

**ФГБОУ ВО «ГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

Стацюк Наталия Владимировна

**ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА КАРТОФЕЛЯ ПУТЕМ
ОБРАБОТКИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ИМПУЛЬСНЫМ
НИЗКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Специальность 03.02.14 Биологические ресурсы

Владикавказ, 2015

Диссертационная работа выполнена в Отделе болезней картофеля и овощных культур ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» ФАНО.

Научный руководитель: **Кузнецова Мария Алексеевна**, кандидат биологических наук, заведующая Отделом болезней картофеля и овощных культур ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»

Официальные оппоненты: **Смирнов Алексей Николаевич**, доктор биологических наук, профессор кафедры защиты растений факультета агрономии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А.Тимирязева»

Николаев Александр Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Костромской НИИ сельского хозяйства»

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»**

Защита диссертации состоится 20 февраля 2016 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 220.023.04 при ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» по адресу: 362040, г. Владикавказ, ул. Кирова 37, Горский ГАУ, зал заседаний диссертационного совета.

Тел./факс: (8672) 53-99-26; E-mail: ggaubiores@mail.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Горский государственный аграрный университет» и на официальном сайте www.gorskigau.com

Текст объявления о защите диссертации и автореферат диссертации отправлены для размещения на сайте Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России <http://vak2.ed.gov.ru/> 14 декабря 2015 г.

Автореферат диссертации разослан « » декабря 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук,
доцент

Гревцова Светлана Алексеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Картофель является одной из важнейших сельскохозяйственных культур России, используемой в качестве продукта питания, кормовой культуры для сельскохозяйственных животных, а также в качестве сырья для промышленной переработки. В настоящее время среднегодовой объем производства картофеля в России составляет 29-32 млн. тонн. Однако продуктивность картофеля в российских условиях по сравнению с опытом передовых картофелеводческих стран (Нидерланды, Германия, США, Канада, Великобритания), в которых показатели урожайности достигают 40-50 т/га, остается довольно низкой (в среднем 15-20 т/га), что создает определенные сложности для процесса импортозамещения сельскохозяйственной продукции. В связи с этим актуальной становится проблема увеличения ресурсного потенциала данной сельскохозяйственной культуры, и в первую очередь, ее продуктивности.

Многие сорта картофеля обладают потенциалом биологической продуктивности на уровне 65-75 и даже 100-120 т/га, однако в реальном производстве урожайность таких сортов в большинстве российских хозяйств оказывается в 5-10 раз ниже. Одной из причин такого положения дел может являться недостаточный для экологических и климатических условий территории выращивания адаптационный потенциал растений. Следовательно, более полную реализацию биологического потенциала картофеля можно обеспечить не только путем использования качественного семенного материала высокопродуктивных сортов и грамотной агротехники, но и при помощи технологий, способных стимулировать рост и развитие растений и увеличивать его потенциал адаптации к биотическим и абиотическим стрессам. К таким технологиям можно отнести предпосадочную обработку клубней различными физическими способами, а также химическими и биологическими препаратами, оказывающими положительное влияние на всхожесть и развитие растений, а также их урожайность.

Еще одним важным фактором, снижающим продуктивность и качество картофеля, являются развивающиеся на нем возбудители многочисленных болезней. Наибольшую вредоносность в большинстве картофелеводческих районов РФ проявляет возбудитель фитофтороза (*Phytophthora infestans*). По нашим данным, Россия ежегодно теряет от фитофтороза в среднем около

4 млн. т. картофеля. В эпифитотийные годы при отсутствии защиты продуктивность картофеля может снижаться в 1.5-2 раза. В отдельные сезоны до 40% потерь урожая может быть также вызвано возбудителями альтернариоза. Выпады всходов картофеля из-за поражения ризоктониозом, серебристой паршой и антракнозом могут достигать 15-20%.

В настоящее время основными способами сокращения потерь урожая картофеля, связанных с его заболеваниями, являются выращивание фитофтороустойчивых сортов и применение химических средств защиты. Однако высокая изменчивость многих фитопатогенных микроорганизмов позволяет им достаточно быстро преодолевать устойчивость сортов. В связи с вышесказанным, основным способом защиты картофеля от вышеуказанных болезней остается использование различных химических препаратов. Но и в этом случае быстрая изменчивость патогена зачастую приводит к появлению штаммов, устойчивых к тем или иным фунгицидам, что приводит к необходимости увеличения числа химических обработок и разработке новых фунгицидов. Кроме того, химические обработки и связанное с ними накопление пестицидов в почве приводят к повышенной пестицидной нагрузке на окружающую среду.

Картофель принадлежит к сельскохозяйственным культурам, наиболее неблагоприятным с точки зрения загрязнения остатками пестицидов. Негативное влияние фунгицидов на здоровье человека и окружающую среду приводит к необходимости поиска новых экологически чистых технологий, способных увеличить ресурсный потенциал и, следовательно, продуктивность и качество производимого картофеля без увеличения количества химических обработок. Такие технологии могут быть также востребованы в органическом картофелеводстве и при выращивании данной культуры в зонах с ограничением применения химических препаратов, поскольку полный отказ от применения химических пестицидов существенно снижает продуктивность культуры.

Вышеописанная проблема обусловила выбор темы, целей и основных задач данной работы.

Цели работы. Оценка возможности увеличения продуктивного потенциала картофеля путем предпосадочной обработки семенного материала импульсным низкочастотным электрическим полем (ИНЭП), изучение возможности включения данной технологии в интегрированные системы

защиты картофеля с целью предотвращения раннего развития болезней картофеля, снижения их вредоносности и повышения урожайности и товарности клубней, а также оценка возможности использования указанной технологии в органическом сельском хозяйстве.

Для выполнения данной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Изучение влияния предпосадочной обработки семенного материала ИНЭП на всхожесть ботанических семян картофеля.
2. Изучение влияния предпосадочной обработки ИНЭП семенных клубней на развитие растений картофеля.
3. Изучение прямого действия ИНЭП на вредоносные для картофеля микроорганизмы - *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani*.
4. Изучение влияния предпосадочной обработки ИНЭП на урожайность и товарность картофеля на фоне стандартных схем защиты.
5. Оценка возможности применения технологии ИНЭП в экологизированной системе защиты картофеля.
6. Оценка возможности включения технологии ИНЭП в систему интегрированной защиты картофеля от спектра болезней.

Научная новизна исследований

Впервые исследован стимулирующий эффект предпосадочной обработки ботанических семян картофеля ИНЭП и подобран оптимальный режим обработки, увеличивающий их всхожесть и энергию прорастания.

Впервые оценено прямое действие ИНЭП в оптимальном для обеспечения защиты картофеля режиме на культуры вредоносных микроорганизмов *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani*.

Впервые исследовано влияние предпосадочной обработки клубней картофеля ИНЭП на ряд показателей, характеризующих рост и развитие растений в полевых условиях в различных географических зонах (Московская область и провинция Саскачеван, Канада) и на разных сортах.

Оценен эффект обработки семенных клубней ИНЭП на урожайность и товарность картофеля в различных географических зонах (Московская область и провинция Саскачеван, Канада) и на различных сортах.

Показано, что экологизированная схема защиты картофеля, включающая

предпосадочную обработку клубней ИНЭП в комбинации с пятикратной обработкой вегетирующих растений бактериальным препаратом Агат-25К (100 г/га), снижает количество пораженных фитофторозом клубней и повышает урожайность на 22% и товарность на 7.2% по сравнению с необработанным контролем, что сравнимо с показателями, полученными для нескольких стандартных схем химической защиты.

Изучен эффект использования интегрированной системы защиты картофеля, включающей применение технологии предпосадочной обработки ИНЭП, препарата Квадрис и биоудобрения Изабион в комбинации с фунгицидными обработками. Показано, что включение предпосадочной обработки ИНЭП в схему химической защиты увеличивает урожайность и товарность клубней на 10.9 и 19.3%, соответственно. Предложенная интегрированная система защиты существенно снижает вредоносность фитофтороза, альтернариоза, ризоктониоза и серебристой парши и увеличивает урожайность и товарность клубней по сравнению с необработанным контролем на 14.7 т/га и 53%, соответственно.

Практическая значимость работы

Результаты исследований имеют практическое значение и могут дополнить существующие системы выращивания и защиты картофеля новым эффективным и экологически безопасным компонентом, позволяющим улучшить продуктивность и качество данной сельскохозяйственной культуры и обеспечить дополнительную защиту от наиболее вредоносных болезней (фитофтороз, альтернариоз, ризоктониоз).

Проведенные лабораторные эксперименты показали существенное повышение всхожести в почве ботанических семян картофеля. Полученный результат имеет практическую ценность для селекционеров, работающих с картофелем, а также производителей, намеревающихся использовать ботанические семена картофеля в качестве посевного материала.

Проведенные полевые испытания показали, что предпосадочная обработка клубней ИНЭП обеспечивает увеличение всхожести, урожайности и товарности картофеля и позволяет снизить риск раннего поражения растений альтернариозом и фитофторозом как в случае ограничения использования химических препаратов, так и в качестве компонента интегрированной системы защиты, включающей применение химических фунгицидов.

По результатам проведенной работы получен российский патент.

Апробация работы и публикации. Материалы диссертации были представлены на Международной выставке-конференции по биотехнологиям ВЮ Korea 2010 (Сеул, Южная Корея, 01-03 сентября 2010 г.), информационно-практической конференции «Инновационные разработки в агропромышленном комплексе» (Москва, 19 июня 2014 г.), VII Международном конгрессе по защите растений (Златибор, Сербия, 24-28 ноября 2014 г.), XV конференции Международной организации по контролю фитофтороза EuroBlight (Брашов, Румыния, 10-13 мая 2015 г.) и международной научной конференции «Инновационные экологически безопасные технологии защиты растений» (Алматы, Казахстан, 24-25 сентября 2015 г.).

По результатам диссертации опубликовано 7 печатных работ, из них 3 статьи в российских рецензируемых журналах, входящих в список ВАК РФ и 3 статьи в сборниках материалов международных конференций, два из которых индексируются в Google Scholar. Получен российский патент.

Личный вклад автора заключается в проведении и частичном планировании экспериментальных исследований, результаты которых получены самим автором или при его непосредственном участии, а также обработке полученных результатов и написании статей. Имена соавторов указаны в соответствующих публикациях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов и списка литературы. Материал изложен на 135 страницах машинописного текста, содержит 10 таблиц и 29 рисунков. Список литературы включает 241 работу, в том числе 127 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I. Обзор литературы. В обзоре литературы описаны современные представления о биологии и вредоносности основных фитопатогенов картофеля *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani* и *Rizoctonia solani* и мерах борьбы с ними, а также подробно рассмотрены существующие технологии повышения продуктивного потенциала и болезнеустойчивости растений, основанные на действии различных физических факторов.

Глава II. Основные материалы и методы

Исследование было выполнено в период с 2006 по 2014 годы в лаборатории болезней картофеля и овощных культур и на опытных участках ФГБНУ ВНИИФ «Раменская Горка» в Одинцовском районе Московской области, а также в условиях производственных испытаний в ЗАО «Озеры» (Озерский р-н Московской области) и компании Tuberosum Technologies Inc. (Аутлук, Саскачеван, Канада).

Обработку ИНЭП семенного материала и культур патогенов осуществляли с использованием генератора модулированного импульсного электрического поля "СЭФ". Частота основного сигнала составляла 16 кГц, частота следования модулирующих импульсов - 200 Гц, напряженность создаваемого поля – 20 кВ/м. При проведении полевых экспериментов и производственных испытаний продолжительность предпосадочной обработки клубней картофеля ИНЭП составляла 24 ч (ранее определенный оптимальный режим); аналогичную продолжительность обработки использовали в экспериментах с чистыми культурами патогенов картофеля. Посадку клубней осуществляли через 3-5 дней после проведения обработки.

В лабораторных экспериментах по оценке прямого действия ИНЭП на вредоносные микроорганизмы использовали изоляты *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* и *Rhizoctonia solani*, выделенные в Московской области из пораженных растений картофеля. Патогены, выделенные в чистую культуру, отсеивали на картофельный агар и по достижении колониями диаметра 2-3 см подвергали обработке ИНЭП. В качестве контроля использовали те же культуры, не подвергшиеся обработке. На следующий день после обработки изоляты пересеивали кусочками агара из зоны активного роста на свежие чашки Петри в 10-кратной повторности, после чего регулярно измеряли диаметр растущих колоний до достижения ими краев чашек Петри.

Выращивание картофеля на опытных полях ВНИИФ осуществляли в соответствии с агротехническими требованиями, принятыми в Московской области. Агротехнические мероприятия по уходу за растениями на опытных полях ВНИИФ включали: зяблевую вспашку, весновспашку, предпосадочную нарезку борозд; под предшественник вносили от 60 до 80 т/га органических удобрений и перед посадкой - минеральные удобрения в дозе от 40 до 60 кг/га по д.в. В экспериментах, проводимых в ООО «Озеры» и Tuberosum

Technologies агротехнические мероприятия соответствовали принятым в данных компаниях стандартам. Оценку урожайности и товарности на учетных делянках осуществляли по методике Доспехова (1985). Размер рандомизированных делянок в экспериментах, проведенных в России, составлял 25 м², повторность опытов - 4-х кратная.

Эксперименты по оценке вклада обработки ИНЭП в увеличение урожайности и товарности картофеля и снижение вредоносности болезней, а также оценке возможности его включения в интегрированные схемы защиты картофеля проводили на фоне защитных обработок фунгицидами вегетирующих растений. В случае ЗАО «Озеры» и в Tuberosum Technologies Inc. эксперименты были проведены на фоне стандартных для данных компаний схем химической защиты. В случае экспериментального поля ВНИИФ рутинная схема химической защиты картофеля включала: однократную обработку Ширланом (д.в. флуазинам, 0.4 л/га), двукратную – Ридомилом Голд МЦ (д.в. манкоцеб + мефеноксам, 2.5 кг/га), однократную – Ревусом (д.в. мандипропамид, 0.6 л/га) + Скор (д.в. дифеноконазол, 0.4 л/га) и заключительную однократную обработку Ширланом (0.4 л/га). Кроме того, при проведении полевых экспериментов дополнительно использовали следующие препараты: Агат-25К (штамм *Pseudomonas aureofaciens* Н16 и его метаболиты), Браво (д.в. хлороталонил), Ордан (д.в. цимоксанил + хлорокись меди), Пенкоцеб (д.в. манкоцеб), Квадрис (д.в. азоксистробин), биостимулятор Изабион (смесь аминокислот и пептидов). Первую обработку растений проводили в момент смыкания ботвы в рядках, последующие обработки выполняли с интервалом 10-15 дней.

Учеты пораженности растений картофеля в поле фитофторозом и альтернариозом проводили по шкале Британского микологического общества. Учет пораженности растений и клубней ризоктониозом и серебристой паршой проводили в соответствии со стандартами ЕРРО. После уборки определяли величину урожая (ц/га) и его товарность (%).

Математическую обработку полученных данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985) при 95% уровне достоверности с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2003, Statistica 6.0 и «Дисперсионный анализ однофакторного опыта» (v. 1.02).

Глава III. Экспериментальная часть

1. Оценка влияния обработки ИНЭП семенного материала картофеля на повышение его биологического потенциала

1.1. Изучение влияния предпосадочной обработки семенного материала ИНЭП на всхожесть ботанических семян картофеля

Целью исследования было изучение возможности применения технологии предпосадочной обработки ИНЭП для повышения всхожести ботанических семян картофеля (БСК), используемых в селекционной работе и как безвирусный посадочный материал, а также определение оптимальной продолжительности такой обработки.

В экспериментах использовали ботанические семена гибрида картофеля ТТ-09-039 (Канада) урожая предшествовавшего эксперименту года, уже миновавшие стадию покоя. Проращивание семян начинали через один день после проведения обработки ИНЭП сухих семян. Варианты обработки включали следующие времена экспозиции: 15, 30 мин и 1-9 ч с шагом в 1 ч. Каждый вариант был представлен в четырехкратной повторности (50 семян на вариант). Оценка энергии прорастания и всхожести семян проводили на фильтровальной бумаге согласно методике определения посевных качеств семян (ГОСТ 12038-84). Для определения всхожести семян при высеве в почву использовали отобранные в результате предыдущего опыта наилучшие варианты обработки. Эксперимент проводили в трехкратной повторности (по 40 семян на вариант); высев семян в увлажненный магазинный грунт осуществляли через два дня после обработки.

Результаты исследования влияния различных времен экспозиции на энергию прорастания и всхожесть БСК представлены на рис. 1 и 2. При оценке энергии прорастания было выявлено четыре варианта, в которых средние значения достоверно превышали контроль (1, 2, 3 и 9 ч).

Во всех испытанных вариантах обработки всхожесть достоверно превышала таковую в контроле. Наилучший результат (94.7%) был получен для экспозиции, равной 2 ч; в этом варианте всхожесть БСК превысила контрольную на 16.7%.

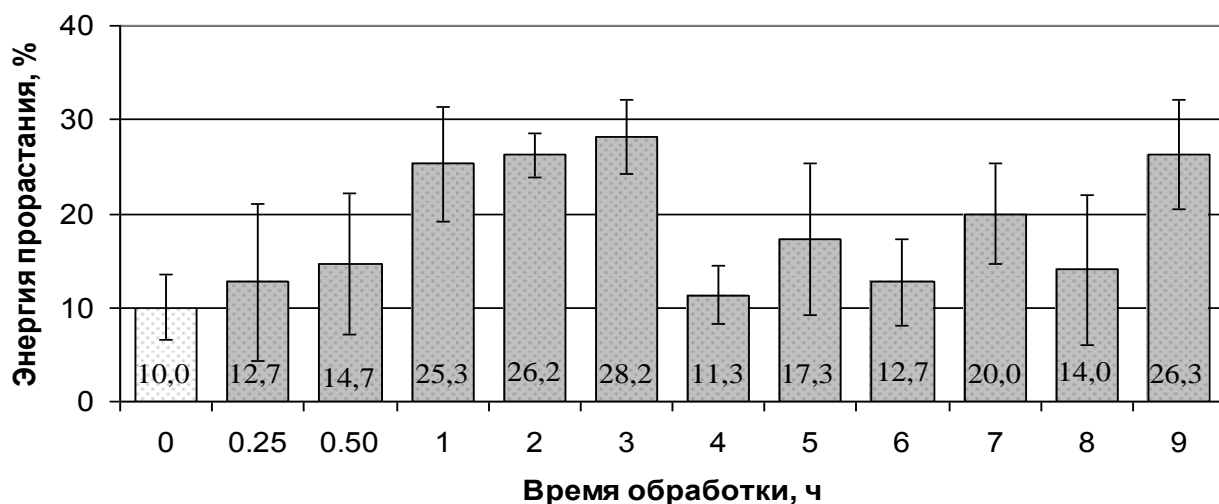


Рис. 1. Влияние продолжительности обработки импульсным низкочастотным электрическим полем на энергию прорастания ботанических семян картофеля ($НСР_{0,95} = 10,0$).

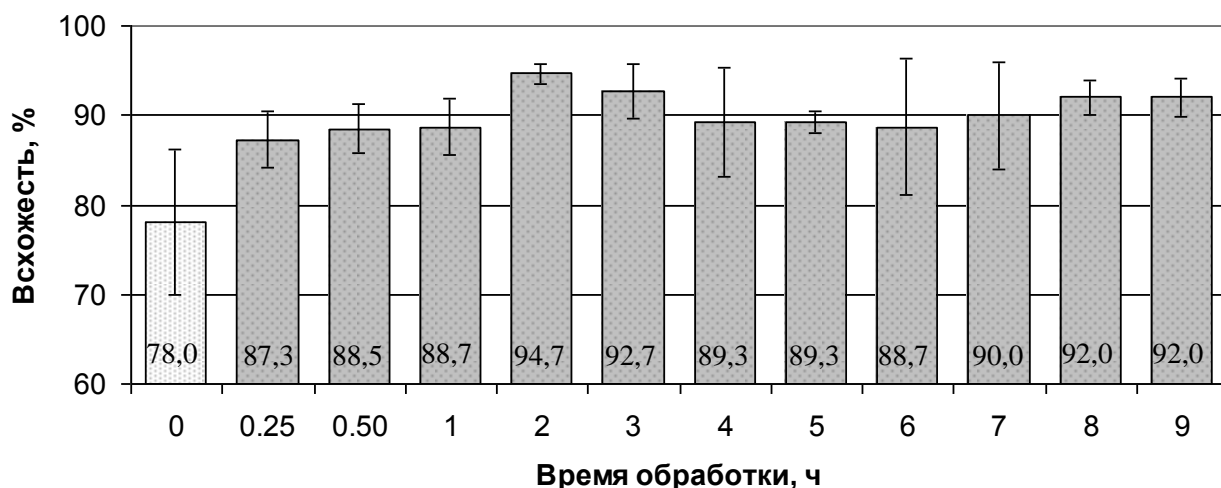


Рис. 2. Влияние продолжительности обработки импульсным низкочастотным электрическим полем на лабораторную всхожесть ботанических семян картофеля ($НСР_{0,95} = 7,7$).

Результаты исследования влияния отобранных на предыдущем этапе режимов обработки ИНЭП (1, 2, 3 и 9 ч) на всхожесть БСК при высеве в почву представлены в табл. 1. Максимальный уровень всхожести в почве был отмечен для двухчасовой экспозиции ИНЭП; его значение (54.2%) на 20.9% превышало значение, полученное в контрольном варианте.

Таблица 1

Всхожесть ботанических семян картофеля, высеянных в почву, при различных временах обработки импульсным низкочастотным электрическим полем

Вариант	Всхожесть в зависимости от кол-ва дней, прошедших с момента высева, %								
	7	8	9	10	11	12	16	17	28
Контр.	10.0	20.8	23.3	24.2	25.8	26.7	26.7	26.7	33.3
1 ч	23.3*	33.3	34.2	34.2	34.2	35.0	35.8	38.3	40.0
2 ч	18.3	33.3	39.2	42.5	45.0	47.5	48.3	48.3	54.2
3 ч	13.3	30.8	37.5	40.8	42.5	42.5	42.5	43.3	48.3
9 ч	17.5	26.7	30.0	30.8	33.3	35.0	37.5	40.0	42.5
НСР ₀₉₅	11.3	8.2	9.3	9.8	9.5	8.7	8.4	7.7	6.1

* Уровни всхожести, достоверно отличающиеся от контрольных значений ($p < 0.05$), отмечены жирным шрифтом.

Таким образом, предпосадочная обработка ИНЭП продолжительностью 1, 2, 3 или 9 ч достоверно повышает энергию прорастания БСК на 15.3-18.2% и увеличивает их лабораторную всхожесть на 10.7-16.7%. При высеве БСК в почву применение вышеуказанных режимов обработки также достоверно увеличивает всхожесть на 6.9-20.9% по сравнению с контролем. Максимальное увеличение всхожести отмечено при времени экспозиции, равном 2 ч; при этом превышение уровня всхожести БСК над контролем при высеве на фильтровальную бумагу и в почву составляет 16.7 и 20.9%, соответственно. Полученные результаты могут представлять практический интерес как для селекционеров, так и для производителей семенного и столового картофеля, работающих или намеревающихся работать с БСК.

1.2. Изучение влияния предпосадочной обработки ИНЭП семенных клубней на биометрические показатели растений картофеля

Целью данного исследования было изучение возможного стимулирующего действия предпосадочной обработки клубней ИНЭП на рост и развитие растений и выявление биометрических параметров, на которые оказывается максимальный эффект.

Исследование выполняли в ЗАО "Озеры" (2011 г., сорт Сатурна), ВНИИ фитопатологии (2012 г., сорта Сатурна и Леди Клэр) и в компании Tuberosum Technologies (2009 г., 16 сортов различных репродукций, используемых для производства беби-картофеля). Оцениваемые биометрические показатели включали в себя высоту куста, количество стеблей, количество листьев на стебле, сырой вес надземной части растения, а также суммарное количество и вес клубней с одного куста. Учет показателей проводили в фазу цветения; каждый вариант включал 10 кустов, повторность опыта – четырехкратная (Россия) или трехкратная (Канада).

Результаты эксперимента, усредненные по всем испытанным сортам, представлены в таблице 2. Максимально выраженный эффект был отмечен для таких параметров как количество стеблей, а также количество и вес клубней, собранных с одного куста; во всех исследованных сортах/репродукциях было отмечено увеличение данных показателей, причем для большинства сортов - достоверное. Менее выраженным оказалось изменение сырого веса ботвы. Влияние обработки ИНЭП на изменение высоты куста и количества листьев оказалось минимальным и наименее достоверным.

Дополнительно было отмечено более раннее появление всходов (на 5-8 дней) по сравнению с необработанным контролем.

Таблица 2

Влияние предпосадочной обработки ИНЭП на изменение некоторых биометрических параметров растений картофеля

Показатель	Мин. изменение, %	Макс. изменение, %	Среднее изменение, % от контроля	Доля сортов/репродукций, для которых изменение достоверно, %
Высота куста	-15.01	42.90	3.73	21.7
Кол-во стеблей	9.6	47.4	26.92	73.9
Кол-во листьев	-6.74	12.5	2.33	4.3
Сырой вес ботвы	-11.7	39.22	13.65	39.1
Кол-во клубней с одного куста	12.3	46.04	27.92	95.7
Вес клубней с одного куста	8.98	59.28	29.42	91.3

Таким образом, предпосадочная обработка ИНЭП оказывает достоверное положительное влияние на такие биометрические показатели как количество стеблей в кусте, а также количество и вес клубней, собранных с одного куста. Последние два параметра прямо связаны с продуктивностью картофеля и, следовательно, его биологическим потенциалом.

2. Изучение возможности включения ИНЭП в систему интегрированной защиты картофеля от болезней и повышение урожайности и товарности клубней

2.1. Изучение прямого действия ИНЭП на вредоносные для картофеля микроорганизмы - *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani*.

Целью исследования было выявление возможного эффекта от прямого воздействия ИНЭП в оптимальном для обработки клубней картофеля режиме (24 ч) на фитопатогенные микроорганизмы *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* и *Rhizoctonia solani*.

Согласно полученным результатам, обработка ИНЭП чистых культур *P. infestans*, *A. solani* и *R. solani* с использованием оптимального для картофеля времени экспозиции не оказывает прямого влияния на развитие указанных патогенов. Таким образом, можно предположить, что наблюдаемые положительные защитные эффекты предпосадочной обработки ИНЭП объясняются стимулирующим воздействием поля на сами растения.

2.2. Изучение влияния предпосадочной обработки ИНЭП на урожайность и товарность картофеля на фоне стандартных схем защиты

Целью исследования было изучение влияния предпосадочной обработки семенных клубней ИНЭП на урожайность и товарность картофеля как в полевых экспериментах (ВНИИФ), так и в условиях производственных испытаний в ЗАО «Озеры» (Московская область) и Tuberosum Technologies Inc. (Саскачеван, Канада).

Исследования, проведенные во ВНИИФ и ЗАО «Озеры» были выполнены на сортах Ред Скарлетт и Сатурна, соответственно. Исследования, проведенные в Tuberosum Technologies Inc., были выполнены на сорте Blushing Belle,

используемом в данной компании для производства т.н. "беби-картофеля" (мини-клубней столового картофеля).

Результаты проведенного во ВНИИФ исследования по оценке влияния предпосадочной обработки ИНЭП на урожайность и товарность клубней на фоне стандартной схемы химической защиты представлены на рис. 3. По сравнению с необработанным контролем, применение стандартной защитной схемы дало прибавку к урожайности и товарности картофеля, равную 30.5 и 20%, соответственно; дополнение стандартной схемы защиты предпосадочной обработкой ИНЭП позволило повысить урожайность еще на 9% (2.4 т/га) и достоверно увеличить товарность на 12%.

При проведении испытаний в ЗАО «Озеры» объем обработанной партии семенного картофеля составил 2 т. Отбор проб осуществляли в первой декаде сентября, за три недели до уборки. Результаты экспериментов представлены на рис. 4. Согласно полученным результатам, предпосадочная обработка ИНЭП достоверно увеличила урожайность (на 37.5%) и повысила товарность клубней на 4.9%. Относительно невысокое увеличение товарности клубней в данном опыте может быть связано с ранним отбором проб на поле (за три недели до уборки).

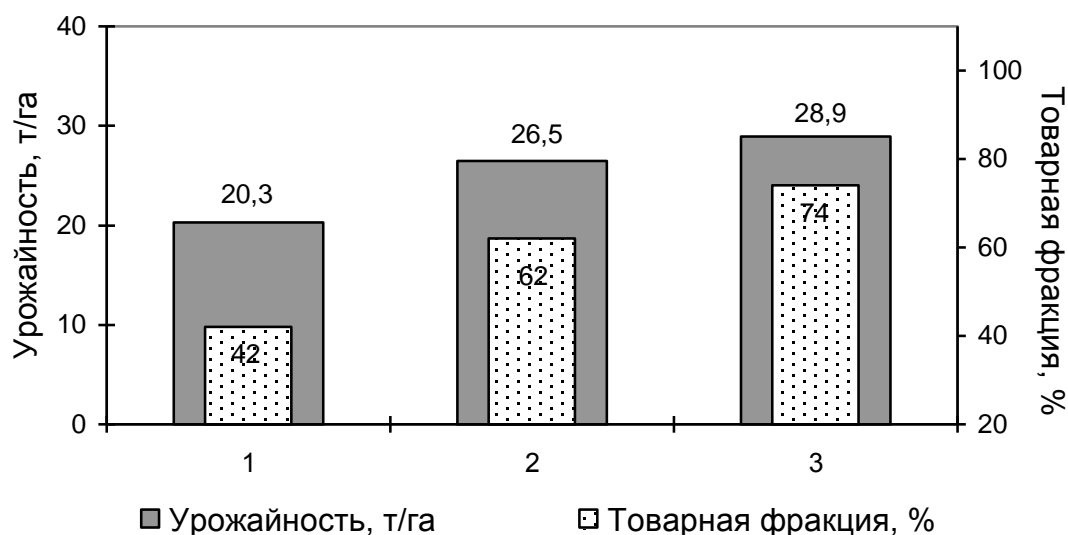


Рис. 3. Урожайность ($НСР_{0,95} = 2.5$) и товарность ($НСР_{0,95} = 10.2$) клубней картофеля сорта Ред Скарлетт в сравниваемых вариантах: 1 - контроль (без обработок); 2 – стандартная схема химической защиты (Ширлан, 1х; Ридомил Голд МЦ, 2х; Ревус + Скор, 1х; Ширлан, 1х); 3 – предпосадочная обработка клубней ИНЭП + стандартная схема защиты (ВНИИФ, 2011).

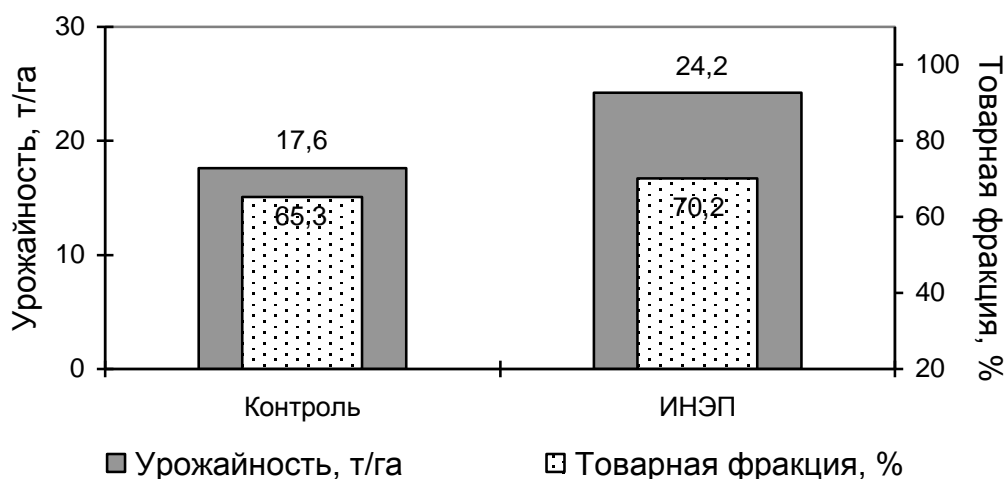


Рис. 4. Урожайность ($НСР_{0,95} = 5.3$) и товарность ($НСР_{0,95} = 4.05$) клубней картофеля сорта Сатурна в сравниваемых экспериментальных вариантах (ЗАО «Озеры», 2011).

В испытаниях, проведенных в Канаде, объем обработанной партии семенного картофеля составил 5 т. Непосредственно перед уборкой были отобраны пробы с метровых делянок, рандомизированно расположенных в массиве посадок обработанного и необработанного картофеля. Для каждого из двух вариантов (контроль и обработка) пробы были отобраны в 14-кратной повторности.

Результаты испытаний представлены в табл. 3. В соответствии со спецификой работы компании (производство столового мини-картофеля – «беби-картофеля»), к товарной фракции в данном случае относятся клубни размером 25-42 мм. Согласно полученным результатам, предпосадочная обработка ИНЭП достоверно увеличила общую урожайность на 31.1%, в основном за счет увеличения веса товарной фракции клубней (30.0%). Следует также отметить, что обработка ИНЭП достоверно увеличила количество клубней в товарной фракции на 19.3% или, в пересчете на гектар, на 370000 с гектара.

Таким образом, результаты экспериментов, проведенных в трех разных географических точках на картофеле разных сортов и назначения, показали, что включение предпосадочной обработки ИНЭП в схему защиты картофеля обеспечивает существенное увеличение урожайности и повышение товарности клубней.

Влияние предпосадочной обработки ИНЭП на количество, урожайность и товарность мини-клубней картофеля сорта Blushing Belle (Tuberosum Technologies, Саскачеван, Канада, 2009 г.)

Параметр	Контроль	ИНЭП	НСР _{0.95}
Среднее количество клубней с однометровой делянки			
< 25 мм	6.9	7.1	2.2
25-42 мм*	56.4	67.1	10.3
> 42 мм	3.4	4.7	2.3
Всего*	66.6	78.8	10.8
Средний вес клубней с однометровой делянки, г			
< 25 мм	46.4	46.7	20.2
25-42 мм*	1394.8	1813.7	318.7
> 42 мм	180	264	139
Всего*	1621.7	2124.4	368.2
Урожайность, т/га	46.3	60.7	10.5

* Различия между контролем и опытом достоверны.

2.3. Оценка возможности применения технологии ИНЭП в экологизированной системе защиты картофеля

Целью данного исследования была оценка эффекта комбинированного применения предпосадочной обработки семенных клубней ИНЭП и обработки вегетирующих растений биопрепаратом Агат-25К на общую урожайность и качество картофеля, а также степень поражения листьев и клубней растений фитофторозом, и сравнение полученного результата с тремя схемами химической защиты.

Исследование проводили на экспериментальном поле ВНИИФ в течение двух лет. Объектом исследования был картофель сорта Санте.

В первый год схема опыта включала следующие варианты: (1) необработанный контроль; (2) предпосадочная обработка ИНЭП; (3) пятикратная обработка вегетирующих растений биостимулятором Агат-25К в дозировке 100 г/га; (4) комбинация вариантов 2 и 3; (5) пятикратная обработка вегетирующих растений фунгицидом Браво в дозировке 3 л/га.

Во второй год сравнивали эффект от комплексного применения ИНЭП и Агат-25К на урожайность и товарность клубней, а также на степень

пораженности ботвы фитофторозом, с различными вариантами химической обработки. Схема опыта включала следующие варианты: (1) необработанный контроль; (2) предпосадочная обработка ИНЭП и пятикратная обработка вегетирующих растений биостимулятором Агат-25К (100 г/га); (3) пятикратная обработка вегетирующих растений фунгицидом Браво (3 л/га); (4) комбинация трехкратной обработки вегетирующих растений фунгицидом Ордан (2.5 кг/га) и двукратной обработки фунгицидом Пеннкоцеб (1.6 кг/га); (5) комбинация двукратной обработки фунгицидом Ридомил Голд МЦ (2.5 кг/га) и трехкратной обработки фунгицидом Браво (3 л/га).

Результаты первого года исследований (урожайность) представлены на рис. 5. Во всех протестированных вариантах урожайность достоверно превышала контроль. Обработка ИНЭП обеспечила прибавку урожайности на 16.5%; максимальная прибавка урожайности была получена в случае комбинированного применения ИНЭП и Агат-25 (20.8%). Поскольку в год проведения испытания (2010) развитие болезней на картофеле было очень слабым, полученные результаты могут отражать стимулирующий эффект исследованных вариантов обработки.

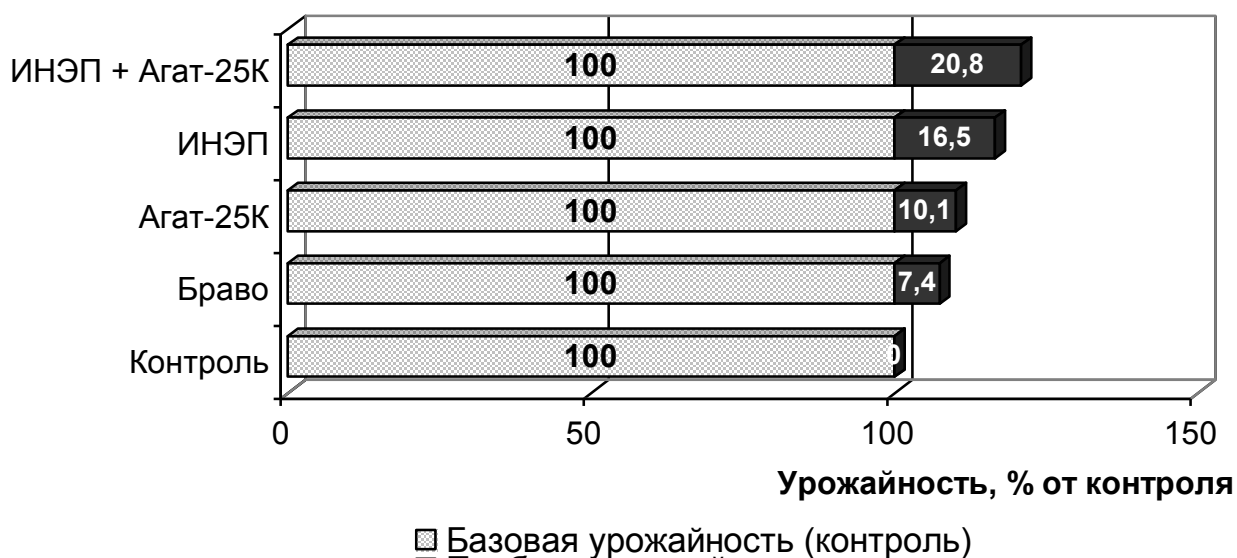


Рис. 5. Урожайность ($НСР_{0,95} = 0.4$) клубней картофеля сорта Санте в сравниваемых экспериментальных вариантах защиты (ВНИИФ, 2010).

Результаты второго года испытаний представлены на рис. 6 и в табл. 4. Сухая погода в начале вегетационного сезона задержала развитие болезней картофеля, но дожди в середине лета обеспечили далее чрезвычайно

благоприятные условия для развития фитофтороза и поражения клубней. К моменту уборки уровень пораженности ботвы в контроле и варианте ИНЭП + Агат-25К достиг 100%, в то время как в вариантах химической защиты он оставался заметно ниже, что обеспечило более длительный вегетационный период и, следовательно, дополнительную прибавку урожая по сравнению с контролем и экологизированной схемой обработки.

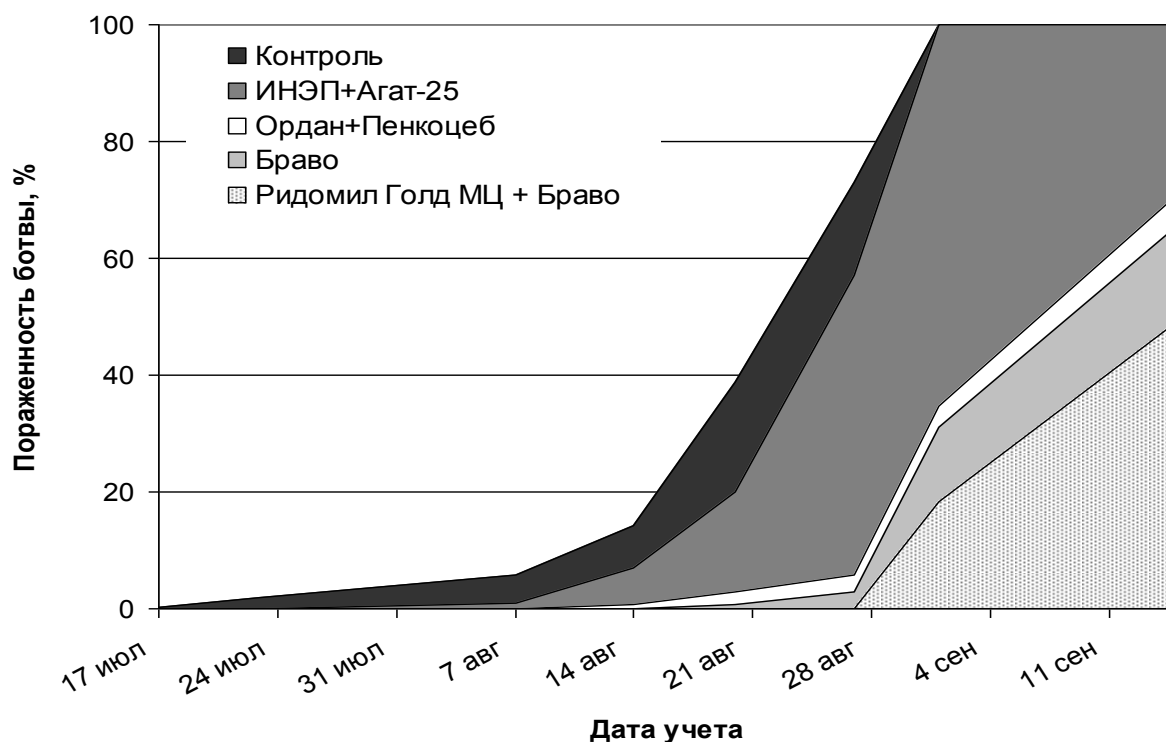


Рис. 6. Влияние различных схем защиты на развитие фитофтороза на ботве картофеля (ВНИИФ, 2011).

Таблица 4

Влияние различных схем защитных обработок картофеля на урожайность и товарность клубней картофеля (ВНИИФ, 2011)

Вариант	Урожайность, т/га	% больных клубней	Товарность клубней, %
Контроль	18.6	12.7	87.5
ИНЭП + Агат-25	22.7	5.0	94.7
Браво	23.6	7.0	92.8
Ордан + Пеннкоцеб	25.5	6.8	93.1
Ридомил Голд + Браво	26.6	7.5	92.4
НСР _{0.95}	4.0	3.9	2.4

Урожайность в опытных вариантах была достоверно выше, чем в контроле (+22-43%); в случае экологизированной схемы обработки прибавка урожайности составила 4.1 т/га или 22%.

Дождливая погода во второй половине вегетационного периода спровоцировала достаточно высокий уровень поражения клубней фитофторозом, оказавшийся в контроле существенно выше, чем в испытываемых вариантах. При использовании экологизированной схемы защиты значение этого параметра оказалось минимальным, хотя и недостоверно отличным от вариантов химической защиты. Аналогичные результаты были получены и при оценке товарности клубней: значение этого показателя в контроле оказалось достоверно ниже, чем для других вариантов, различия между которыми были несущественными.

Таким образом, тестирование экологизированной схемы защиты картофеля, включающей в себя предпосадочную обработку семенных клубней ИНЭП и пятикратную обработку вегетирующих растений биопрепаратом Агат-25К, проведенное в условиях эпифитотийного развития фитофтороза, показало результаты, вполне сравнимые с результатами, полученными для стандартных схем химической защиты, что позволяет рекомендовать применение данной схемы защиты в органическом картофелеводстве

2.4. Оценка возможности включения технологии ИНЭП в систему интегрированной защиты картофеля от спектра болезней

Целью данного исследования было изучение эффекта предпосадочной обработки ИНЭП на снижение вредоносности основных болезней картофеля и эффекта применения интегрированной системы защиты картофеля, объединяющей биологические, химические и физические обработки семенных клубней и вегетирующих растений, на устойчивость к болезням, урожайность и товарность картофеля. Исследуемая схема защиты включала в себя последовательное применение предпосадочной обработки ИНЭП, припосадочного внесения в почву фунгицида Квадрис, а также рутинной обработки вегетирующих растений фунгицидами в баковой смеси с биостимулятором Изабион.

Исследования проводили на экспериментальном поле ВНИИФ на картофеле сорта Ред Скарлетт. Схема опыта представлена в табл. 5.

Схема опыта по последовательному применению импульсного низкочастотного электрического поля и препаратов Квадрис и Изабион в сочетании с фунгицидными обработками растений (ВНИИФ, 2011)

№	Сокращенное название варианта	Предпосадочная обработка клубней	Внесение препарата при посадке	Обработка растений в период вегетации
1	Э_Р	ИНЭП	-*	Рутинная схема**
2	К_Р	-	Квадрис (3л/га)	Рутинная схема
3	И_Р	-	-	Рутин. схема +Изабион (2л/га)
4	Р	-	-	Рутинная схема
5	Э_К_И_Р	ИНЭП	Квадрис (3л/га)	Рутин. схема +Изабион (2л/га)
6	Контр	-	-	-

* обработку не проводили;

** обработка фунгицидными препаратами по рутинной схеме (1х Ширлан, 2х Ридомил Голд МЦ, 1х Ревус+Скор, 1х Ширлан).

В период вегетации растений проводили учеты степени развития ризоктониоза на всходах, фитофтороза и альтернариоза на вегетирующих растениях, а также ризоктониоза и серебристой парши на дочерних клубнях. Кроме того, оценивали всхожесть материнских клубней.

Результаты оценки всхожести материнских клубней показаны на рис. 7.

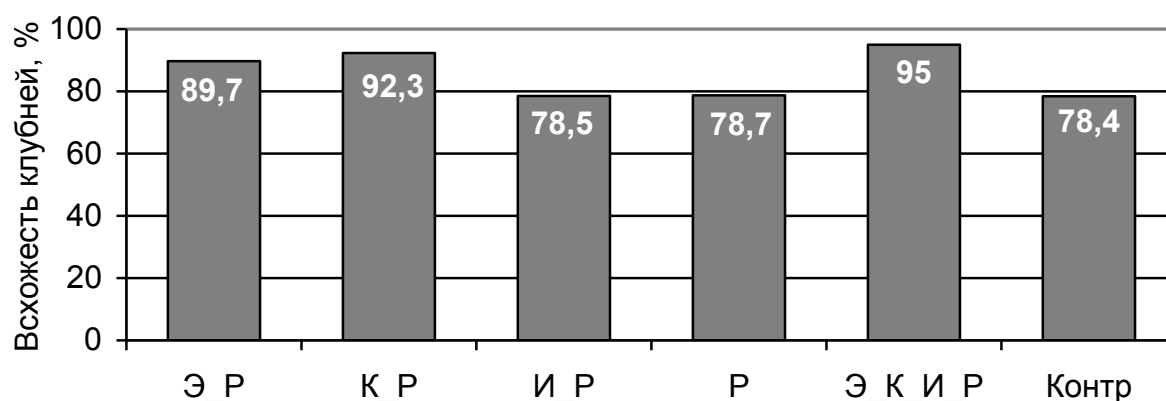


Рис. 7. Всхожесть материнских клубней, определенная для испытываемых схем защиты ($НСР_{0,95} = 3,7$).

Согласно полученным данным, основной вклад в увеличение данного показателя вносили предпосадочная обработка ИНЭП (+11%) и внесение в

почву во время посадки Квадриса (13.6%). Сочетание этих двух типов обработки увеличивало всхожесть на 16.3%.

Результаты оценки степени поражения всходов ризоктониозом в экспериментальных вариантах приведены в табл. 6. Включение в схему защиты обработки ИНЭП приводило к снижению вредоносности данного заболевания, однако наиболее выраженный эффект был связан с внесением в почву Квадриса.

Таблица 6

Степень поражения растений картофеля ризоктониозом в тестируемых вариантах защиты (ВНИИФ, 2011)

№	Сокращ. название варианта	Среднее кол-во стеблей, (шт/куст)	Среднее кол-во пораженных стеблей, (шт/куст)	Средняя степень пораженности стеблей, балл	Средняя степень пораженности столонов, балл
1	Э_Р	3.9	0.4 ¹ / 1.2 ²	0.5 / 1.0	ед ³ / 0.9
2	К_Р	4.0	0 / 0.2	0 / ед.	0 / ед.
3	И_Р	3.7	1 / 1.7	1 / 0.9	1.1 / 0.9
4	Р	3.5	1 / 1.8	1 / 1.0	1.4 / 1.0
5	Э_К_И_Р	4.2	0 / 0.2	0 / ед.	0 / ед.
6	Контр	3.6	1 / 1.9	1 / 1.0	1.3 / 1.0
	НСР _{0,95}	0.6	- / 0.4	-	-

¹ Учет в фазу полных всходов.

² Учет за 13 дней до уборки.

³ Единичные поражения.

Динамика развития фитофтороза и альтернариоза на растениях в испытываемых схемах защиты приведена в табл. 7. Во всех тестируемых вариантах первичное проявление признаков болезней сдвигалось на более поздние сроки, чем в необработанном контроле. К концу периода наблюдений уровень пораженности растений в контроле достигал 90%, в то время как в обработанном контроле (вариант Р) он составлял всего 9%. Применение интегрированной схемы защиты, включающей все перечисленные выше компоненты, обеспечивало максимально низкий уровень пораженности растений (1%).

Динамика развития фитофтороза и альтернариоза на растениях картофеля в зависимости от применяемой схемы защиты (ВНИИФ, 2011)

№	Сокращенное название варианта	Степень пораженности растений на дату учета, %					
		03 авг	17 авг	22 авг	25 авг	01 сен	08 сен
1	Контроль	3	5	15	25	50	90
2	Э_Р	-	-	0.9	3	5	8
3	К_Р	-	-	-	1	3	8
4	И_Р	-	-	-	-	1	5
5	Р	-	0.1	1	3	6	9
6	Э_К_И_Р	-	-	-	-	-	1

Результаты оценки степени поражения дочерних клубней серебристой паршой в протестированных вариантах защиты показаны на рис. 8. Как и в случае ризоктониоза, основной вклад в снижение степени пораженности клубней давало присутствие в схеме защиты припосадочного внесения в почву Квадриса.

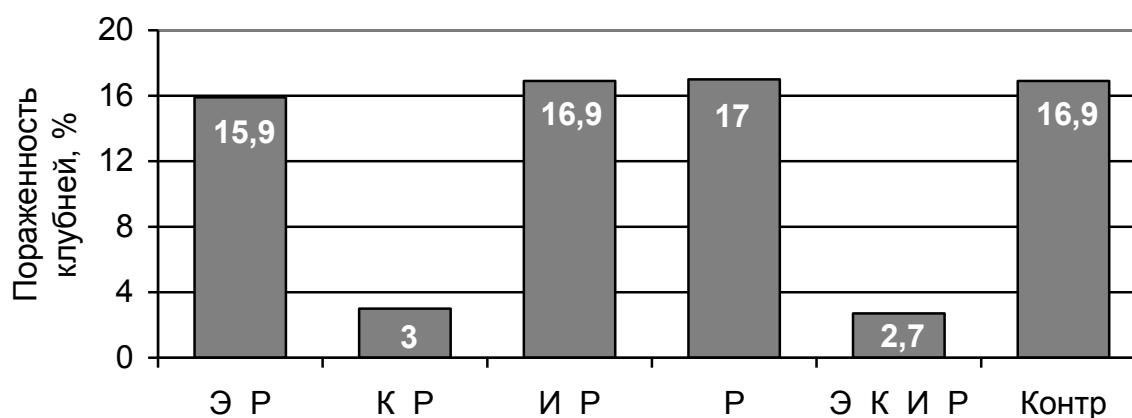


Рис. 8. Степень пораженности дочерних клубней серебристой паршой в тестируемых вариантах защиты ($HCp_{0,95} = 3.7$).

Результаты оценки урожайности и качества картофеля для испытываемых схем защиты показаны на рис. 9. Во всех схемах защиты полученные значения достоверно превышали таковые для необработанного контроля. Дополнение рутинной схемы защиты любым из компонентов (ИНЭП, Квадрис или Изабион)

приводило к достоверному приросту урожайности. Применение интегрированной схемы защиты, включающей в себя все исследуемые способы обработки, обеспечивало достоверно наилучший результат (урожайность 35 т/га, товарность 95%).

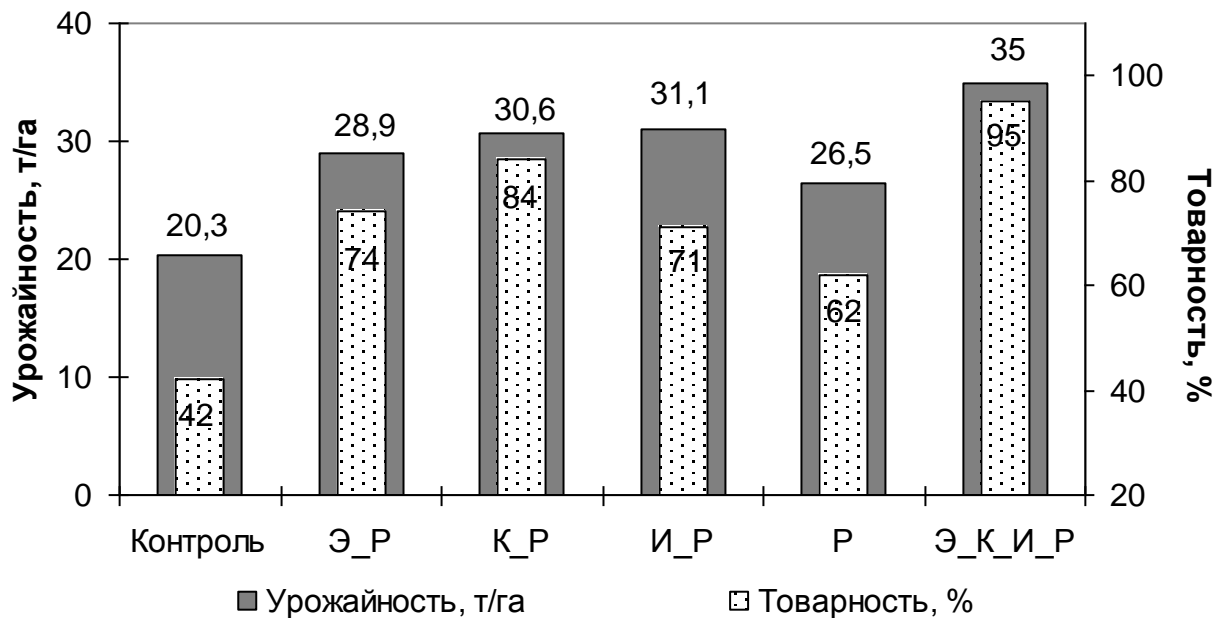


Рис. 9. Урожайность ($НСР_{0,95} = 2.53$) и товарность ($НСР_{0,95} = 10.2$) картофеля в различных схемах защиты.

Таким образом, включение в схему защиты предпосадочной обработки ИНЭП обеспечивало увеличение всхожести материнских клубней на 11.3%, отодвигало первичные проявления фитофтороза и альтернариоза на вегетирующих растениях на более поздний срок и обеспечивало прирост урожайности и товарности (на 2.4 т/га и 12%, соответственно) по сравнению с обработанным контролем. Применение многокомпонентной интегрированной схемы защиты картофеля обеспечивает увеличение урожайности на 8.5 т/га и товарности на 33% по сравнению с рутинной схемой химической защиты (обработанный контроль); в сравнении с необработанным контролем, указанный прирост составляет 14.7 т/га и 53%, соответственно.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Предпосадочная обработка ИНЭП ботанических семян картофеля продолжительностью 2 ч увеличивает их энергию прорастания, лабораторную всхожесть и всхожесть при высеве в почву на 16.2, 16.7 и 20.9%, соответственно.

2. Предпосадочная обработка ИНЭП семенных клубней картофеля положительно влияет на некоторые биометрические показатели вегетирующих растений. Для большинства испытанных сортов показано достоверное увеличение количества стеблей, а также количества и веса клубней с одного куста в среднем на 26.92, 27.92 и 29.42%, соответственно; отмеченный эффект был всегда положительным и максимально выраженным по сравнению с другими биометрическими показателями. Степень выраженности эффекта в отношении вышеуказанных показателей может варьировать в зависимости от сорта и номера репродукции семенного материала.

3. Влияние обработки ИНЭП на изменение высоты куста и количества листьев оказалось минимальным и наименее достоверным; для большинства исследованных сортов также недостоверным оказалось влияние обработки ИНЭП на сырой вес ботвы растений. Данные, полученные для разных репродукций одного сорта, не позволяют выявить какой-либо однозначной закономерности в изменении исследованных показателей в зависимости от номера репродукции сорта.

4. Показано отсутствие прямого действия ИНЭП на рост и развитие чистых культур *P. infestans*, *R. solani*, *A. solani*, что позволяет предположить, что снижение вредоносности данных патогенов на картофеле в случае предпосадочной обработки семенных клубней ИНЭП связано с эффектом индукции устойчивости растений.

5. Тестирование предпосадочной обработки ИНЭП клубней картофеля на фоне химической защиты, выполненное на различных сортах и в различных географических зонах, показало достоверный прирост урожайности (9-37.5%) и товарности (4.9-30%) по сравнению с контролем.

6. Показана эффективность использования предпосадочной обработки ИНЭП в комбинации с биофунгицидом Агат-25К в качестве альтернативы применению химических средств защиты. Прирост урожайности по сравнению

с необработанным контролем составил 4.1 т/га (22%), а повышение товарности клубней – 7.4%. Отмечено более раннее (на 7-8 дней) появление всходов в случае проведения предпосадочной обработки ИНЭП.

7. Дополнение рутинной схемы защиты предпосадочной обработкой ИНЭП обеспечивает увеличение всхожести клубней на 11.3%, снижает пораженность стеблей растений ризоктониозом, на 5 дней задерживает первичные проявления фитофтороза и альтернариоза на вегетирующих растениях и обеспечивает дополнительный прирост урожайности и товарности на 2.4 т/га и 12%, соответственно.

8. Применение системы интегрированной защиты, включающей последовательное применение предпосадочной обработки ИНЭП, припосадочное внесение в почву фунгицида Квадрис, а также рутинную обработку вегетирующих растений химическими фунгицидами, существенно снижает вредоносность ризоктониоза, фитофтороза, альтернариоза и серебристой парши. В сравнении с рутинной схемой обработки, применение системы интегрированной защиты увеличивает урожайность и товарность клубней на 8.5 т/га и 33%, соответственно. По сравнению с необработанным контролем это увеличение составило 14.7 т/га и 53%, соответственно.

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для увеличения энергии прорастания и всхожести ботанических семян картофеля, используемых в селекционной работе и как посадочный материал, рекомендуется проведение двухчасовой обработки ИНЭП сухих семян за 1-5 дней до посева.

Для увеличения всхожести, урожайности и товарности картофеля рекомендуется проведение 24-часовой обработки семенных клубней ИНЭП за 1-5 дней до посадки.

Рекомендуется включение предпосадочной обработки ИНЭП семенных клубней картофеля в схемы экологизированной защиты картофеля от фитофтороза, альтернариоза и ризоктониоза, применяемые в органическом земледелии и на сельскохозяйственных территориях с существующими ограничениями по применению химических средств защиты.

Рекомендуется использование предпосадочной обработки ИНЭП семенных

клубней в качестве увеличивающего ресурсный потенциал данной сельскохозяйственной культуры компонента интегрированной защиты картофеля от наиболее вредоносных болезней.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Способ предпосадочной обработки семенного материала сельскохозяйственных культур и послеуборочной обработки урожая: патент 2487519. Российская Федерация / Е.М. Бельковец, Ю.М. Галантерник, Е.Г. Добруцкая, А.В. Филиппов, Г.Г. Филиппова, В.В. Костяшов, М.А. Кузнецова, Е.А. Широкова, **Н.В. Стацюк**. Заявл. 15.02.12; опубл. 20.07.13, Бюл. № 20. 5 с.

2. Стацюк Н.В. Влияние предпосадочной обработки импульсным низкочастотным электрическим полем на повышение всхожести ботанических семян картофеля (*Solanum tuberosum* L.) / **Стацюк Н.В.**, Такур К., Сметанина Т.И., Кузнецова М.А. // Вестник ОрелГАУ. – 2015 - № 3. – С. 53-58.

3. Стацюк Н.В. Технология предпосадочной обработки модулированным импульсным электрическим полем как способ повышения продуктивного потенциала картофеля / **Стацюк Н.В.**, Кузнецова М.А., Рогожин А.Н., Филиппов А.В. // Биотика. – 2015. - № 3(4). – С. 10-12.

4. Стацюк Н.В. Влияние предпосадочной обработки клубней импульсным низкочастотным электрическим полем на урожайность и товарность картофеля / **Стацюк Н.В.**, Такур К., Рогожин А.Н., Кузнецова М.А. // Достижения науки и техники АПК. – 2015 - № 8. – С. 43-45.

5. Стацюк Н.В. Влияние предпосадочной обработки клубней импульсным низкочастотным электрическим полем на развитие растений картофеля / **Н.В. Стацюк** // Вестник ОрелГАУ. – 2015. - №4. - С. 93-98.

6. Кузнецова М.А. Обработка семенных клубней модулированным электрическим полем: перспективная и экологически чистая технология защиты от болезней картофеля / Кузнецова М.А., **Стацюк Н.В.** // Материалы Международной научной конференции «Инновационные экологически безопасные технологии защиты растений». – Алматы, 2015. – С. 373-380.

7. Kuznetsova M.A. Effect of the combined application of a low-frequency pulse electric field and Quadris and Izabion preparations on the disease protection and yield increase of potato / Kuznetsova M.A., **Statsyuk N.V.**, Rogozhin A.N., Smetanina T.I., Filippov A.V. // In: D. Marčić, M. Glavendekić, P. Nicot (Eds.) Proceedings of the VII Congress on Plant Protection. – Belgrade, 2015. – P. 53-58.

8. Statsyuk N.V. Combination of a pre-planting treatment of tubers with low-frequency pulse electric field and foliar treatments with Agat-25K microbial preparation to control the late blight of potato / **Statsyuk N.V.**, Kuznetsova M.A., Rogozhin A.N., Filippov A.V. // PPO-Special Report (ed. H.T.A.M. Schepers). – 2015. - № 17. – в печати.