №2(88). – С. 38-42.

3. **Смук, В.В.** Борьба с сорняками на посадках картофеля, размещенных по пласту многолетних трав / В.В. Смук, А.М. Шпанев // Защита и карантин растений. – 2017. – №1. – С. 18-21.

4. Шпанев, А.М. Фитосанитарный эффект применения минеральных удобрений на посадках картофеля в Северо-Западном регионе / А.М. Шпанев, **В.В. Смук**, М.А. Фесенко // Агрехимия. – 2017. – №12. – С. 38-45.

5. Шпанев, А.М. Фитосанитарные аспекты применения нового органоминерального удобрения в полевом севообороте на Северо-Западе РФ / А.М. Шпанев, **В.В. Смук**, Е.С. Денисюк, М.А. Фесенко // Проблемы агрохимии и экологии. – 2017. – №2. – С. 47-53.

- В других научных журналах и сборниках, материалах съездов и конференций**
6. Шпанев, А.М. Поражение картофеля болезнями в Северо-Западном регионе / А.М. Шпанев, **В.В. Смур** // Современная микология в России. – Т. 5. – М., 2015. – С. 129-130.
 7. **Смур, В.В.** К разработке системы интегрированной защиты посадок картофеля, возделываемого по пласту многолетних трав в Северо-Западном регионе / В.В. Смур, А.М. Шпанев // Матер. VII Международной научно-практической конференции "Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов". – Краснодар, 2015. – С. 263-266.
 8. **Смур, В.В.** Засоренность посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав, в Северо-Западном регионе / В.В. Смур, А.М. Шпанев // Матер. XI Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки с/х продукции». – Саранск, 2015. – С. 51-53.
 9. **Смур, В.В.** Экологизированная защита посадок картофеля от сорной растительности на северо-западе России / В.В. Смур, А.М. Шпанев, С.В. Голубев // XVII Международный экологический форум "День Балтийского моря". – СПб., 2016. – С. 40-41.
 10. Фесенко, М.А. Оценка оптических характеристик посевов с помощью прибора GreenSeeker / М.А. Фесенко, А.М. Шпанев, **В.В. Смур** // Матер. Всероссийской конференции "Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления". – СПб., 2016. – С. 390-394.
 11. Шпанев, А.М. Эпифитотии развития фитофтороза на картофеле в Северо-Западном регионе / А.М. Шпанев, **В.В. Смур** // Современная микология в России. – Т. 7. – М., 2017. – С. 113-114.
 12. **Смур, В.В.** Эффективная защита посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав, в Северо-Западном регионе РФ / В.В. Смур, А.М. Шпанев // Матер. Междун. конгресса "XXVI Междун. агропромышленная выставка Агрорусь". – СПб., 2017. – С. 87-88.
 13. Шпанев, А.М. Совершенствование систем защиты растений на Северо-Западе России / А.М. Шпанев, **В.В. Смур**, Е.С. Денисюк // Матер. Междун. науч. конф. "Тенденции развития агрофизики: от современных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего". – СПб., 2017. – С. 204-209.
 14. **Смур, В.В.** Совершенствование защиты посадок картофеля от сорной растительности в Северо-Западном регионе РФ / В.В. Смур // Матер. Междун. науч. конф. "Тенденции развития агрофизики: от современных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего". – СПб., 2017. – С. 176-180.
 15. **Смур, В.В.** Комбинированный способ защиты посадок картофеля от сорной растительности в Северо-Западном регионе / В.В. Смур, А.М. Шпанев // XIII Международная научно-практическая конференция, посвящённая памяти доктора с/х наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ и РМ С.А. Лапшина "Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки с/х продукции". – Саранск, 2017. – С. 372-375.

16. **Смук, В.В.** Эффективность механической защиты посадок картофеля от сорной растительности в Северо-Западном регионе / В.В. Смук, А.М. Шпанев // XIII Международная научно-практическая конференция "Агротехнический метод защиты растений". – Краснодар, 2017. – С. 389-393.

Рекомендации

17. Шпанев, А.М. Методика фитосанитарного мониторинга агроландшафтов с использованием физико-технической базы точного земледелия / А.М. Шпанев, П.В. Лекомцев, А.Ф. Петрушин, **В.В. Смук.** – СПб., 2017. – 31 с.

