

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»

Зооинженерный факультет

Кафедра «Водные биоресурсы и аквакультура»

ТЮТИН ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени к.б.н.

на тему:

«Эколого-физиологические особенности влияния ЭМИ на развитие
некоторых сельскохозяйственных культур»

Направление подготовки: 06.06.01 Биологические науки

Направленность (профиль): Экология

Научный руководитель:
д.б.н., профессор Постнов Иван Евстафьевич

Нижний Новгород

2022 г.

Содержание:

Введение.....	7
Глава I. Обзор литературы. Разработанность.....	13
1.1. Современные представления о влиянии на растения электромагнитных излучений.....	13
1.2. Органическая продукция России и её классификация.....	15
1.3. Проблемы современного сельского хозяйства.....	15
1.4. Почему Россия может стать лидером в органическом сельском хозяйстве.....	15
1.5. Для органических технологий важно.....	16
1.6. Преимущество органического сельского хозяйства перед традиционным сельским хозяйством.....	17
1.6.1. Почва, плодородие.....	17
1.6.2. Растения.....	17
1.6.3. Продукция.....	18
1.7. Преимущества и недостатки технологий (по Кирюшину В.И.).....	18
1.7.1. Применение высоких технологий.....	18
1.7.2. Экстенсивные агротехнологии.....	19
1.7.3. Агроэкологические факторы развития растений ухудшающиеся при переходе с традиционной на органическую систему земледелия.....	20
1.7.4. Особенности фитосанитарного состояния посевов яровой пшеницы, возделываемой по системе экоземледелия.....	20
1.7.5. С точки зрения потребителя, преимущества органики, например, при производстве эфиромасличных культур, переработке в продукцию, например, парфюмерной и косметической промышленности.....	20
1.8. Пшеница.....	21

1.8.1. Выводы по пшенице.....	22
1.9. Выводы по яблоневым садам.....	23
1.10. Ячмень.....	24
1.10.1. Цели работы.....	24
1.10.2. Задачи.....	24
1.11. Виноград.....	36
1.11.1. Технологии успешного развития.....	36
1.11.2. Определение качества винограда и вина методом высушающей капли.....	37
1.11.3. Основные риски при производстве экологически чистой продукции, сдерживающие его развитие.....	39
1.11.4. Базовые аспекты успешного производства экологического винограда.....	41
Глава II. Материал и методы исследования.....	42
2.1. Общая схема исследований и методы воздействия.....	42
2.2. Материалы и методика.....	42
2.3. Объекты исследования.....	44
2.4. Лабораторные исследования.....	44
2.5. Методика лабораторных исследований по оценке всхожести, энергии прорастания и очаговой плесени.....	44
2.6. Определение биометрических параметров пшеницы.....	45
2.7. Оборудование и приборы.....	46
2.8. Выполнение работы.....	46
2.9. Метод высушающей капли.....	47
2.10. Объекты исследования.....	51
2.11. Описание и принцип работы экспериментальных установок.....	51
2.11.1. Обработка семян на устройстве «Садко» (Ядерный центр).....	51
2.11.2. Описание и принцип работы экспериментальной установки «Садко».....	54
2.12. Испытания СВЧ-установки НПО «Салют».....	55

2.13. Методика обработки и проращивания семян.....	56
2.14. Обработка и анализ полученных результатов.....	57
2.15. Обработка полученных результатов.....	58
2.15.1. Энергия прорастания, всхожесть.....	58
2.15.2. Средняя длина первичного корешка (или листочка), высота сеянца..	59
2.15.3. Средняя масса одного семени, проростка, клубня.....	60
2.15.4. Среднее время прорастания семян, или среднее значение скрытого периода роста.....	61
2.15.5. Средняя скорость прорастания семян, или средняя скорость процесса прорастания.....	62
2.15.6. Биологический эффект озонирования БЭ.....	65
Глава III. Собственные исследования. Влияние СВЧ излучения на физиологические, морфологические и биохимические показатели некоторых сельскохозяйственных культур.....	69
3.1. История развития сотрудничества Ядерного центра с НГСХА и перспективы прикладных решений в аграрной науке.....	69
3.2. Предпосевная обработка семян ЭПКР.....	72
3.3. Научная новизна.....	76
3.4. Практическая значимость.....	77
3.5. Электрофизические технологии предпосевной обработки семян пшеницы.....	77
3.6. Электрофизические технологии предпосевной обработки семян масличных культур.....	79
3.7. Электрофизическая технология предпосевной обработки семян сафлора.....	81
3.8. Испытания электрофизических устройств для тепличных хозяйств.....	83
3.9. Предпосевная обработка картофеля.....	87
3.10. Влияние электрофизической обработки посевного материала лука на урожай.....	88

3.11. Оценка экономической эффективности электрофизической технологии.....	90
3.12. Электрофизические технологии для сельского хозяйства.....	92
3.13. Борьба с сорной растительностью и обеззараживание почвы при помощи СВЧ.....	95
3.14. Полевые испытания влияния предпосевной обработки семян подсолнечника и овса электрополем коронного разряда (ЭПКР).....	96
3.15. Опыты на демонстрационной площадке.....	97
3.16. Полевые испытания.....	107
3.17. Промышленные испытания электрофизических установок НТЦФ в сельскохозяйственных предприятиях.....	121
3.18. Условия проведения эксперимента.....	124
3.19. Принцип действия установки «Садко».....	126
3.20. Методика и постановка экспериментов.....	128
3.21. Лабораторная отработка оптимального режима работы устройства «Садко» для предпосевной обработки семян подсолнечника.....	128
Глава IV . Обсуждение полученных результатов. К механизму реакции семян на ЭМИ. Выводы. Предложения к производству.....	132
4.1. Выводы.....	132
4.2. Влияние КВЧ излучения нетепловой интенсивности на морфофизиологические, биохимические и поведенческие показатели модельных биообъектов.....	133
4.3. Лабораторные опыты.....	136
4.4. Методы выращивания растительного материала.....	137
4.5. Методы статобработки.....	137
4.6. Влияние СВЧ излучения на пусковые и ростовые показатели прорастания семян ячменя и гороха.....	138
4.7. Полезный результат.....	138
Заключение.....	148
Выводы.....	149

Список источников.....	153
Приложения	

Введение

Актуальность темы. Исследования влияния ЭМИ на различные культуры, прежде всего пшеницу, основано на 3-х моментах:

-- Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства»; ¹

-- ориентир отечественных сельхозтоваропроизводителей на экспорт пшеницы (указ Президента России от 7 мая 2018 г. обеспечить объём экспорта несырьевых неэнергетических товаров в размере \$250 млрд к 2024 году);

- поддержку Правительством РФ производства экологически чистой продукции (ФЗ N 280-ФЗ "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" был принят 3 августа 2018 года).

Прежде всего, для страны важен экспорт качественной, экологически чистой пшеницы на мировой рынок.

-- в АПК, обеспечивающем продовольственную безопасность страны, а промышленность – сырьём, обостряется проблема получения хороших урожаев зерна с высокими хлебопекарными свойствами. Существующая агротехника возделывания зерновых культур основана на применении химических препаратов (удобрений, пестицидов, стимуляторов роста), пересыхающих почву и попадающих в растения и продукты питания. При этом происходит перерасход семян из-за их неоднородности и низкой всхожести. В результате наблюдаются низкая эффективность сельскохозяйственного производства и невысокое качество зерна. Поэтому актуальным этапом в агротехнике является подготовка биологически ценных (здоровых, зрелых) семян с высоким генетическим потенциалом всхожести и энергии прорастания.

¹ <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41139>

Цели

- Исследовать влияние ЭМИ излучения на прорастание семян и рост растений. Подобрать оптимальные режимы облучения. Создать опытный образец устройства;
- изучить влияния различных режимов облучения, в частности, СВЧ полем природной нетепловой интенсивности на семена различных культур;
- выяснить эколого-физиологические особенности информационного ЭМИ СВЧ диапазона на модельные биообъекты. Исследовать влияние СВЧ излучения на прорастание семян и рост растений;
- изучить и показать широкому кругу сельхозпроизводителей целесообразность перехода на органическое сельское хозяйство, дать объективную оценку результатов опытов органического земледелия и выявить дополнительные ресурсы экономически успешного хозяйства-экспортера зерновых и эфиромасличных культур, сертифицированного по международным стандартам ЕС и США.

Задачи

1. Изучить характер и степень величин СВЧ фактора на семена различных культур;
2. Подобрать оптимальное сочетание степени и времени облучения;
3. Разработать методики и рекомендации применения факторов для промышленного производства.

Научная новизна

- Электромагнитное излучение имеет преимущество перед другими физическими воздействиями – экологически безопасно, малоёмко, более эффективно в сокращении вегетативных периодов развития растений и

повышении количества и качества урожая благодаря уникальному механизму энергоинформационной резонансно-лавиной передачи и поглощения электро-волновой и информационной энергии генетическим аппаратом клеток через фоторецепторы и биоплазму. Отмечу, что СВЧ помимо нетеплового воздействия имеет ещё и информационное, которое влияет на биологический ответ семени;

-- Впервые выявлено стимулирующее и подавляющее действие СВЧ излучения на ростовые процессы семян в зависимости от их видовой принадлежности, физиологического состояния, условий и способов облучения. Разработана интегральная схема реакции семян растений на воздействие ЭМИ;

-- Продолжаются исследования влияние фактора СВЧ, начатые профессором Орловым Б.Н., сделавшим ранее открытие мирового уровня о целесообразности использования природной нетепловой активности СВЧ излучения, не требующего больших энергозатрат; получившим патент;

-- Новизна также и в том, что предложено оценивать не только БЭ всхожести семян, но и путём полевого опыта подсчитывать урожайность, что важно не только для науки, но и для сельхозтоваропроизводителей. Предлагаемый способ является надёжным, экономичным, простым в осуществлении и может применяться как в лабораторных, так и в полевых условиях.

-- установлены общие закономерности реагирования семян и растений на СВЧ излучение;

-- Ранее считалось, что кратковременное СВЧ низкой нетепловой интенсивности практически не вызывает биологического ответа, -- мы доказали обратное. Было также выявлена необходимость «отлёжки» 5-7 дней;

-- Ранее учёными-предшественниками утверждалась необходимость влажного озонирования семян перед обработкой СВЧ. Нами было эта необходимость также опровергнута.

Теоретическая и практическая значимость исследований

Практическая значимость: разрабатываются инновационные методы прорастания семян и роста растений с помощью внешнего экологического фактора СВЧ.

Гипотезы

-- С помощью ЭМИ нетепловой интенсивности можно управлять развитием биосистем в нужном для человека направлении для получения максимального полезного эффекта. Например, в отношении растений это: повышение урожайности растений, увеличение биомассы, энергии прорастания, всхожести т.п.;

-- Облучённые семена пшеницы имеют больший БЭ, чем необлучённые (контроль) и обработанные защитными средствами;

-- производится биостимуляция и с соответствующим биологическим ответом семени;

-- происходит стерилизация семян электрофизическими воздействиями.

На защиту выносятся следующие основные положения

1. Эффективность регуляторного действия СВЧ излучения нетепловой интенсивности на ростовые процессы сельскохозяйственных культур;
2. Роль семенных оболочек в процессах облучения растений;
3. Роль СВЧ в развитии ростовых процессов;
4. Влияние электромагнитных излучений сверхнизкой интенсивности СВЧ диапазона на модельные биообъекты;
5. Влияние СВЧ излучения сверхнизкой интенсивности на циркадные ритмы растений.

Апробация работы

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на ряде региональных и федеральных конференциях. Также, презентация проводилась в МСХА им. Тимирязева на кафедре «Экологии» и в НГСХА на встрече с ректором и учёными, по итогу которой создан совместный проект «Экология в сельском хозяйстве».

Экспериментальные разработки прошли практическую апробацию на базе Ядерного центра (г. Саров).

Полученные результаты по теме диссертации легли в основу спецкурсов для студентов факультета агрохимии и агроэкологии НГСХА по курсу «Экология». Разработаны учебные программы (модули) по курсам: Экология и Экологическая безопасность.

Публикации

Основное содержание диссертации отражено в порядка 10-ти печатных работах РИНЦ, также опубликованы 2 статьи в международных изданиях (Германия и США). В ближней перспективе по итогам исследований готовятся выйти в свет 2 ВАКовских статьи. Получено несколько патентов на полезную модель и изобретения установки «Садко».

Структура и объем диссертации

НКТ изложена на <<180>> страницах компьютерного текста и состоит из введения, обзора литературы, характеристики материалов и методов исследования, результатов собственных исследований и их обсуждения, практических рекомендаций и выводов. Список цитируемой литературы включает <<199>> источника (<<60>> отечественных и <<39>>

зарубежных). Работа иллюстрирована <<97>> рисунками и содержит <<19>> таблиц.

Глава I. Обзор литературы. Разработанность темы

1.1. Современные представления о влиянии на растения электромагнитных излучений

Предпосевная обработка зерна с использованием электрофизических воздействий является одним из важных направлений не только повышения урожайности сельскохозяйственных культур, но и весомым элементом управления структурой урожая. На сегодняшний день только в каталог научной электронной библиотеки Elibrary внесено более 1000 публикаций по данной тематике. Защищено более сотни кандидатских и докторских диссертаций по данному вопросу. Несколько диссертаций защищено непосредственно по предпосевной обработке семян с использованием полей СВЧ. В 1987 году в МИИСПе им. В.П. Горячкина Шустовым В.И. защищена кандидатская диссертация по использованию СВЧ для борьбы с сорной растительностью. Работа и экспериментальная установка были выполнены во ВНИПТИМЭСХ и проведены полевые испытания на десятках гектаров.

Более 70 лет в научно-исследовательских и научных заведениях проводятся исследования темы воздействия СВЧ на семена и растения, как в России, так и за рубежом. Результаты подтверждаются многочисленными актами внедрения разработанных установок и технологий.

Учёные, разрабатывавшие тему влияния СВЧ на растения: Головина Татьяна Анатольевна, «Влияние энергии СВЧ-поля на фитопатогенный комплекс и качественные показатели зерна пшеницы», г. Красноярск, 2004 г.; Лукьянов Александр Андреевич, «Влияние СВЧ- и КВЧ-излучения на гетеротрофных и фототрофных партнёров смешанных культур микроорганизмов, Москва, 2007 г.; Стишенок Е.О., «Влияние предпосевной обработки почвы на рост и развитие растений СВЧ-энергия в сельском хозяйстве», Москва, 2010 г.; Исмаилов Э. Ш., «Биофизическое действие СВЧ-излучений», Москва, Энергопромиздат, 1987; Яковлева М. И., «Физиологические механизмы действия электромагнитных полей», Ленинград, Медицина, 1973 г.; Исаев Алексей Васильевич, «Эффективные

режимы предпосевной обработки семян рапса в электромагнитном поле сверхвысокой частоты», г. Красноярск, 2016 г.; Казаков Александр Валентинович, «Физиологическое обоснование применения оптического и СВЧ-излучения нетепловой интенсивности в животноводстве», НГСХА, 2009 г.; Никулина М.П., Никулин Р.Н., Подтелкова А.С, «О некоторых экспериментально установленных эффектах воздействия СВЧ-излучения на зёрна пшеницы», Москва, 2010 г.

Фундамент для изучения влияния ЭМИ на растения был заложен Советский и российский биолог, доктор биологических наук, профессор, на протяжении почти 40 лет последовательно заведовал кафедрами физиологии и биохимии Нижегородского государственного университета имени Н. И. Лобачевского и Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования Орловым Борисом Николаевичем, сделавшим открытие, основанное на том, что СВЧ излучение сверхслабой интенсивности (10-8 – 10-15 Вт) оказывает влияние на цирканнуальные ритмы живых организмов. Имеется патент «Способ СВЧ-обработки семян». По его стопам пошли его ученики, по ныне сотрудники НГСХА: Чурмасов А.В., Гаврилова А.А., Казаков А.В., Постнов И.Е. Я продолжил исследования в этом направлении.



Рис. №1. Направления работы экологов

1.2. Органическая продукция России и её классификация

Органическая продукция -- экологически чистые сельскохозяйственная продукция, сырьё и продовольствие, производство которых соответствует требованиям, установленным Федеральным законом от 03.08.2018 № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

1.3. Проблемы современного сельского хозяйства

- Интенсивные агротехнологии;
- Высокие дозы минеральных, органических и органо-минеральных удобрений;
- Применение пестицидов на всех этапах от предпосевной обработки семян до хранения продукции.

1.4. Почему Россия может стать лидером в органическом сельском хозяйстве

- В регионах относительно «чистые» почвы
- Невысокий уровень загрязнения токсикантами: •Пестицидов применяем в 3-4 раза меньше, чем в Европе
- 42% пашни без минеральных удобрений (в 2020 год 3,5 млн тонн из 23 млн т. Более 13 млн т. применяли в Российской Федерации в 1980-1990 гг.)

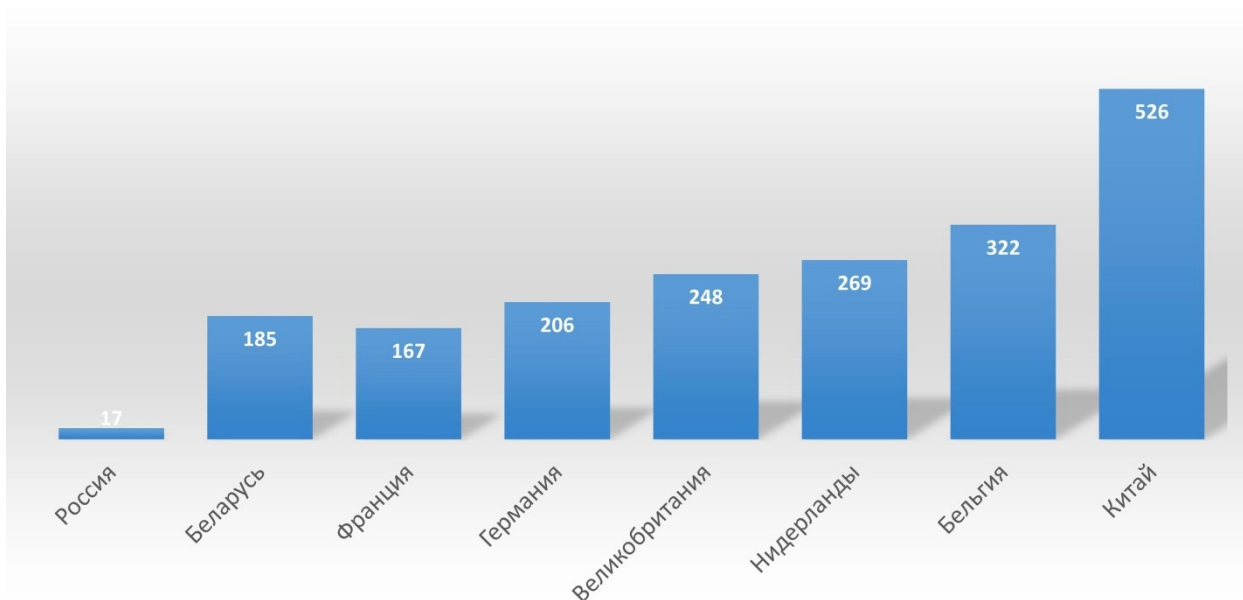


Рис. №2. Внесение минеральных удобрений в различных странах, кг/га, 2020

г.

Сегодня потребитель хочет не только разнообразную пищу, но и экологически безопасную, пищевая ценность которой высока. Органическое сельское хозяйство – это качественно новый для наших хозяйств высокий уровень качества продукции.

1.5. Для органических технологий важно

- Органическое агропроизводство должно использовать возобновляемые ресурсы в локально организованных сельскохозяйственных системах;
- Для снабжения посевных площадей питательными веществами применять отходы и побочные продукты растительного и животного происхождения;
- Органическое растениеводство должно вносить вклад в сохранение и улучшение плодородия почвы и в предотвращение её эрозии. Растения должны получать питательные вещества преимущественно через экосистему почвы, а не из вносимых в почву растворимых удобрений.

- Центральные элементы в системе органического растениеводства - забота о плодородии почвы, выбор подходящих видов и сортов, многолетний севооборот, повторное использование органического сырья. Дополнительные удобрения, улучшители качества почвы и средства защиты растений должны применяться лишь в том случае, если их использование совместимо с целями и основными положениями экологического производства;

- Переработанная экологическая продукция должна производиться с помощью методов переработки, гарантирующих экологическую целостность и сохранение определяющих качественных признаков продукции на всех стадиях производственной цепочки.

Цель органики -- производство высококачественной продукции.

1.6. Преимущество органического сельского хозяйства перед традиционным сельским хозяйством

1.6.1. Почва, плодородие

- Физико-химические, физико-механические,
- Агрохимические, химический состав
- Микробиологические
- Энергетические характеристики

1.6.2. Растения

- Культурные;
- Сорные;
- Агротехнологии, энергоемкость;
- Энергетические характеристики;

1.6.3. Продукция

- Качество;
- Химический состав;
- Энергетическая ценность;
- Цена;

Показатель	Экстенсивные	Нормальные	Интенсивные	Высокие
Сорта	Толерантные	Пластичные*	Интенсивные	С заданными параметрами
Почвенно-ландшафтные условия	Различной сложности	Умеренно сложные	КУ>0,6 плоские ЭАА, пятнистости	КУ>0,8 плоские ЭАА, однородные ПК
Удобрение	Нет (42% пашни)	Поддерживающее	Программированное	Точное
Защита растений	Эпизодическая	Ограниченная против наиболее вредоносных видов	Интегрированная	Экологически сбалансированная
Обработка почвы	Система вспашки	Почвозащитная комбинированная	Дифференцированно минимизированная	Оптимизированная
Техника	1...2-го поколения	3-го поколения	4-го поколения	Прецизионная
Качество продукции	Неопределенное	Неустойчиво удовлетворительное	Отвечающее требованиям переработки и рынка	Сбалансированное по всем компонентам
Землеоценочная основа	Почвенные карты 1 : 25 000	Почвенные карты 1 : 10 000	Почвенно-ландшафтные карты	ГИС
Экологический риск	Активная деградация почв и ландшафтов	Деградация почв	Риск загрязнения	Минимальный риск

*Красным цветом выделены параметры органического земледелия

Табл. №1. Сравнительная оценка агротехнологий различного уровня интенсификации (по Кирюшину В.И.)

1.7. Преимущества и недостатки технологий (по Кирюшину В.И.)

1.7.1. Применение высоких технологий

- сводит к минимуму экологические риски химического загрязнения по сравнению с интенсивными агротехнологиями;
- предотвращает деградацию почв и ландшафтов благодаря:

- применению сортов растений устойчивых к вредным организмам (в том числе трансгенных) и снижению соответственно химических обработок,
- используются высокоэффективные биопрепараты,
- точному внесению под растения и на растения разрешенных агрохимических средств,
- повышает роль биологического азота в азотном балансе агроценозов;

1.7.2. Экстенсивные агротехнологии

- рассчитаны на использование естественного плодородия;
- сопровождаются деградацией почв и ландшафтов, поскольку почвозащитные мероприятия (мульчирующая обработка почвы и др.), как правило, невозможны без применения агрохимических средств;
- важное значение имеет сокращение уплотняющего воздействия на почву движителей машин благодаря постоянной технологической колее;
- обогащение почвы растительными остатками вследствие повышения продуктивности агроценозов;
- регулирование почвенных режимов;
- Преобладание экстенсивного земледелия в стране, высокая распаханность огромных территорий при низкой урожайности и невысоком качестве продукции -- свидетельство несостоятельной экономики.

1.7.3. Агроэкологические факторы развития растений ухудшающиеся при переходе с традиционной на органическую систему земледелия

2. Снижение обеспеченности растений элементами минерального питания;
3. Увеличение засоренности посевов;
4. Увеличение распространенности и развития вредителей и болезней.

1.7.4. Особенности фитосанитарного состояния посевов яровой пшеницы, возделываемой по системе экоземледелия

2. Умеренное развитие корневых гнилей и болезней листьев, распространение злаковых мух в пределах экономического порога вредоносности;
3. Сильная засоренность многолетними и однодольными сорняками;
4. Для решения проблемы необходимо осваивать севооборот с регулярным чередованием чистого пара и многолетних трав, а также проводить улучшенную обработку почвы в осенний период, включающую двукратное дискование после уборки предшественника с интервалом 10-14 дней;

1.7.5. С точки зрения потребителя, преимущества органики, например, при производстве эфиромасличных культур, переработке в продукцию, например, парфюмерной и косметической промышленности

1. Экологичность: в процессе производства не используются химические вещества, которые выделяются в окружающую среду и вызывают загрязнение;

2. Нет аллергии и побочных эффектов: т.к. не применяются искусственные химикаты, красители и ароматизаторы, которые содержат аллергены. Никаких побочных эффектов (таких как нарушение гормонального баланса нашего организма), вызванных искусственными консервантами, нет;

3. В чем разница между натуральным и органическим:

«Натуральный продукт» -- основан на натуральных ингредиентах, это широкое понятие. Когда используется «натуральный» продукт, это не означает, что его ингредиенты не подвергались химическому воздействию в процессе выращивания;

«Органический продукт» -- это означает, что процесс выращивания не содержит искусственных химикатов, удобрений, пестицидов, которые через растения могут проникать в продукты и продукцию и наносить вред нашему здоровью. И, также стоимость.

1.8. Пшеница

Вид земледелия	Число падений	Стекло-видность	Влага	ИДК	Зола	Клейковина	Протеин
Традиционное	256,1±7,8	38,3±1,2	11,4±0,4	76,5±2,3	1,68±0,03	10,6±0,4	9,67±0,20
Органическое	194,3±5,8	46,2±1,4	10,9±0,4	77,1±2,3	1,55±0,03	25,1±0,8	15,70±0,28

Табл. №2. Химический состав зерна пшеницы мягкой озимой
(*Triticumaestivum*L.) сорт Есаул

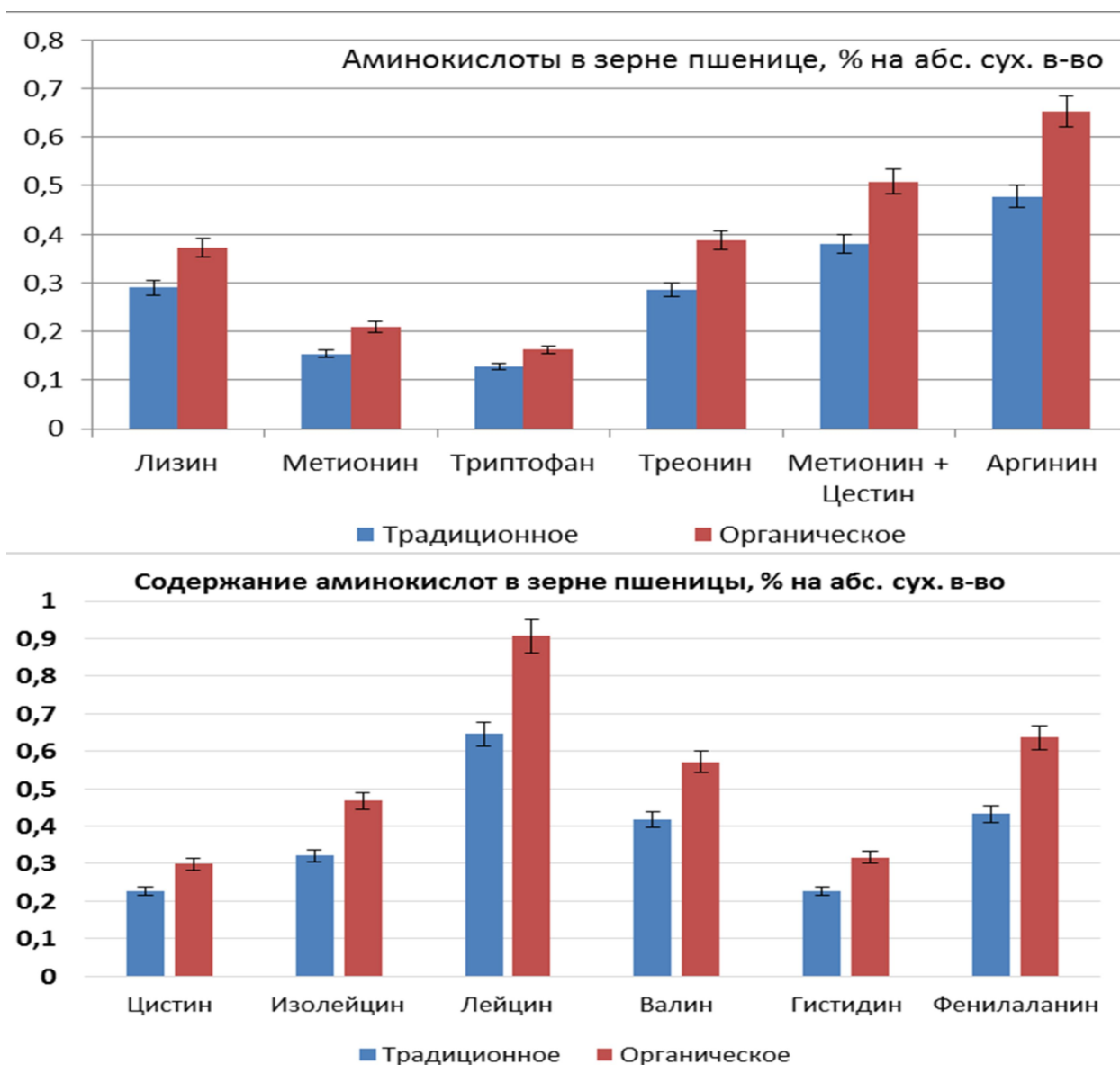


Рис. №3. Содержание аминокислот в зерне пшеницы, в %-тах на абсолютное сухое вещество

1.8.1. Выводы по пшенице

1. Поле с ведением органического земледелия содержит меньше на 15-20% мелких (пылевидных частиц), т.е. почва способна лучше удерживать влагу, в ней более комфортные условия для корней растений и

микроорганизмов, меньше смыв плодородного слоя почвы вследствие ветров, дождей, талых вод;

2. На органическом поле, меньше в 1,5-2 раза пустой породы из подстилающих горизонтов. То есть, интенсивное земледелие выносит на поверхность больше подстилающей породы с низким плодородием;

3. На органическом поле больше фракций частиц, которые обеспечивают плодородие почвы, они являются основой почвенно-поглощающего комплекса.

1.9. Выводы по яблоневым садам

Характеристика	Сад интенсивного типа	
	Традиционный	Органический
Количество деревьев на 1 га, шт.	1250-2500	500-1250
Наличие опоры	есть	нет
Содержание почвы в междурядьях	задержание междурядий сеянными травами	черезрядное задержание с направленным формированием видового состава естественно растущих трав
Применение гербицидов	допускается	не допускается
Использование минеральных удобрений	повышенные дозы	не допускаются
Орошение	обязательно	необязательно
Начало товарного плодоношения, год	3-4-й	4-5-й
Урожайность во взрослом саду, т/га	30-35 и более	18-25 и более
Урожайность в смежные годы, т/га	36; 17	23; 18
Срок эксплуатации, лет	10-12	20-25
Ресурс плодоношения, т/га	300-400	380-515

Табл. №3. Преимущества органических садов интенсивного типа перед традиционными



Рис. № 4. Классификация органических хозяйств по степени воздействия на природную среду (Харитонов , 2011 г.)

1.10. Ячмень

Разработка элементов технологии возделывания ярового ячменя по системе органического производства путём облучения семян ЭМИ 2-мя оптимальными режимами

1.10.1. Цели работы

-- Изучить влияние ЭМИ излучения 2-х оптимальных режимов на рост, развитие, продуктивность и качество зерна ярового ячменя в учхозе «Берёзовка».

1.10.2. Задачи

1. Провести фенологические наблюдения за развитием растений ячменя;
2. Определить биометрические показатели растений в динамике;
3. Определить агрохимические и водно-физические показатели почвы;
4. Определить засорённость посевов ярового ячменя;

5. Определить урожайность и качество зерна;
6. Рассчитать экономическую эффективность применения ЭМИ обработки в посевах ярового ячменя.

←	40	м	→
Защитная полоса			
Опытный вариант 1 (повторение 1) с боронованием			
Опытный вариант 2 (повторение 1) с боронованием			
Контроль: без удобрений (повторение 1) с боронованием			
Опытный вариант 1 (повторение 2) с боронованием			
Опытный вариант 2 (повторение 2) с боронованием			
Контроль: без удобрений (повторение 2) с боронованием			
Опытный вариант 1 (повторение 3) с боронованием			
Опытный вариант 2 (повторение 3) с боронованием			
Контроль: без удобрений (повторение 3) с боронованием			
Опытный вариант 1 (повторение 4) с боронованием			
Опытный вариант 2 (повторение 4) с боронованием			
Контроль: без удобрений (повторение 4) с боронованием			
Защитная полоса			

Табл. № 4. Схема опыта. Размещение вариантов в поле – одноярусное, систематическое, повторность – четырёхкратная.

Тип почвы	Гранулометрический состав	Органическое вещество (%)	Содержание азота (мг/кг)	Содержание фосфора (мг/кг)	Содержание калия (мг/кг)	pH солевой (мг/кг)	Н гидролитическая (мг экв./100г)	Сумма поглощенных оснований (мг экв./100г)	Степень насыщенности оснований (%)
Светло-серая лесная	Тяжелосуглинистая	6,4	146	11	109	44	7,4	15,2	67,3

Табл. № 5. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка.

Сорт	Срок посева (дата)	Норма высева (млн/га)	Глубина посева (см)
Ача	15.05	3,0	4-4,5
Ача	15.05	3,0	4-4,5
Ача	15.05	3,0	4-4,5

Табл. № 6. Агротехника ярового ячменя в полевом опыте.

№	Вариант опыта	Срок посева	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение
1	Контроль без применения препаратов	15.05	22.05	10.06	23.06	04.07
2	1	15.05	22.05	10.06	21.06	02.07
3	2	15.05	22.05	10.06	21.06	03.07

Табл. № 7. Фенологические наблюдения за развитием растений ячменя по вариантам облучения ЭМИ в 2-х режимах, 2020 г.

Вариант опыта	Норма высева (млн/га)	Получено всходов (млн/га)	Полевая всхожесть (%)
КК	3,0	2,46	82,0
1	3,0	2,57	85,7
2	3,0	2,58	86,0

Табл. № 8. Влияние режимов облучения ЭМИ-1 и ЭМИ-2 по отношению к контролю на полноту всходов ярового ячменя, 2020 г.

Вариант опыта	Сорные растения (шт/м ²)		
	Всего	В том числе	
		Однолетние	многолетние
1	18,0	8,0	10,0
2	14,0	6,0	8,0
3	12,0	5,0	7,0

Табл. № 9. Количество сортных компонентов в посевах ярового ячменя по вариантам: 1 – контроль, 2 – ЖМИ-1, 3 – ЭМИ-2, 2020 г.



Рис. № 5. Определение количества сортных растений



Рис. №6. Ячмень



Рис. №7. Делянка в учхозе «Берёзовка»



Рис. №8. Вcходы ячменя



Рис. №9. Наблюдения за ростом ячменя



Рис. №10. Наблюдение за ростом ячменя



Рис. №11. Выход в трубку



Рис. №13. Сорняки в рядках с ячменём



Рис. №14. Сорняки в посевах ячменя

1.11. Виноград

Органическое виноградарство: ИП Шелаев -- первый сертифицированный виноградник по ГОСТ 33980-2016. Волков Я.А. Старший научный сотрудник лаборатории органического виноградарства, к. с.-х.н. ФГБУН «ВНИВиВ «Магарах» РАН». ИП Шелаев, Бренд: «Villa di Alma», с. Растущее, Бахчисарайский р-н, Крым 100 га, культура: Виноград для изготовления вина.

На делянке учхоза «Берёзовка» были проведены испытания воздействия ЭМИ на сорта винограда: Викинг. Лора, Атаман. Ю-70.

1.11.1. Технологии успешного развития

- Тщательная подготовка почвы;
- Здоровый посадочный материал;
- Использование микоризы;
- Подбор и агроклиматическое распределение сортов;
- Научный мониторинг;
- Правильная агротехника;
- Применение технологий защиты, разработанной в Институте виноградарства и виноделия «Магарах»;
- Правильная маркетинговая стратегия;
- Принципиальность инвестора;

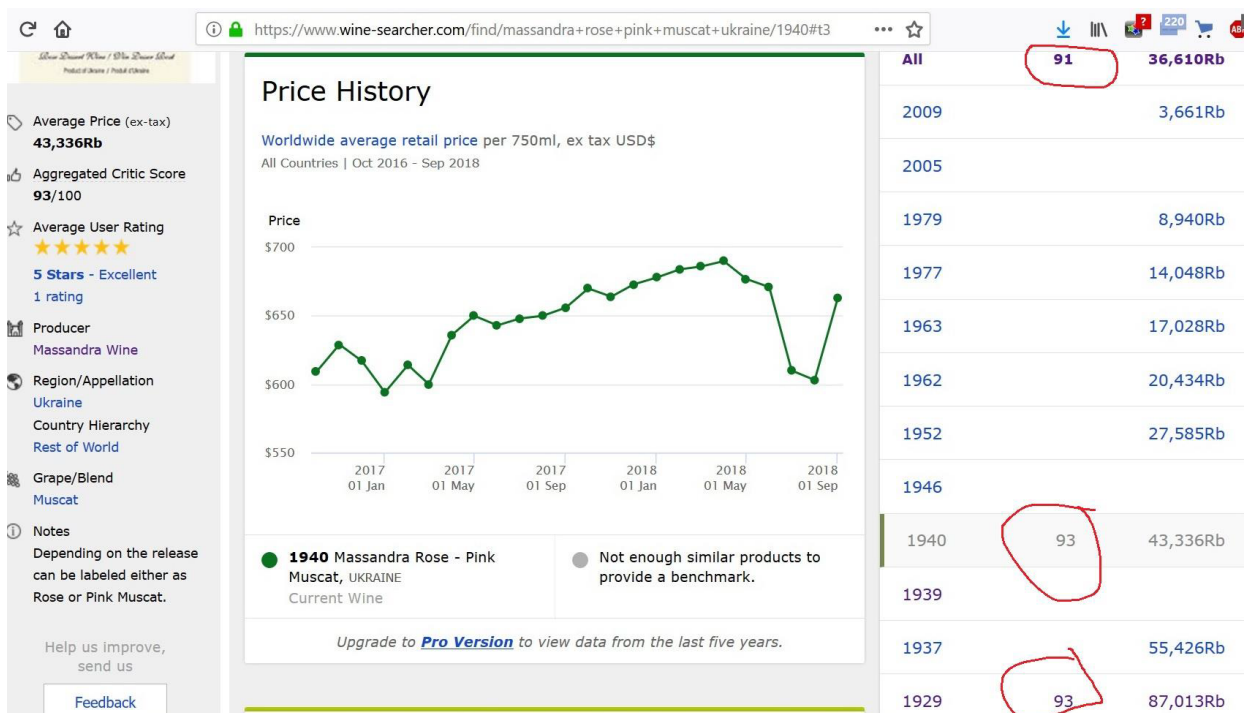


Рис. №15. Рейтинг вина Мускат розовый Мансандра в мировой базе данных wine-searcher.com

1.11.2. Определение качества винограда и вина методом высыхающей капли

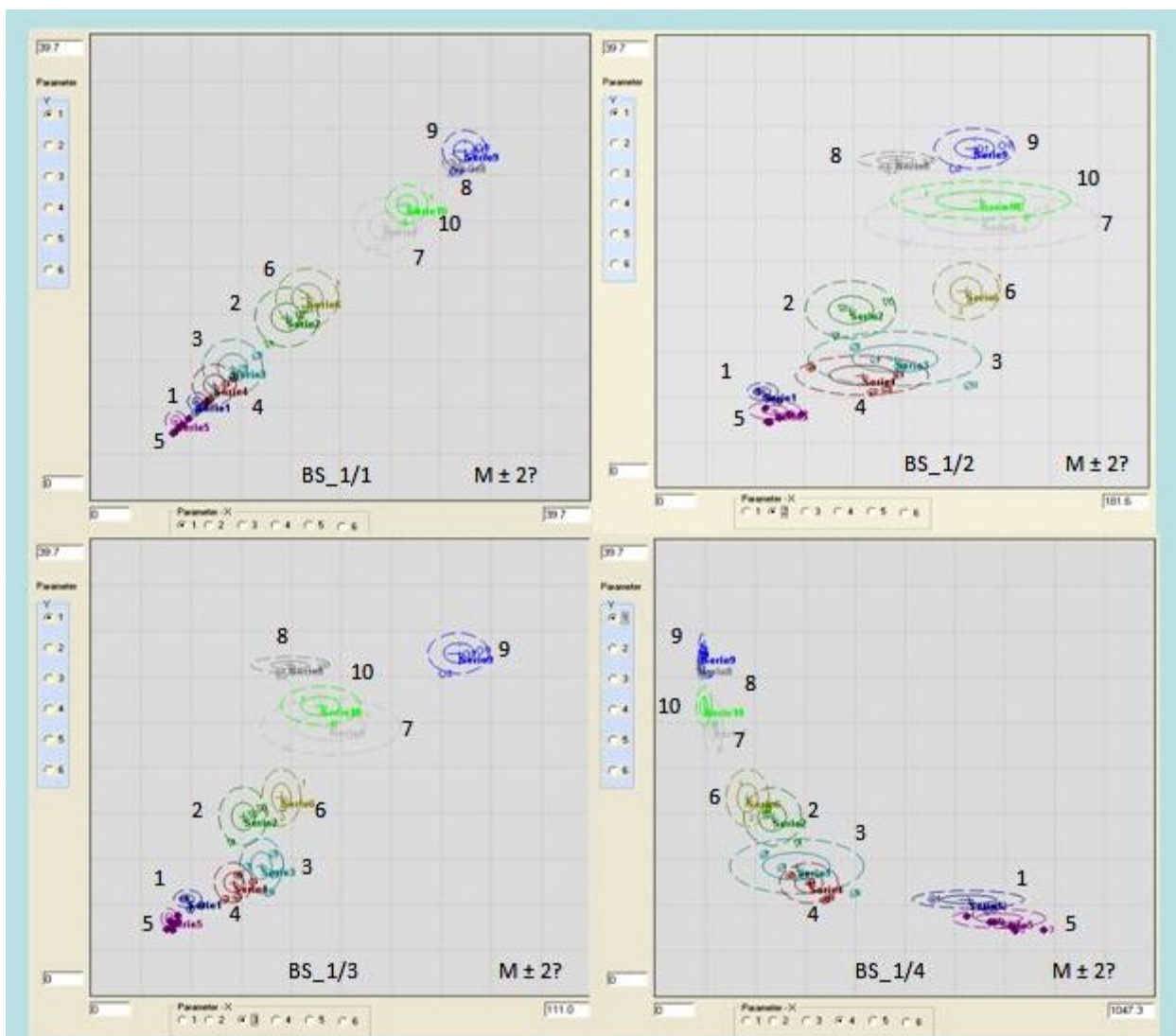


Рис. №16. Разработка «Электронного дегустатора» совместно с ИПФ РАН.

На рисунке: белые и красные вина на плоскости признаков в координатах разных индексов формы.

Исследовались вина следующих сортов:

- Белые: 1 – Артемис, 2 – Бианка, 3—Цитронный Магарача, 4 – Хара, 5 – Йоханитер;
- Красные вина: 6 – Алексампело, 7 – Аполло, 8 – Ерёмин, 9 – Кримбас, 10 – Македонас.

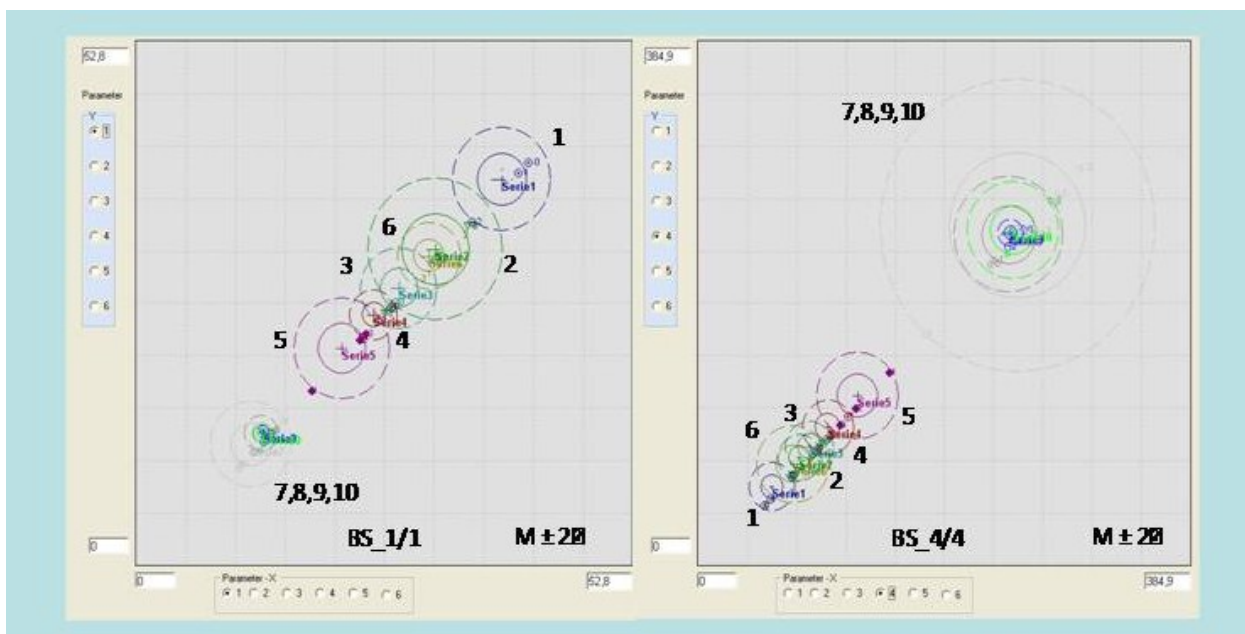


Рис. №17. Эксперимент по выявлению вин, не соответствующих экологическим стандартам.

1 -- 6 – сухие красные вина, приготовленные в цехе микровиноделия;
7 – 10 – те же вина, купленные в магазине.

1.11.3. Основные риски при производстве экологически чистой продукции, сдерживающие его развитие

- ☐ Дефицит отечественного опыта, технологий, специалистов, образования, консалтинга;
- ☐ Фитосанитарные риски (вспышки развития вредных организмов, потеря урожая);
- ☐ Отсутствие спроса, недостаточная популярность экологически чистой продукции;
- ☐ Логистика и сбыт экологически чистой продукции.

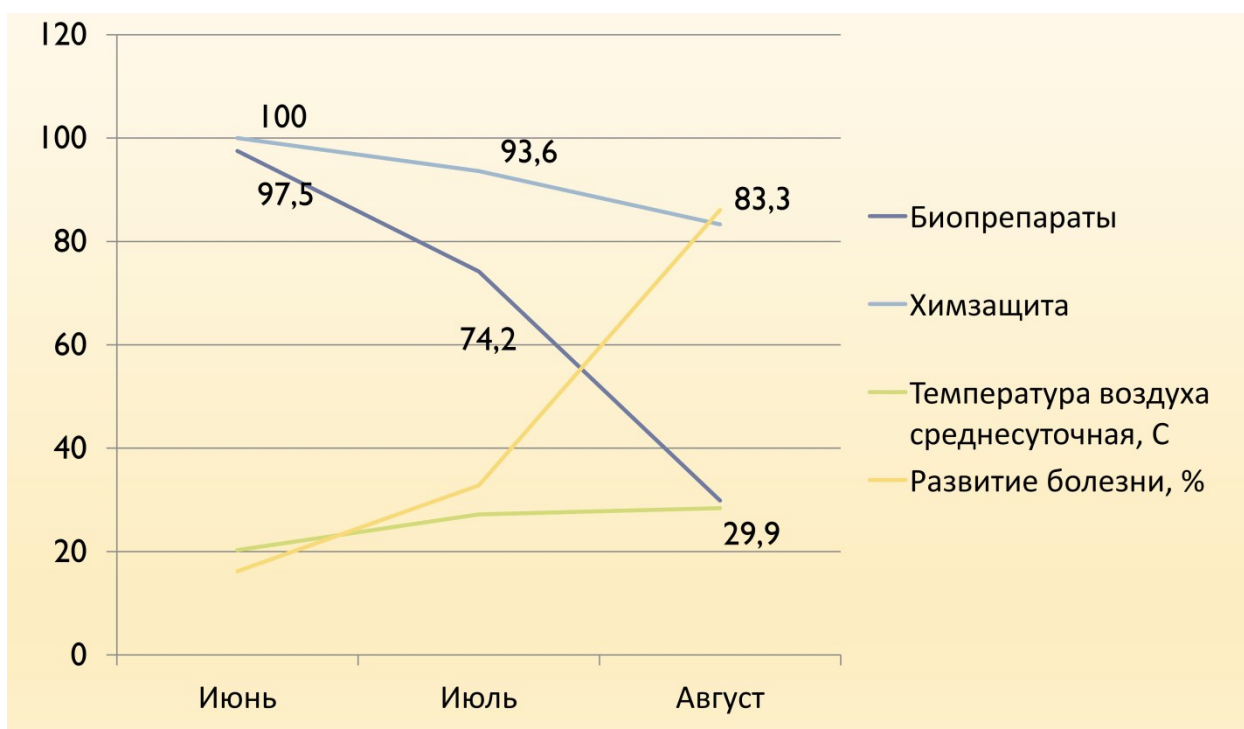


Рис. №18. Биологическая эффективность (%) химической и биологической защиты винограда от оидиума.

Биологическая эффективность применения ЭМИ – это результат использования ЭМИ в полевых условиях, который выражается показателями гибели, уменьшения численности вредных организмов или степени повреждения ими защищаемых растений (%).

Определение биологической эффективности пестицидов. Чтобы определить биологическую эффективность ЭМИ, на части поля оставляют контрольный участок (без обработки); соответственно, в условиях лаборатории выделяют необрабатываемые пестицидами колонии (группы) вредных организмов. Учёт ведётся по повторностям (учетным площадкам, учетным кустарникам, пробам листьев или срезаемых растений и т.п.). В простейших случаях (в лабораторных или в полевых условиях, когда численность особей между учетами в контроле практически не изменяется) биологическую активность акарицида, инсектицида или родентицида рассчитывают по формуле Аббота: $C = 100 (A - B) / A$, где C – процент

смертности особей вредителей, А – средняя численность особей до обработки, В – средняя численность особей после обработки.

В условиях рекордно высоких летних температур в России, эффективность биологических препаратов резко снижается. Поэтому актуален поиск воздействия ЭМИ.

1.11.4. Базовые аспекты успешного производства экологического винограда

- ☐ Стратегия природного баланса;
- ☐ Агроэкология (правильный выбор участка);
- ☐ Подходящий сорт, посадочный материал;
- ☐ Тщательная агротехника (формировки, работа с листьями, регулировка урожая);
- ☐ Экологически безопасная защита растений.

Плюс к этому: законодательная база, органическая сертификация, географическая защита вин и маркетинг.

Глава II. Материал и методы исследования

2.1. Общая схема исследований и методы воздействия

В работе изучалось влияние экологического физического фактора -- СВЧ излучения сверхслабой интенсивности на модельные биологические объекты – семена и растения. Общая схема исследований приведена на рисунке №...

2.2. Материалы и методика

СВЧ-излучение – это электромагнитное излучение, которое состоит из следующих диапазонов: дециметрового, сантиметрового и миллиметрового. Длина его волны колеблется от 1 м (частота в этом случае составляет 300 МГц) до 1 мм (частота равна 300 ГГц).

Выбран фактор СВЧ, близкий к солнечному тепловому воздействию. Солнце – естественный источник СВЧ-излучения малой интенсивности. Среди всего спектра ЭМИ радиоволнового диапазона выраженным биологическим эффектом обладает именно СВЧ-излучение. Действие нетеплового СВЧ-излучения наблюдается при незначительном повышении температуры (менее 0,1 градуса по Цельсию), проявляет управляющее или информационное действие ЭМИ СВЧ низкой или нетепловой интенсивности.

Метод статистической обработки данных -- метод дисперсионного анализа.

Полезный результат -- повышение всхожести и энергии прорастания достигается путём регуляции физиологических процессов в прорастающих семенах растений с помощью ЭМИ, и, в частности, СВЧ-излучения нетепловой интенсивности.

Полевые опыты проводилась в 2018, 2019, 2020 и 2021 годах в учхозе «Берёзовка» Краснослободского сельсовета городского округа город Бор.

Лабораторные опыты проводились в студгородке НГСХА.

Основа практической части – «Методика полевого опыта» Доспехова Б.А.



Рис. №19. Схема исследования

Согласно приведённой схеме исследований на семенной материал некоторых растений различных систематических групп, осуществляется воздействие ЭМИ различных диапазонов. Далее у изучаемых биообъектов регистрируются изменения различных параметров: биохимических, морфологических, проводится анализ экспериментального материала. Делаются выводы и практические рекомендации.

2.3. Объекты исследования

Объектами исследования выступили семена пшеницы сортов «Московская 56» (рекомендована для посевов в Нижегородской области, семена брались в региональной Госсорткомиссии), «Московская 39», «Хаппи» (Швеция), семена льна различных сортов, подсолнечника, овса, ржи и ряда других культур.

2.4. Лабораторные исследования

Семена подвергались воздействию ЭПКР в следующих режимах:

- напряженность ЭПКР 4,5 кВ/см
- напряженность ЭПКР 5 кВ/см
- напряженность ЭПКР 6 кВ/см

Обработанные семена делились на 2 группы:

- 400 шт. для методики определения энергии прорастания, всхожести и очаговой плесени, ГОСТ 12038-84;
- 400 шт. контрольная группа.

Опыты закладывались через 7 суток отлёжки после воздействия. После закладки семена тестировали по методике ГОСТ 12038-84 через 7 суток.

2.5. Методика лабораторных исследований по оценке всхожести, энергии прорастания и очаговой плесени

Оценка всхожести, энергии прорастания и очаговой плесени проводилась по ГОСТ 12038-84.

Семена культуры тщательно перемешивают и отсчитывают 4 пробы по 100 семян. В качестве ложа для проращивания используют увлажнённую фильтровальную бумагу. Растильни с семенами ставят в термостат на проращивание.

Подсчет нормально проросших семян проводят дважды, в первый раз определяют энергию прорастания, во второй – всхожесть. Подсчет ведут по каждой повторности, разделяя проростки на нормально и ненормально проросшие, набухшие и загнившие (очаговая плесень). Для вычисления всхожести семян суммируют количество нормально проросших семян при учёте энергии прорастания и при учете всхожести и общее их число выражают в процентах.

К числу нормально проросших семян относят семена, имеющие:

- хорошо развитые корешки (или главный зародышевый корешок), имеющие здоровый вид;
- хорошо развитые и неповрежденные подсемядольное колено (гипокотиль) и надсемядольное колено (эпикотиль) с нормальной верхушечной почечкой;
- две семядоли – у двудольных;
- первичные листочки, занимающие не менее половины длины coleoptilya;
- у злаковых.

При определении энергии прорастания и всхожести семян учитывают также поражение семян плесневыми грибами. Средний процент пораженных семян определяют визуально по четырем пробам и устанавливают степень поражения в соответствии с ГОСТа 12038-84 в процентах.

2.6. Определение биометрических параметров пшеницы

Цель работы: определить биометрические параметры растений озимой пшеницы в конце их вегетации.

К биометрическим параметрам растений пшеницы относятся количество стеблей в растении, их высота, длина корня, число листьев, длина колоса,

количество колосков в колосе, а также биологическая масса всего растения и его частей.

2.7. Оборудование и приборы

- линейка,
- ножницы,
- лабораторные весы.

2.8. Выполнение работы

1. В отобранных растениях подсчитывают количество побегов, листьев, колосьев.
2. При помощи линейки измеряют длину побега, корня и колоса.
3. Ножницами отделяют составные органы растения (корень, стебель, колос) и взвешивают их для определения биомассы растения.
4. Отделяют зерно от шелухи, подсчитывают количество зерен в колосе и взвешивают их на лабораторных весах.
5. Определяют массу 1000 зерен, как один из важнейших показателей, характеризующих урожайность культуры в промышленных условиях.
6. Все данные биометрических параметров заносят в таблицу.

Исследуемый участок (поле)	№ пробной площадки	Площадь пробной площадки, м ²	Кол-во растений, экз./м ²	Количество, шт./растение			Длина, см.			Ко-во зерен в колосе, шт.	Биомасса растения, г.			Масса 1000 зерен, г.
				побегов	листья	колосьев	корня	побега	колоса		корня	стебля	колоса	

Табл. №10. Биометрические параметры растений пшеницы

7. Сделать выводы по измеренным биометрическим параметрам пшеницы.

2.9. Метод высыхающей капли

Технология Высыхающей Капли (ТВК) в аграрной диагностике и оценке качества сельскохозяйственной продукции.



Рис. №20. Прибор ТВК. Корпус размером 21х12х4 см.

Происходит одновременная регистрация следующих параметров:

1. Время;
2. Реальная часть сигнала (Re);
3. Мнимая часть сигнала (Im);
4. Модуль;
5. Аргумент;
6. АМИ ($1/z^2$).

Варианты представления данных:

1. Выведение на экран регистрируемых параметров (каждого в отдельности или всех сразу);
2. Построение годографов сравниваемых жидкостей (Im от Re) на комплексной плоскости;

3. Расчёт индекса различий между годографами сравниваемых жидкостей;
4. Расчёт степени близости испытуемой жидкости к заранее собранным базам данных других жидкостей того же класса.



Рис. №21. Принцип метода экспресс-контроля многокомпонентных жидкостей.

К одному из новых удачных инструментальных методов можно отнести технологию интегрального контроля жидких пищевых сред, позволяющую оперативно сравнивать исследуемый образец с эталонной средой, которая названа авторами технологией «Высыхающей капли» [Яхно Т.А., Яхно В.Г., Санин А.Г., Санина О.А., Пелюшенко А.С., Усватов В.А., Кутяйкин В.Г. «Высыхающая капля» -- новая технология интегральной оценки качества жидких продуктов. Партнеры и конкуренты. №4. 2003. с.29-33]. Исследуемая жидкость в объеме 5 мкл наносится на поверхность кварцевого резонатора, подключенного к измерительной схеме. Поверхность резонатора совершает сдвиговые колебания с ультразвуковой частотой. В капле возбуждается сдвиговая волна, чувствительная к зарождению центров кристаллизации. Измерительная схема регистрирует реакцию резонатора на вносимый объектом акустомеханический импеданс (АМИ) и его динамику через заданные промежутки времени до полного испарения растворителя. Запись этого сигнала – «диаграмма высыхания», отражающая динамику

фазовых переходов в высыхающей капле, может быть визуализирована на экране компьютера, как в режиме реального времени, так и после занесения в базу данных (Рис. 2). График получаемой зависимости, как отпечаток пальца, является паспортной характеристикой жидкости.

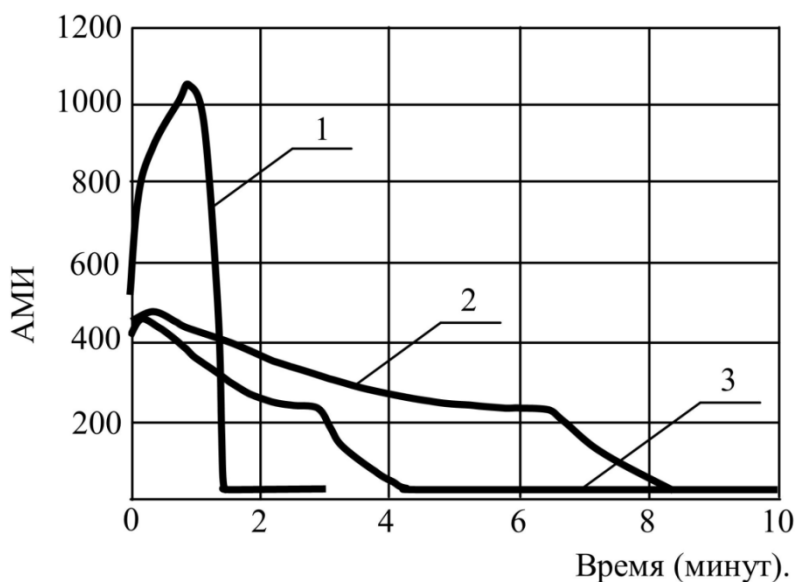


Рис. №22. Динамика фазовых переходов при высыхании капель: 1 – этиловый спирт, 2 – шотландское виски «Chivas regal-premium»; 3– водка «Нижегородский губернатор».

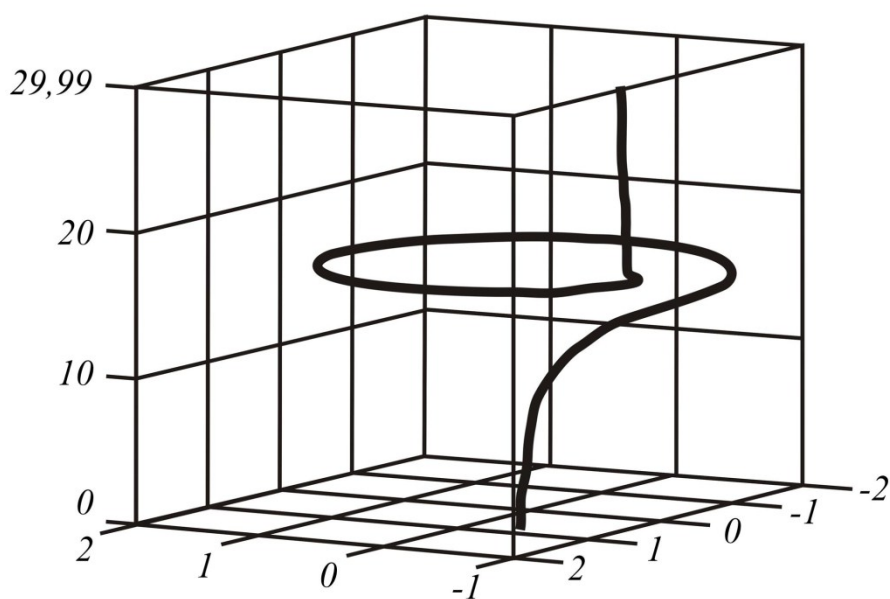


Рис. №23. Трёхмерная диаграмма процесса высыхания капли минеральной воды

Авторы разработали вариант устройства, которое позволяет одновременно регистрировать как модуль, так и фазу сигнала. Это дает возможность отображать динамику процесса либо в виде годографа на комплексной плоскости в координатах «реальная и мнимая компоненты сигнала», либо в виде трехмерной диаграммы в координатах «время, реальная и мнимая компоненты сигнала» (Рис. 3). Такие «фазовые портреты» могут облегчить контроль технологии или выявить фальсифицированную продукцию. В работе [Яхно Т.А., Яхно В.Г., Санин А.Г., Санина О.А., Пелюшенко А.С., Усватов В.А., Кутяйкин В.Г. «Высыхающая капля» - новая технология интегральной оценки качества жидких продуктов. Партнеры и конкуренты. №4. 2003. с. 29-33] пока не проводится сравнение анализируемых данных с данными эталона и не содержатся предложения по автоматизации процесса контроля. Тем не менее, очевидно, что новые методы контроля пищевых сред, подобные вышеприведенному, смогут найти широкое применение в компьютерной квалиметрии.



Рис. №24. Аспирант В. Тютин – практикант ИПФ РАН

2.10. Объекты исследования

Объектами исследования в опытах с СВЧ служили семена ценных сельскохозяйственных культур: пшеницы (*Triticum L.*) сортов «Московская - 56», «Московская - 59», «Хаппи» (Швеция), ячменя (*Hordeum L.*)

2.11. Описание и принцип работы экспериментальных установок

2.11.1. Обработка семян на устройстве «Садко» (Ядерный центр)

Проращивание семян проводилось согласно стандартным методикам (ГОСТ 12038-84, 1991; ГОСТ Р 52171 – 2003; ГОСТ Р 52325 – 2005).

У растительных объектов определяли следующие морфофизиологические показатели: пусковые – всхожесть, энергию прорастания, и ростовые – средние длину и массу одного проростка, время и скорость прорастания, влагоемкость и коэффициент дыхания.

Облучение модельных биообъектов электромагнитным излучением (ЭМИ) СВЧ диапазона производили устройством «Садко», работающего при показателях, сопоставимых с естественной солнечной радиацией – в интервале частот 2,4 – 4,0 ГГц и мощности излучения 5 -50 Вт.

Объекты исследований (семена) в опытах пробрасывали через аппарат «Садко», и они за это время получали определённый заряд.



Рис. №25. Ведущий специалист Ядерного центра Яицкий А.В. и аспирант-эколог НГСХА Тютин В.В. В процессе облучения семян пшеницы сорта «Московская - 56» для проведения аспирантом лабораторных и полевых опытов



Рис. №26. Устройство «Садко»



Рис. №27. Устройство «Садко»



Фото №... Облучение семян пшеницы в устройстве «Садко».

2.11.2. Описание и принцип работы экспериментальной установки «Садко»

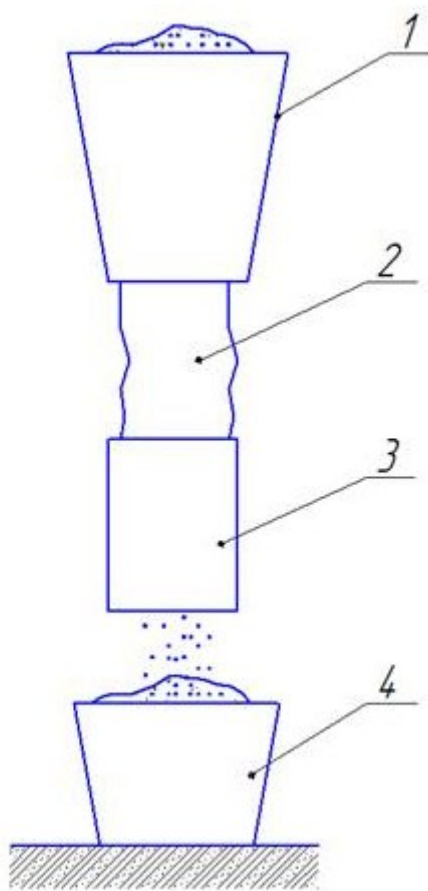


Рис. №28. Схема обработки посевного материала на устройстве «Садко»

- 1 – резервуар с обрабатываемым посадочным материалом,
- 2 – соединительный мягкий рукав,
- 3 – устройство «Садко»,
- 4 – резервуар с обработанным посадочным материалом.

Производительность обработки семян, л/мин:

- ячмень, пшеница.....30-300 (в среднем -- 60);
- овёс.....20-200 (в среднем -- 40);
- Напряжение питания, В: Промышленная сеть.....220;
- Аккумуляторная батарея.....24;

Потребляемая мощность, Вт.....5-50;
Напряжённости электрического поля просыпной камеры, кВ/см.....1-6 с
дискретностью 0,5 кВ/см, что позволяет получать 10 режимов обработки;

Масса, кг.....10

Габаритные размеры, м.....0,2x0,4x0,8

-- регулируемая напряженность электрического поля – 1-6 кВ/см

-- длительность экспозиции обработки зерна – 0,5 с;

-- количество каналов рабочей камеры – 3;

Напряжение сетевого питания – 220 В или от автомобильного аккумулятора – 12 В позволяет в любых условиях производить обработку зерна.

Обработку полученных данных проводили стандартными методами (Зайцев Г. Н., 1973; Доспехов Б. А., 1979; Лакин Г. Ф., 1990). Достоверность полученных результатов оценивали по критерию Стьюдента при 5 %-ном уровне значимости ($P = 0,05$). Расчёты данных по методу плавающей средней проводили согласно численным методам анализа случайных процессов (Лившиц М. Е. и др., 1982).

2.12. Испытания СВЧ-установки НПО «Салют»

Нетепловое СВЧ излучение -- это ЭМ волновое излучение, при воздействии которого, энергия переданная им облучаемому объекту повышает температуру объекта не более чем на одну десятую градуса. Интенсивность -- это средняя по времени плотность потока энергии (или мощность), переносимая волной через единичную площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны.

Предлагаемый способ СВЧ-обработки семян включает воздействие электромагнитным полем СВЧ, которое проводят при частоте излучения

2,451 ГГц нетепловой интенсивности 3,5 Вт/м². Время облучения семян: 20, 40 и 60 мин.

Были проделаны ряд лабораторных исследований, результаты которых опубликованы в научных статьях.

Полевой опыт. По методике Доспехова Б.Н. Озимая пшеница. Сорт «Лакки». Предоставлено Госсорткомиссией. Закладывается 5 грядок по 1 сотке: - режим облучения №1; - режим облучения №2; - режим облучения №3; - зерно, обработанное агрохимической предпосевной подготовкой в Россельхозцентре по стандартной методике; - зерно необработанное (контроль). Результат эксперимента – урожайность каждой из партий. 14 августа 2019 года в КБ «Салют» в сотрудничестве с заместителем генерального директора по научной работе Суховерхим Андреем Владимировичем специально для исследований была создана опытная установка и был проведён опыт по СВЧ-облучению озимой пшеницы сорта «Нарру» в трёх различных диапазонах и временных рамках. Параметры: F=2,451 ГГц (частота излучения); P=7 мВт (мощность); Волновод сечением 55x95 мм; Плотность средняя 3,5 Вт/м²; Облучение длилось: 1. 20 мин; 2. 40 мин; 3. 60 мин. Каждый опыт проводится в 3-х повторностях: каждая из 5 партий высевается на 1/3 сотки. Вручную. Проводилось 3 полевых опыта с озимой пшеницей. Испытывается сорт «Лакки» (Швеция). Также, идут опыты в лабораторных условиях.

2.13. Методика обработки и проращивания семян

Обработанные семена в аппарате «Садко» отлёживались в течении 5-7 дней в обычных условиях.

Одна повторность равнялась одной чашке Петри, в каждой чашке по 25 семян. **Биологическая повторность в опытах соответствовала 4-м чашкам Петри.** Всего было проведено 3 серии опытов с проращиванием семян (минимальное количество серий). На одну серию опытов число семян

составляло 400, всего в наших сериях опытов было обработано и проанализировано 1200 семян.

Проращивание озонированных семян проводили в идентичных условиях. Контрольные и опытные семена помещали на фильтровальную бумагу, а затем смачивали дистиллированной водой в объеме 5 мл на каждую чашку Петри и ставили для проращивания в термостат при температуре + 20 °С в течение 5-ти дней, после чего определяли их лабораторную всхожесть.

Проросшими считали семена, длина первичного корешка которых была не меньше размера самого семени ($L_{кор} \geq L_{сем}$). Начиная с третьего дня проращивания подсчитывали число проростков на данный день.

2.14. Обработка и анализ полученных результатов

В процессе изучения определялась энергия прорастания.

Энергией прорастания (Е) называется способность семян к дружному прорастанию, определяемая процентом нормально проросших за определенное время семян.

Всхожесть семян (В) – это способность семян прорасти при доступе к зародышу влаги и кислорода при определенной температуре. Определяется в % (число всхожих семян на 100 испытуемых). Лабораторная всхожесть определяется путем проращивания семян при оптимальных условиях, полевая всхожесть (фактическая) – число всходов от посеянных семян. Полнота всходов – отношение полевой всхожести к лабораторной (Кузнецова Т. Н., 1997).

Среднее время прорастания (τ) – это время от закладки опыта до появления жизнеспособного проростка, имеет смысл скрытого периода прорастания.

На каждый τ_i -день подсчитывалось v_i -число проросших семян, затем вычислялась относительная частота:

$$P_i = v_i / n , \quad (1)$$

где n – общее число в выборке.

Среднее время прорастания определялось по формуле (Елисеев И. П., Рогачева С. В., 1984; Рогачева Э. Д. и др., 1985):

$$\tau = \tau_i \cdot P_i \text{ [сут или ч]} \quad (2)$$

Средняя скорость процесса прорастания – обратная среднему времени величина:

$$v = 1 / \tau \text{ [сут}^{-1} \text{ или ч}^{-1}] \quad (3)$$

Эффективность воздействия факторов определялась по **биологическому эффекту (проценту к контролю)**, который представляет собой процент к контролю и определяется по формуле:

$$\text{БЭ} = \frac{|O - K|}{K} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где O – опытное значение,

K – контрольное значение.

Биологический эффект определялся для всех изучаемых показателей прорастания.

Обработку полученных данных проводили стандартными методами (Доспехов Б. А., 1979 г.; Зайцев Г. Н., 1973 г.; Лакин Г.Ф., 1990 г.) с использованием программ MicrosoftOfficeExcel 2007 и MathCAD. Расчёты данных по методу плавающей средней (при $n = 4$) проводили согласно численным методам анализа случайных процессов (Лившиц М. Е. и др., 1982). Достоверность полученных результатов оценивали по критерию Стьюдента при **5 %-ном уровне значимости ($P = 0,05$)**.

2.15. Обработка полученных результатов

2.15.1. Энергия прорастания E , всхожесть B , %:

$$E (B) = \frac{N_{\text{проп}}}{N_{\text{исх}}} \cdot 100\%,$$

где $N_{\text{проп}}$ – число здоровых проростков,

$N_{\text{исх}}$ – исходное число семян.

Абсолютная погрешность энергии прорастания и всхожести
(использовалась в диссертации и патентах при расчетах):

$$\Delta E (\Delta B) = \sqrt{\frac{(E/100)^2 \cdot (100-E) + ((100-E)/100)^2 E}{N_{\text{прор}}(N_{\text{прор}}-1)}}$$

(подсчёт вёлся: документ 003_E_Md.xls, лист 3)

**2.15.2. Средняя длина первичного корешка (или листочка) L (мм),
высота сеянца H (см), расчет по классам (Лакин Г.Ф., 1990):**

$$L (H) = \frac{\sum fx}{N_{\text{прор}}},$$

где x – середина класса (варианта), мм или см (причем $\Delta x = 5$, сами
числа x 2-хзначные, в десятых 0,5);

f – частота (количество), шт;

$N_{\text{прор}}$ – число проростков.

Погрешность прямого измерения (= наименьшей измеряемой величине
по миллиметровой бумаге) = 1 мм.

Среднее квадратичное отклонение (дисперсия) (Лакин Г.Ф., 1990):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum fx^2 - \frac{(\sum fx)^2}{N}}{N - 1}},$$

Абсолютная погрешность ΔL (ΔH) (Лакин Г.Ф., 1990):

$$\Delta L = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

$$\Delta H = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

(подсчёт вёлся: документ Длина!!!_измененСВЧ.xls, лист 1 и 5 (для 8
и 10 повторностей).

Суммарная длина проростка L :

$$\sum L = L_{\text{л}} + L_{\text{к}},$$

где $L_{\text{л}}$ – длина первичных листочков,

$L_{\text{к}}$ – длина первичного корешка.

2.15.3. Средняя масса одного семени M_0 (мг, г), проростка M (мг, г), клубня M (кг):

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n M_i$$

где M_i – i -тое значение измеряемой величины,

M – среднее значение измеряемой величины,

N – число измерений.

Погрешность прямого измерения для семян, проростков равна погрешности измерения на **аналитических или технических весах**.

Среднее квадратичное отклонение (или выборочная дисперсия s_n , которая при увеличении числа измерений n стремится к среднему квадратичному отклонению) (Зайцев Г.Н., 1973; Лакин Г.Ф., 1990):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - M)^2}{N - 1}}$$

или:

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

где $\bar{\sigma}$ – среднее квадратичное отклонение (дисперсия),

$x (x_i)$ – i -тое значение измеряемой величины,

$M (\bar{x})$ – среднее значение измеряемой величины,

N – число измерений.

Абсолютная погрешность ΔM (Зайцев Г.Н., 1973; Лакин Г.Ф., 1990):

$$m_M = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

или:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N(N-1)}}$$

Т. е. для массы

$$\Delta M = \sqrt{\frac{\sum (M_i - \bar{M})^2}{n_k \cdot (n_k - 1)}}$$

(подсчёт вёлся: документ Длина!!!_измененСВЧ.xls, лист 4 или модернЛист2СРЕДНИЕ_Длина_масса_отношение.xls лист 4).

2.15.4. Среднее время прорастания семян τ (или среднее значение скрытого периода роста), сут (час) (Рогачева Э.Д. и др., 1985):

Среднее время прорастания(τ) – это время от закладки опыта до появления жизнеспособного проростка, имеет смысл скрытого периода прорастания (Рогачева Э.Д. и др., 1985).

На каждый τ_i день подсчитывалось v_i -число проросших семян, затем вычислялась относительная частота P_i .

τ – время от закладки опыта до появления жизнеспособного проростка (время скрытого периода роста).

$$\bar{\tau} = \sum_{i=1}^N \tau_i P_i ,$$

где $P_i = \frac{v_i}{N}$ – относительная частота прорастания семян на τ_i - сутки,

N – общее (исходное) число семян в выборке,

v_i – частота, число семян, проросших на τ_i - день.

Абсолютная погрешность $\Delta\tau$:

$$\Delta\tau = \sqrt{\frac{\sum (\tau_i - \bar{\tau})^2}{N(N-1)}} ,$$

где τ_i - день,

$\bar{\tau}$ – среднее время прорастания семян,

N – общее (исходное) число семян в выборке.

(документ

Расчет_скорости_и_времени_повторность_10_ЛогДозы_Лист2.xls, лист 1)

2.15.5. Средняя скорость прорастания семян (средняя скорость процесса прорастания), сут⁻¹ (час⁻¹) (Рогачева Э.Д. и др., 1985):

$$\bar{v} = \frac{1}{\bar{\tau}},$$

где $\bar{\tau}$ – среднее время прорастания семян.

Абсолютная максимальная погрешность Δv :

$$\Delta v = \frac{\Delta \tau}{\bar{\tau}^2},$$

где $\Delta \tau$ – абсолютная погрешность среднего времени прорастания семян,

$\bar{\tau}$ – среднее время прорастания семян.

(документ

Расчет_скорости_и_времени_повторность_10_ЛогДозы_Лист2.xls, лист 1)

Все вышеуказанные величины представляются в таблицах в виде:

истинного значения измеряемого показателя: $x_0 = \bar{x} \pm t_{CT} \cdot \Delta x$,

где Δx – абсолютная погрешность прямого измерения,

t_{CT} – стандартное (справочное) значение коэффициента Стьюдента.

Доверительный интервал (Доспехов Б. А., 1979):

$$\bar{x} - t_{CT} \cdot \Delta x \leq x \leq \bar{x} + t_{CT} \cdot \Delta x,$$

где $\bar{x}$ – среднее значение измеряемого показателя,

t_{CT} – стандартное (справочное) значение коэффициента Стьюдента,

Δx – абсолютная погрешность,

x – генеральная средняя.

(документ 003_E_Md.xls, лист 1)

Коэффициент Стьюдента: стандартный $t_{СТ}$ и фактический $t_{ф}$.

Коэффициентом надежности α (доверительной вероятностью P)

(значения которого могут быть равны: 0,683; 0,90; 0,95; 0,96; 0,99; 0,999)

называется вероятность того, что истинное значение x_0 случайной величины x находится в любом интервале значений от $\bar{x} - \Delta x$ до $\bar{x} + \Delta x$, где Δx – отклонение от истинного значения.

Уровни значимости для $P = 0,95$; $P = 0,99$; $P = 0,999$: 0,05; 0,01; 0,001 соответственно.

Стандартное значение коэффициента Стьюдента $t_{СТ}$ находится по таблице при $P = 0,95$ ($\alpha = 0,05$) в зависимости от числа степеней свободы: $k = N_{исх} - 1$, где $N_{исх}$ – исходное число семян в выборке.

k	$t_{СТ}$
50	2,01
60	2,00
100	1,98
120	1,98
∞	1,96

Фактическая величина коэффициента Стьюдента $t_{ф}$:

$$t_{ф} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2}}$$

или:

$$t_{ф} = \frac{O - K}{\sqrt{\Delta O^2 + \Delta K^2}},$$

где O – опытное значение,

K – контрольное значение.

(документ 003_E_Md.xls, лист 1)

Дополнительно:

Коэффициент вариации V (или C_v) (Лакин Г.Ф., 1990):

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

в частности, для длины:

$$C_v = \frac{\sigma}{L} \cdot 100\%$$

Абсолютная погрешность ΔV (ΔC_v):

$$\Delta V = \frac{\bar{V}}{\sqrt{2N}}$$

или для длины:

$$\Delta C_v = \frac{C_v}{\sqrt{2N}}$$

Варьирование:

0 – 10 % – небольшое;

11 – 20% – среднее;

> 20 % – большое.

(подсчёт вёлся: документ Длина!!!_изменен СВЧ.xls, лист 1 и 5 (для 8 и 10 повторностей)

Дополнительно: **НСР** (наименьшая существенная разность) (Доспехов Б. А., 1979).

$$d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$$

Погрешность:

$$\Delta d = \sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2}$$

$$НСР = t_{CT} \Delta d$$

Доверительный интервал:

$$d - HCP \leq D \leq d + HCP$$

$$d \pm HCP$$

(подсчёт вёлся: 003_E_Md.xls, лист 1)

Косвенным измерением, показывающим эффективность воздействия того или иного фактора может

2.15.6. Биологический эффект озонирования БЭ, %, который рассчитывается для любых из вышеуказанных показателей –L, M, E, B, т,у и является по сути процентом к контролю:

$$БЭ = \frac{|O - K|}{K} \cdot 100\%,$$

где O – опытное значение,

K – контрольное значение.

Максимальную возможную погрешность измерений можно найти через погрешности прямых измерений других величин, которые определяются только используемыми измерительными приборами и инструментами (линейкой, штангенциркулем, микрометром, весами и т. д.).

Наиболее универсальным методом нахождения абсолютных и относительных погрешностей при косвенных измерениях является метод дифференцирования функций.

Абсолютная погрешность ΔA измеряемой величины равна сумме модулей произведения частных производных по всем переменным на их абсолютную погрешность:

$$\Delta A = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \Delta X \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \Delta Y \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial z} \Delta Z \right| + \dots,$$

Где X, Y и Z – переменные,

а ΔX , ΔY и ΔZ – абсолютная погрешность этих переменных.

Таким образом, была рассчитана

Абсолютная максимальная погрешность Δ БЭ:

$$\Delta_{\text{БЭ}} = \frac{|O - K| \cdot \Delta K + K \sqrt{\Delta O^2 + \Delta K^2}}{K^2},$$

где O – опытное значение,

K – контрольное значение,

ΔO – погрешность опытного значения,

ΔK – погрешность контрольного значения.

Причем ΔO и ΔK уже включают коэффициент Стьюдента.

(подсчёт вёлся: БЭ_интегр_пл_ср.xls, лист 1)

Для сглаживания значений показателя по дозам и выявления характера воздействия применяется **Метод плавающей средней** (Лившиц М.Е. и др., 1982).

Усреднение $n = 2$

$$A_1 \pm \Delta A_1; \quad A_2 \pm \Delta A_2$$

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2}{2},$$

где A_i – i -тая измеряемая величина,

ΔA_i – погрешность i -той измеряемой величины.

Абсолютная погрешность $\bar{A}$ при $n = 2$:

$$\Delta A = \frac{\sqrt{\Delta A_1^2 + \Delta A_2^2}}{2},$$

где ΔA_i – погрешность A_i i -той измеряемой величины.

Если $\Delta A_1 = \Delta A_2$, то $\rightarrow$

$$\Delta A = \frac{\Delta A_1 \sqrt{2}}{2} = \frac{\Delta A_1}{\sqrt{2}},$$

где ΔA_i – погрешность A_i i -той измеряемой величины.

$$\sqrt{2} = 1,41.$$

Усреднение $n = 4$

$$A_1 \pm \Delta A_1; \quad A_2 \pm \Delta A_2; \quad A_3 \pm \Delta A_3; \quad A_4 \pm \Delta A_4$$

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4},$$

где A_i – i -тая измеряемая величина,

ΔA_i – погрешности i -той измеряемой величины.

Абсолютная погрешность $\bar{A}$ при $n = 4$:

$$\Delta A = \frac{\sqrt{\Delta A_1^2 + \Delta A_2^2 + \Delta A_3^2 + \Delta A_4^2}}{4},$$

где ΔA_i – погрешность A_i i -той измеряемой величины.

Если $\Delta A_1 = \Delta A_2 = \Delta A_3 = \Delta A_4$, то $\rightarrow$

$$\Delta A = \frac{\frac{\sqrt{\Delta A_1^2 + \Delta A_2^2 + \Delta A_3^2 + \Delta A_4^2}}{4}}{2} = \frac{\Delta A_1 \sqrt{4}}{4} = \frac{\Delta A_1}{\sqrt{4}} = \frac{\Delta A_1}{2},$$

где ΔA_i – погрешность A_i i -той измеряемой величины.

(БЭ_плав_сред.xls, лист 2)

Для построения графиков зависимости показателей прорастания E , B , L , M и др. от дозы озона и их сглаживания используют логарифмическую шкалу.

Логарифмическая шкала доз воздействия:

Доза D , мг·мин/м ³	$\lg D$
12,5	1,10
37,5	1,57
75	1,88
150	2,18

300	2,48
500	2,70
750	2,88
1050	3,02
1120	3,05
1200	3,08
1500	3,18
2250	3,35
3000	3,48
3370	3,53
4500	3,65
6000	3,78
6750	3,83
7500	3,88
9000	3,95
10500	4,02
11250	4,05
15000	4,18
18000	4,25
20250	4,31
24000	4,38
27000	4,43
36000	4,56

Глава 3. Собственные исследования. Влияние СВЧ излучения на физиологические, морфологические и биохимические показатели некоторых сельскохозяйственных культур

3.1. История развития сотрудничества Ядерного центра с НГСХА и перспективы прикладных решений в аграрной науке.

Этапы развития сотрудничества РФЯЦ-ВНИИЭФ с аграрной наукой и производством:

-- С 1995 года в НПЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ начались работы по воздействию электрофизических факторов на семена и растения сельскохозяйственных культур. В процессе работ были налажены тесные отношения с сельскохозяйственными институтами и их опытными хозяйствами: НИИ СХ Мордовии; и НГСХА (Новинки), Н.Новгорода, с хозяйствами Дивеевского района (Кременки, Суворово, Верякуши, агрофирма Совхоз), Мордовии (Жегалово). Большой объем опытно-промышленных испытаний разработанных электрофизических технологий и устройств выполнен в 2007 – 2020 годы в Саратовской области. Важным этапом для развития межотраслевой координации явилось заключение Соглашения о научно- практическом сотрудничестве Российского Федерального Ядерного центра ВНИИЭФ с Северо-восточным региональным научным центром Россельхозакадемии (г. Киров, февраль 2013 г.), направленное на решение важнейших проблем, научного обеспечения агропромышленного комплекса России. С целью развития и поддержания научного обмена, координации работ, НПЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ организовал и провел ряд совещаний и конференций:

-- 1999 г. 23 – 24 декабря -- Межрегиональное совещание «Опыт применения и перспективы внедрения электрофизических методов в сельском хозяйстве»

-- 26 – 28 апреля 2004 г., 23 – 25 сентября 2008 г., 12 – 14 октября 2011 г. -- Международные конференции «Высокоинтенсивные физические факторы в биологии, медицине сельском хозяйстве и экологии»

-- 2017 год, я, как аспирант-эколог НГСХА, договорился о сотрудничестве со специалистами Ядерного центра по продолжению испытаний приборов по облучению ЭМИ зерна и растений:

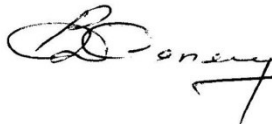
Уважаемый Василий Васильевич!

Мы получили Ваше предложение об установлении сотрудничества в области исследования воздействия СВЧ-излучений на семена пшеницы. РФЯЦ-ВНИИЭФ готов обсудить конкретные вопросы установления сотрудничества. Наиболее близки к предлагаемому Вами направлению, сообщая, что у нас проводятся работы по воздействию электромагнитных полей на семена и вегетирующие растения, проводимые в нашем институте. В 2004 и 2008 годах во ВНИИЭФ были проедены две международные конференции “Высокоинтенсивные физические факторы в биологии, медицине, сельском хозяйстве и экологии”, в том числе и с участием ученых НГСХА.

Для дальнейших практических шагов в установлении сотрудничества предлагаю Вам взаимодействовать с Главным специалистом НПЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ Яицким Александром Васильевичем
тел. 8(83130)2-26-38,
e-mail: selemir@vniief.ru.

По поручению директора РФЯЦ-ВНИИЭФ

Директор НПЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ ,
Член-корреспондент РАН

 В.Д. Селемир

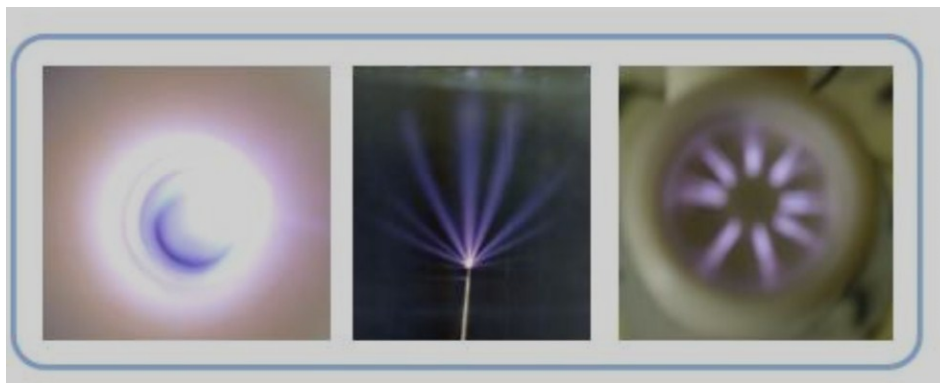


Рис. №29. Импульсная обработка семян различными приборами ЭМИ облучения

3.2. Предпосевная обработка семян ЭПКР

Цель: разработка эффективных экологически безопасных методов предпосевной стимулирующей и обеззараживающей обработки семян овощных и зерновых культур, создание устройств для их реализации на основе действия комплекса факторов импульсных электрических разрядов и электромагнитных полей. В процессе разработки и испытаний созданы устройства просыпного типа формирующие поля коронного разряда «Садко» и «Экран – М».



Рис. 30. Устройство «Садко».



Рис. 31. Обработка зерна устройством «Садко».

Технические характеристики:

Производительность обработки семян, л/мин:

-- ячмень.....	30-300;
-- овёс.....	20-200;
Напряжение питания, В: Промышленная сеть.....	220;
Аккумуляторная батарея.....	24;
Потребляемая мощность, Вт.....	5-50;
Напряжённости электрического поля просыпной камеры, кВ/см.....	1-6;
Масса, кг.....	10
Габаритные размеры, м.....	0,2x0,4x0,8

Устрой- ство	Режим	Урожай- ность, ц/га	Прибавка урожайности	
			ц/га	%
Учхоз Новинки, НГСХ				
	Контроль	26,8		
ЭКРАН	1,5 кВ/см	30,9	4,1	15,3
	5,0 кВ/см	30,4	3,6	13,4
	Контроль	25,1		
САДКО (высокий агрофон)	1,0 кВ/см	31,2	6,1	24,3
	1,5 кВ/см	36,8	11,7	46,6
	2,0 кВ/см	34,0	8,9	35,6
	3,0 кВ/см	36,7	11,6	46,2
	4,5 кВ/см	32,8	7,7	30,7
	Контроль	20,0		
САДКО (низкий агрофон)	2,5 кВ/см	25,0	5,0	25,0
	3,5 кВ/см	30,0	10,0	50,0
	4,5 кВ/см	27,0	7,0	35,0
	5,0 кВ/см	33,0	13,0	65,0
ОАО Суворовское				
	Контроль	33,0		
САДКО	6.0 кВ/см	39,0	6	18,2

Табл. №11. Отработка электрофизических технологий предпосевной обработки семян ячменя в Нижегородской области



Рис. №32. Обработка зерна устройством «Экран-М»

Исследовалось влияние агрофона на эффективность электрофизической обработки: на пониженном агрофоне за счёт обработки получены прибавки урожайности, не уступающие прибавкам урожая на высоком агрофоне.

Стабильно обеспечивается прибавка урожая в пределах 10–30%.

Величина прибавки зависит от факторов:

- качества исходного посевного материала;
- объёмов и видов применяемых химических средств (агрофона);
- погоднo–климатических условий.

Отработка электрофизических технологий предпосевной обработки семян ячменя в учхозе «Берёзовка».

Связь лабораторной всхожести и полевой урожайности с режимами обработки.

Погодно-климатические условия вегетации:

- 2018 году (0,9) - 1-я половина вегетации острозасушливая (ГТК =0,3), 2 –я избыточно увлажненная (ГТК= 1,5);
- 2019 году (1,3) - равномерное распределение по месяцам. За период вегетации выпало 227 мм осадков;
- 2020 году (0,9) - в целом удовлетворительные: первая половина – недостаток тепла, вторая – острая засуха (ГТК = 0,2)

Устройство	Режим	Урожай- ность, ц/га	Прибавка урожайности	
			ц/га	%
	Контроль	18,0	-	
ЭКРАН	2 кВ/см (×2)	20,5	2,5	13,89
ЭКРАН-С	2 кВ/см + Н 320 А/м	20,5	2,5	13,89
	Контроль	19,3		
ЭКРАН	1 кВ/см	25,8	6,5	33,68
	2 кВ/см (×1)	24,9	5,6	29,02
ЭКРАН-С	2 кВ/см + Н 320 А/м	23,9	4,6	23,83
	5 кВ/см + Н 320 А/м	24,8	5,5	28,50
САДКО	2 кВ/см	24,7	5,4	27,98

Табл. №12. Зависимость урожайности культур от режимов облучения



Рис. №33. Влияние гидротермических условий вегетации на эффективность обработки

В опытно-промышленных испытаниях получены исходные данные для инвестиционного проекта мелкосерийного производства установки «Садко» и перспектив коммерциализации технологии.

Устройства для стимулирующей обработки семян:



Рис. №34. Устройство «Экран-М» Рис. №35. Устройство «Садко»

Проверена надёжность установок, выявлена возможность их сопряжения с существующими производственными процессами.

3.3. Научная новизна

– определены режимы электрофизического воздействия обеспечивающие

повышение урожайности (напряженность электрического поля 2,5 – 6 кВ/см, отлёжка:

- от 3 до 7 суток);
- установлен факт повышения посевных качеств семян второго поколения;
- обработка посевного материала, имеющего близкую к предельной всхожесть (100 %), также приводит к повышению урожайности и посевных качеств семян во второго поколения.

3.4. Практическая значимость

- экологическая чистота;
- прирост урожайности превышал прирост от использования химических средств обработки семян;
- высокие показатели экономической эффективности установки «Садко»;
- затраты на обработку – 20 руб/га;
- доход от прибавки урожая – 1000 – 2000 руб/га.

3.5. Электрофизические технологии предпосевной обработки семян пшеницы



Рис. №36. Обработка зерна устройством «Садко»

Полевые опыты проводились в 2018 - 2020 годы в Учебном хозяйстве "Берёзовка". Важнейшей целью опытов являлось сравнение традиционной (химической) и новой электрофизической технологий предпосевной обработки семян. Испытания показали, что по продуктивности и качеству зерна опытные варианты не уступали или несколько превосходили варианты с традиционной химической обработкой это дает возможность уменьшения или отказа от применения химических средств.

Режим обработки, кВ/см	Яровая пшеница "Московская 35"		
	Урожай- ность	Прибавка к контролю	
		ц/га	%
Контроль	24,3		-
$E = 2,0$ кВ/см	25,9	1,6	6,6
$E = 4,0$ кВ/см	30,4	6,1	25,1

Табл. №13. Результаты полевых опытов с яровой пшеницей сорта «Московская-35» («Берёзовка»)

У яровой пшеницы стимулирующее влияние проявилось во всем диапазоне напряженностей электрического поля ($E = 1,0 \div 5,0$ кВ/см). Прибавки урожая достоверны к контролю и колебались от 1,6 ц/га (6,6%) до 6,1 ц/га (25,1 %).

Урожайность яровой пшеницы в среднем за три года исследований колебалась в пределах 2,15-2,40 т/га. Прибавка урожая колебалась в пределах 10–30%. Величина прибавки, зависит от качества исходного посевного материала, объемов и видов применяемых химических средств (агрофона), складывающихся погодно–климатических условий. В полевых опытах 2018–2020 годов подтверждена эффективность методики выбора режимов обработки по лабораторной всхожести.

3.6. Электрофизические технологии предпосевной обработки семян масличных культур

Производственно-полевые опыты с культурами подсолнечника и сафлора проводились в учхозе «Берёзовка». Для обработки применялась установка «Садко».

На протяжении 2018 – 2020 годов, отработка технологии проводилась в различных почвенно-климатических условиях, на разных сортах и качестве исходных семян, в хозяйствах, различной агротехнической культуры. В зависимости от этого, прибавка урожайности в разные годы колебалась от 10 до 40 %.



*Рис. №37. Опытное поле подсолнечника за 10 дней до уборки урожая
Созревание подсолнечника произошло на 10 дней раньше по
сравнению с контролем*

Наблюдаемые в 2019, 2020 гг. агробиологические эффекты предпосевной электрофизической обработки семян подсолнечника подтверждают аналогичные эффекты опытов 2017 – 2018 годов.

В сезоне 2018 года урожайность подсолнечника в контроле - 20 ц/га,

в обработке – 28-30 ц/га. Прибавка урожайности- 40 %.

Устойчивые положительные эффекты электрофизической технологии предпосевной обработки семян подсолнечника

Ускорение вегетационных процессов:

- Предпосевная обработка семян привела к созреванию подсолнечника на 10 дней раньше по сравнению с контролем;
- Возможность провести уборку в более ранние сроки, в более благоприятных погодных условиях.

У обработанных образцов более крупные и хорошо наполненные корзинки.

Растения имели более мощные корни и стебли.



Рис. №38. Корзинки подсолнечника.



Рис. №39. Корни и стебли подсолнечника



Фото №40. Пророщенные семена подсолнечника

Второе поколение – семена от обработанных растений (1) в сравнении с контрольными (2), приобрели более высокую всхожесть и энергию прорастания. Энергии прорастания семян подсолнечника сорта «Роки» урожая 2019 года.

3.7. Электрофизическая технология предпосевной обработки семян сафлора

Производственные опыты с культурой сафлора проводились в 2019 и 2020 годах в учхозе «Берёзовка».

Предпосевная обработка семян производилась в полевых условиях на устройстве «Садко».

Целью испытаний являлось в условиях конкретного хозяйства поиск стимулирующих режимов обработки и определение прироста урожайности сафлора.



Рис. №41. Сафлор в период цветения

Растения из семейства астровых, ценная масличная культура.



Рис. №42. Семена сафлора

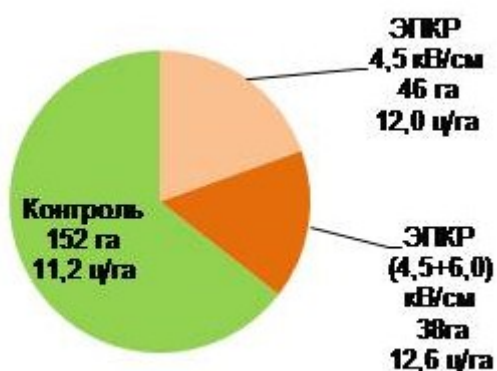


Рис. №43. Объёмы работ и результаты

Экономический эффект предпосевной обработки:

- Прибавка урожая составила 90 ц;
- Семена сафлора реализуются в Германию по цене ~ 20 тыс. руб. за тонну;
- Хозяйство получило дополнительную прибыль 180 тысяч рублей, при себестоимости прибора на 2018 год ~50 тыс. руб.;
- Затраты на обработку малы: вся обработка была выполнена одним рабочим в течении одной смены. Затраты электроэнергии не превысили 5 кВт*час.

3.8. Испытания электрофизических устройств для тепличных хозяйств

Испытания проводились в 2018 - 2020 г.г в тепличных хозяйствах, производственной теплице, тепличного хозяйства учхоза «Берёзовка».

Использовались устройства «СТИМУЛ» (НСИ), «САДКО» (ЭПКР), «БРИГ» (НСКР), «ВИСТА» (НСКР).

Цель

разработка технологий и устройств свето-акустической обработки вегетирующих растений и растений закрытого грунта.

Задачи

- исследование влияния различных режимов свето-акустического облучения растений на урожайность;
- разработка методики определения пороговых уровней воздействий на растения;
- обеспечение экономичности и повышение рентабельности тепличного производства;
- борьба с болезнями растений, вызываемыми грибными и бактериальными организмами;
- хозяйственная продуктивность: повышение урожайности, снижение содержания нитратов в овощной продукции;
- разработка типоряда устройств электро-физического воздействия для различных групп производителей сельхоз продукции.



Рис. №44. Процесс светового импульсного воздействия на вегетирующие растения огурцов в теплице комплекса «Стимул»

Испытания электрофизических устройств для тепличных хозяйств

Объект воздействия	Доза обработки, кДж	Урожай, кг/м ²		Прибавка урожая, % относительно контроля	Критерий существенности	
		Опытный образец	Контрольный образец		t_{Φ}	t_{α}
Обработка вегетирующих растений	СИ(8+16+16) (2000 г.)	6,91±2,40	5,75±0,88	20%	1,3	2,8
	СИ(8+16+16) (2000 г.)	7,25±1,57	5,38±1,29	35%	2,6	2,8
	СИ(16+16+16) (2001 г.)	12,62±1,54	11,57±0	9%	1,5	4,3
	СИ(16+16+16) (2002 г.)	13,52±0,43	12,00±0	13%	15,3	4,3
Обработка семян	СИ(60+60) (2003 г.)	6,23±1,29	5,8±1,23	7%	0,7	2,8
	ЭПКР 3,5 кВ/см (2003 г.)	6,53±1,68	5,80±1,23	13%	1,0	2,8

Табл. №45. Результаты обработки семян и вегетирующих растений огурцов сорта "Эстафета" в теплице учхоза «Берёзовка» в 2018-2020 годах

Контрольные образцы растений поражены возбудителями антракноза



Рис. №46. Необработанные растения



Рис. №47. Обработанные растения

Выявлено влияние обработки НСИ на обеззараживание вегетирующих растений и увеличение вегетационного периода.

Испытания электрофизических устройств для тепличных хозяйств и овощеводства.

Обработка семян овощных устройствами «СТИМУЛ» (НСИ), «САДКО» (ЭПКР), «БРИГ» (НСКР)



Рис. №48. Устройство «Бриг»

Томат, сорт	Вид обработки, режим	Сбор урожая		
		Обработка кг/м	Контроль кг/м	Отн. контроля %
"Абаканский розовый"	ЭПКР 5,5 кВ/см	36,07	29,46	122,4
"Ярославна"	НСКР 20 нмп., 8 см	25,36	20,38	124,4
"Красный Гигант"»		12,56	16,00	78,5
"Кентавр"		23,99	21,30	112,6

Табл. №14. Урожайность томатов из семян, прошедших электрофизическую обработку, теплица учхоза «Берёзовка»



Рис. №49. Рассада томатов «Мелкие красные» из семян, обработанных световыми импульсами на устройстве «Стимул»

1. (контроль) - 100 %
2. (80 кДж, без с/ф) - 110 %
3. (40 кДж, без с/ф) - 120 %
4. (40 кДж, с исп. светоф. КС-10) – 157 %

Очевидно, стимулирующее влияние красной части спектра светового импульса.

3.9. Предпосевная обработка картофеля

Обработка клубней картофеля устройством «СТИМУЛ» (НСИ) в учхозе «Берёзовка».

Прибавка урожая достигла 36 %.

Выход картофеля товарной фракции возрастает в 2 – 4 раза.



Рис. №50. Пробы картофеля с 10-ти кустов

Вариант	Вид и режим обработки	Товарная фракция		Нетоварная фракция		Прирост общего урожая	Качество урожая тов. / нетов.
		кг	%	кг	%		
1	Контроль	381	100	356	100	-	1,07
2	НСИ, 32 кДж	577	151	276	78	+ 16 %	2,09
3	НСИ 40 кДж	761	199	244	69	+ 36 %	3,82

Табл. №15. Урожай с равных учётных площадей – 504 м²



Рис. №51. Комплекс «Клад» Рис. №52. Излучатель НСИ комплекса «Клад»



*Рис. №53. Процесс ручной обработки клубней картофеля в НИИСХ
Республики Мордовия*

3.10. Влияние электрофизической обработки посевного материала лука на урожай

Установка «Садко». Мелкоделяночный опыт предпосевной обработки
севка. Прибавка урожая 28 % (2018 год)



*Рис. №54. Крупная фракция урожая лука «Кармен», выращенного из
обработанного ЭПКР (4 кВ/см, 7 дней отлёжки) на установке
«Садко» севка (вверху - контроль , внизу - обработка)*



*Рис. №55. Прибор для обработки посевного
материала ЭМП «ЭПОС-1»*



Рис. №56. Головки лука репчатого

Влияние обработки семян (чернушка) переменным ЭМП на урожайность лука "Штутгартен Ризен", слева -- контроль, справа – обработка



Рис. №57. Лук севок

Влияние обработки лука-севка НСИ суммарной энергией 20 кДж, на урожайность (2007 г.) (слева -- контроль, справа обработка НСИ).

3.11. Оценка экономической эффективности электрофизической технологии

Культура	Норма высева, кг/га	Время обработки семян на 1 га, мин	Энергозатраты, (кВт×час/га) × 10 ³	Производительность установки, га/1 час работы	Оплата труда, руб/га	Стоимость электроэнергии, руб/га	Стоимость обработки, руб/га	Приrost урожая за счет обработки, ц/га	Доход от реализации прироста урожая, руб/га
Ячмень (2019)	280	2,0	2,50	30	19,00	0,09	19,09	1,1	1200
Ячмень (2011)	230	2,0	2,50	30	19,00	0,09	19,09	6,0	3600
Подсолнечник	5÷7	0,1	0,25	600	0,95	0,01	0,96	1,3÷8,1	3600÷19200
Сафлор	15÷25	0,4	1,00	150	3,80	0,04	3,80	0,8÷1,4	1600÷2400

Табл. №16. Экономические показатели электрофизической технологии обработки семян на установке «Садко»

Соотношение прибыль/затраты на 1 га в составляет:

- для ячменя – от 60 до 190;
- для подсолнечника – от 3600 до 19000;
- для сафлора – 400 до 600.

Для окупаемости установки за один сельскохозяйственный сезон достаточно прибыли от предпосевной обработки получаемой с площади:

- для ячменя в условиях 2018 года – 90 га;
- для сафлора в условиях 2019 года – 62,5 га;
- для подсолнечника в условиях 2020 года – 28 га.

Выявленная экономическая эффективность свойственна инновационным технологиям, признаком высокого коммерческого потенциала. Это является объективным основанием для успешной коммерциализации технологии.

Предложения по развитию и внедрению электрофизических технологий Роль аграрной науки в разработке и внедрении новой технологии, направленной на повышение урожайности и качества овощных и зерновых культур в практику сельского хозяйства, заключается в решении задач: НИОКР, организации и проведении полевых и промышленных испытаний, подготовке специалистов в области электрофизических агротехнологий. В качестве первоочередных предлагаются следующие задачи:

- физико-биологические и химико-молекулярные исследования воздействия ЭМП на семена и вегетирующие сельскохозяйственные культуры с целью выявления связей параметров ЭФФ с характером биологических эффектов;
- исследование спектров и режимов стимулирующих воздействий высокоинтенсивных ЭПКР и ИМП на биологические объекты (семена, проростки) широкого спектра сельскохозяйственных культур, проведение опытно-промышленных испытаний предлагаемых методов;
- оценка обеззараживающего действия используемых физических факторов на семена зерновых и овощных культур, их влияния на устойчивость вегетирующих растений к неблагоприятным факторам внешней среды;
- разработка методов экспресс-анализа жизнеспособности семян на основе: биометрических измерений динамики развития набухающих семян; модифицированных электрофизических, тетразольной и других методик;
- разработка методик проведения стимулирующей и обеззараживающей обработки зерна в промышленных масштабах;
- разработка конструкторской документации на изготовление опытных и серийно выпускаемых образцов приборов и установок различных модификаций сопряженных с существующими технологиями и техникой;
- выпуск опытной партии приборов и установок промышленного назначения для стимулирующей и обеззараживающей обработки семян,

ориентированных на индивидуальных потребителей, частных предпринимателей и для различных видов агропромышленных хозяйств;
– сертификация разрабатываемых технологий.

3.12. Электрофизические технологии для сельского хозяйства

Для повышения конкурентоспособности агропромышленного комплекса необходимо разработать эффективные технологии по воздействию ЭМИ на растения.

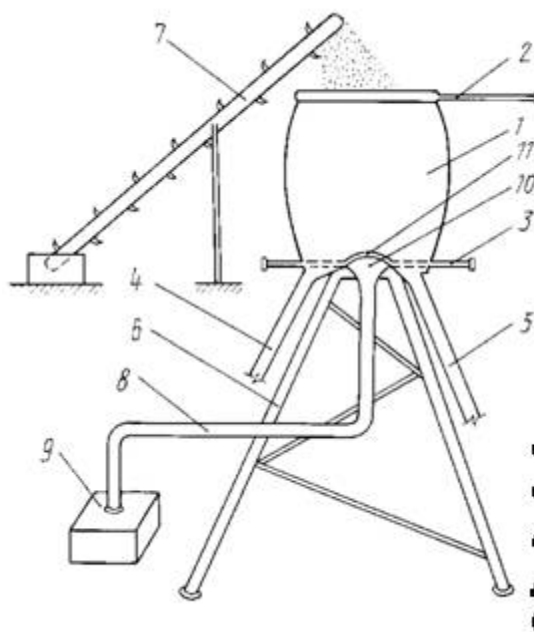


Рис. №58. Схема установки СВЧ сушка зерна

Параметры источника СВЧ излучения:

- Частота излучения: 2,45 ГГц;
- Частота повторения импульсов: 400 Гц;
- Длительность импульса: 2 мкс;
- Средняя мощность: 1000 Вт.

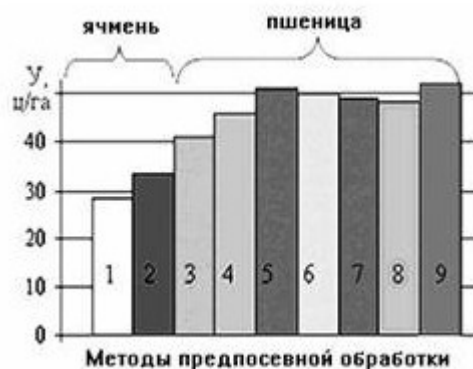


Рис. №59. Урожайность зерновых при различных методах предпосевной подготовки

- 1,4 – протравливание;
- 2 – СВЧ обработка;
- 3 – без обработки;
- 5 – СВЧ обработка;
- 6 – СВЧ + озонированная вода;
- 7 – конвективно + озонированная вода;
- 8 – озоновоздушная смесь;
- 9 – СВЧ + солевой раствор.

Название технологии	Область применения	Преимущества
Комбинированная сушка зерна и семян	Послеуборочная доработка семян и зерна сельскохозяйственных культур с целью дальнейшего их длительного хранения и дальнейшего использования	Интенсификация влагосъёма на 5,3-13,2%, уменьшение микротравмирования зерна за счёт более мягкого режима сушки на 2,6-6,2%, повышение посевных свойств семян на 5-6%, снижение удельных затрат

		энергии на 29,4-32,3%.
Предпосевная стимуляция и обеззараживание семян	Улучшение посевных свойств семян и их обеззараживание от возбудителей болезней.	Увеличение всхожести семян на 10-12%; повышение урожайности на 20-30%; снижение энергоёмкости и материалоемкости в 3-5 раз.
Улучшение хлебопекарных качеств продовольственного зерна и муки	Тепловая обработка производственного зерна и муки с целью улучшения их хлебопекарных свойств	Укрепление клейковины в зерне в 1,3 раза; увеличение влагопоглощательной способности теста на 5%; уменьшение степени разжижения теста на 10 с.ф.; уменьшение общей валориметрической оценки на 19%; увеличение объёмного выхода хлеба на 37%.
Производство высокопитательных быстро готовящихся зерновых продуктов, повышение кормовой ценности фуражного зерна	Высокоинтенсивная тепловая обработка продовольственного и фуражного зерна и зерновых продуктов (круп) с целью улучшения их	Увеличение степени декстринизации нативного крахмала до 50% и выше; повышение усвояемости зерна и зерновых продуктов на 30-40%,

	питательных свойств	увеличение развариваемости круп в 5-10 раз; снижение удельных затрат энергии в 1,5-1,8 раза.
--	---------------------	--

3.13. Борьба с сорной растительностью и обеззараживание почвы при помощи СВЧ



Рис. №60. Опытный образец трактора с навесным оборудованием СВЧ для борьбы с сорняками

Эксперименты по обработке почвы установкой «Импульс-1» показали, что ростовыми процессами и всхожестью семян сорной растительности, плодородием почвы и урожаем культуры можно управлять с помощью импульсного потока электромагнитной энергии, а биотропные параметры, характеризующие его пространственно-временную структуру, являются эффективными регуляторами этих процессов.



Рис. №61. Сорняк



Рис. №62. Посадки

3.14. Полевые испытания влияния предпосевной обработки семян подсолнечника и овса электрополем коронного разряда (ЭПКР)

Представлены результаты полевых испытаний влияния предпосевной обработки семян подсолнечника и овса электрополем коронного разряда (ЭПКР). Испытания проводились с гибридами подсолнечника сортов «Дюрбан» и «Роки», семенами овса сорта «Скакун».

Обработка семян проводилась устройством для предпосевной

стимулирующей и обеззараживающей обработки семян «Садко», разработанным в НТЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ (Ядерный центр).

Опыты проводились с двумя группами семян, обработанных на разных режимах:

- первая группа - 5 кВ/см;
- вторая группа - 9 кВ/см.

Развитие растений этих групп сравнивалось с контрольной группой, которая не подвергалась воздействию ЭПКР.

Эксперименты проводились на двух площадках: демонстрационной и полевой. Демонстрационная площадка располагалась в учхозе «Берёзовка». На этой площадке располагались делянки с овсом и подсолнечником. На каждой делянке семена были высажены тремя рядами – контрольная группа, группа обработанная на режиме 5 кВ/см, группа обработанная на режиме 9 кВ/см. Половину делянки с подсолнечником занимал сорт «Дюрбан», другую половину – сорт «Роки». Это позволяло ежедневно наглядно видеть разницу в развитии растений. Периодически проводилась фотосъемка делянки. Другая площадка – полевая, площадью 10 га, располагалась на поле. Обработанные семена подсолнечника сорта «Роки» высевались рядом с контрольной посадкой. Семена обрабатывались на режиме 9 кВ/см. Посев производился после отлёжки семян 3 дня. Норма высева – 5кг/га.

3.15. Опыты на демонстрационной площадке

Порядок рядков (справа на лево): контроль, 5 кВ/см, 9 кВ/см. Овёс был специально заражён головней. Обработка препаратами и полив не проводились. На делянке с подсолнечником, в начале, располагался сорт «Дюрбан», а далее «Роки». Отметим, что по результатам лабораторных испытаний был рекомендован режим 5 кВ/см, а в полевых условиях режим 9 кВ/см оказался лучшим.



Рис. №63. 21.06. Делянка с рядами овса и подсолнечника: можно видеть разницу и по густоте (всхожестъ) и развитию



Рис. №64. Дата съемки 21.06. Влияние обработки на фазу развития: 9 кВ/см – всходы дружные, ровные, 5 кВ/см – всходы менее развитые, контроль – всходы не дружные, разнофазовое развитие



Рис. 65. Дата съемки 21.06. На следующих слайдах так же можно видеть разницу в дальнейшем развитии растений контрольной и опытной групп. «Дюрбан» более низкорослый, шляпка более массивная



Рис. №66. Дата съёмки 27.08. Подсолнечник

Наблюдались случаи «гигантизма» - более высокий рост и крупные экземпляры у «Роки» на режиме 9 кВ/см. Это наблюдалось и на полевой площадке.



Рис. №67. Дата съемки 27.08.Подсолнечник



Рис. №68. Дата съемки 27.08. Подсолнечник

Влияние обработки на фазу развития овса: 9кВ/см – всходы дружные, ровные, 5 кВ/см – наблюдается меньшее развитие растений, контроль – всходы не дружные, разнофазовое развитие.



Рис. №69. Посадки

Сравнительная структура роста обработанных и контрольных растений.

На следующих слайдах видно что, обработанные растения имеют более развитую корневую систему, большую массу стеблей собранных с равновеликих участков ~ 5 см рядка.



Рис. №70. У обработанных растений более развит стебель и метелка



Рис. №71. Корневая система

По результатам эксперимента с овсом на демонстрационной площадке агрономом, проводившим эксперимент была выполнена расчетная оценка урожайности обработанных растений. В результате выявлено что обработка повысила урожайность в $2\div 2,5$ раза выше контроля. Контроль дал ~ 9 ц/га, а обработанный посев ~ 18 ц/га. И это при неиспользовании на демонстрационной площадке интенсивных технологий (минеральный удобрений, обработки семян стимуляторами, гербицидами) стоимость которых составляет в настоящее время ~ 1000 руб/га.

В жёстких климатических условиях 2018 года было списано 70% площадей овса (экономически не выгодно убирать < 5 ц/га). Использование предпосевной стимулирующей обработки семян могло бы поднять урожай (по аналогии с результатами полученными на демонстрационной площадке) до 8 – 10 ц/га, что сделало бы сбор урожая рентабельным и предотвратило бы значительные убытки фермерских хозяйств.

Еще одна сфера применения устройства «Садко» - обработка семян для высева страховых культур, когда существенным фактором, как правило, является нехватка времени для проведения всего цикла предпосевных технологических операций. Это было обнаружено в 2018-2020 гг. в учхозе «Берёзовка». При пересеве весной поврежденных в процессе зимовки озимых – в хозяйствах не оказалось протравливателей семян, семена (пшеница сорт «Саратовская – 89») были обработаны на режиме 5 кВ/см, успешно взошли и дали хороший урожай. По просьбам семеноводческих хозяйств Нижегородской области были проведены обработка и высев озимой пшеницы в пограничные сроки высева. Озимые успешно взошли (на 2-3 дня раньше планируемого). Из-за нехватки времени растения ушли в зиму при недостаточно большой зеленой массе, но имели хорошо развитую корневую систему такую же, что и ранее посаженные озимые. Это позволило страховым посадкам весной успешно раскуститься и догнать в развитии основную массу растений.

3.16. Полевые испытания

Посадки подсолнечника «Роки» обрабатывались послевсходовым гербицидом фирмы «Дюпон» в купаже со стимулятором роста «Прорастин». Контроль обрабатывался только гербицидом, без стимулятора роста.

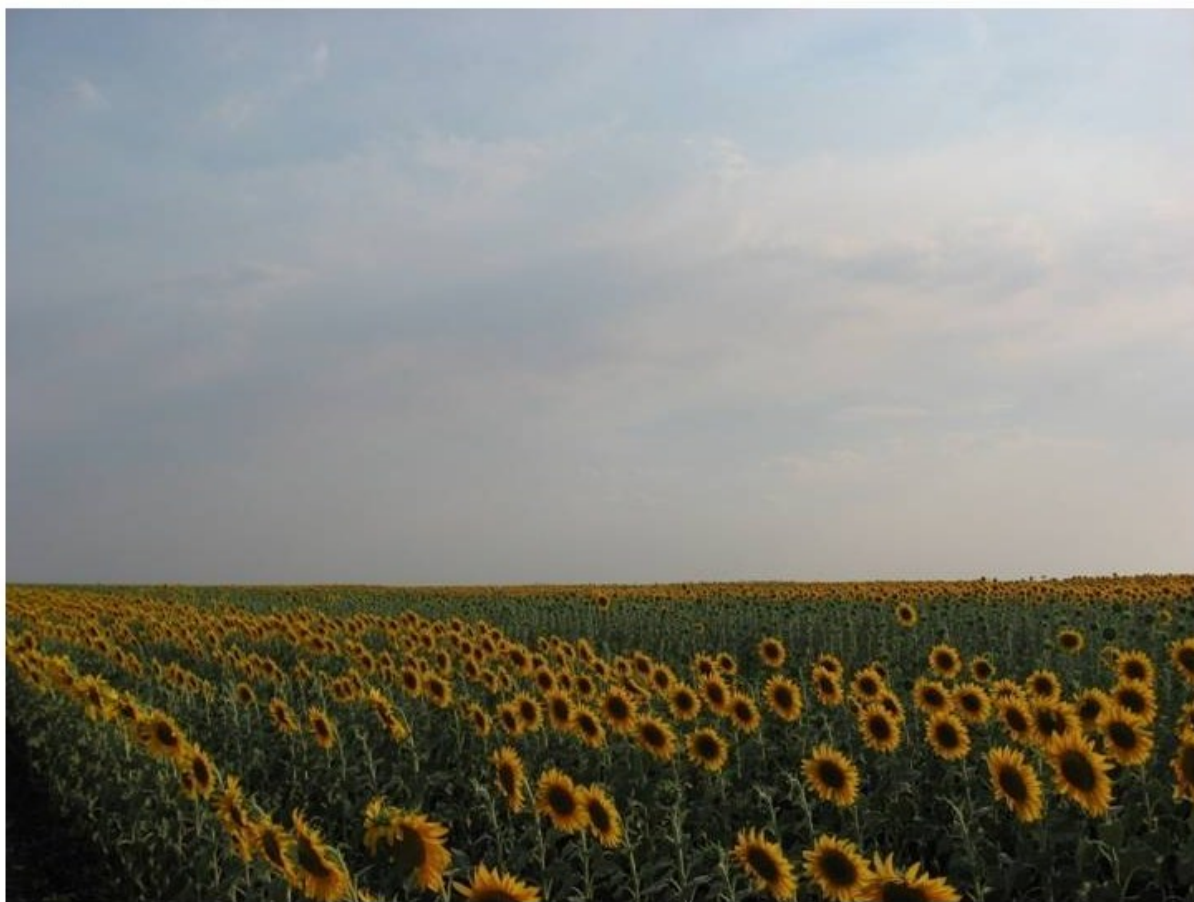


Рис. №72. Подсолнечник

Общее состояние поля из обработанных семян – правильное формирование шляпок, всходы появились на 2 дня раньше контрольных посевов.



Рис. №73. Подсолнечник

Растения имеют более мощные стволы.



Рис. №74. Подсолнечник

Корзины имеют большой размер, обращает внимание, что нет пустой сердцевины.



Рис. №75. Подсолнечник

Дружный рост, мощные стволы, правильные хорошо сформированные корзины.



Рис. №76. Подсолнечник

На этом слайде так же видно правильное формирование корзинок.



Рис. №77. Подсолнечник

Дружный рост, мощные стволы, правильные хорошо сформированные корзины.



Рис. №78. Подсолнечник

Эксперименты выявили феномен существенно раннего созревания опытной делянки (на ~10 дней).



Рис. №79. Подсолнечник

Это позволило не производить обработку опытной делянки препаратом «Реглон» (750 руб./га), для остановки роста и ускорения созревания, которое необходимо в условиях засушливого лета проводить за 10 дней до уборки.

Сравнительная структура роста обработанных и контрольных растений. На следующих фотографиях видно что, обработанные растения имеют более развитую корневую систему, более мощный ствол и больших размеров с лучшим наполнением корзины. Урожайность опытной делянки составила 27 ц/га, а контроля 22 ц/га.



Рис. №80. Корневая система

Развитая корневая система по сравнению с контролем. Более длинные основные корни.



Рис. №81. Корневая система

Обработка – шляпка без дефекта сердцевины Контроль сердцевина не вызрела с большим количеством пустоцвета.



Рис. №82. Подсолнечник

Из геометрических соображений урожайность обработанных посевов может быть в 2 раза выше. Без использования удобрений, стимуляторов.

Обработка -- более мощные стебли и развитая корневая система по сравнению с контролем. Более длинные основные корни.



Рис. №83. Подсолнечник

В засушливый период они лучше обеспечивали питание растений.
«Роки» -- с маловыраженной сердцевинкой.



Рис. №84. Подсолнечник

3.17. Промышленные испытания электрофизических установок НТЦФ в сельскохозяйственных предприятиях

Представлены результаты промышленных испытаний электрофизических установок НТЦФ в сельскохозяйственных предприятиях.

Работы проводились на основе договора о передаче установок НТЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ для предпосевной стимулирующей обработки семян полем коронного разряда прибора «Садко» для промышленного испытания в сельскохозяйственных предприятиях.

Задачей работ являлись

- расширение сфер применения установок в сельхоз предприятиях;
- сопряжение устройств с существующими технологиями и оборудованием;
- получение предложений по улучшению технических параметров установок;
- получение технико-экономических данных для коммерциализации электрофизических технологий РФЯЦ – ВНИИЭФ.

Результаты предшествующих работ

Ранее на протяжении трех лет проводились опытно-промышленные эксперименты на предприятиях, использующие высокоинтенсивные технологии по выращиванию подсолнечника и обладающие высокой культурой земледелия. Испытания показали эффективность предпосевной стимулирующей обработки семян установкой САДКО. Наблюдаемый в течение 3 лет эффект обработки составил до 30 % прибавки урожая (с 21-23 до 29-31 центнера с гектара) при закупочной цене 9 тыс. рублей за тонну.

Экономическая оценка перспектив коммерциализации.

Следует заметить, что посевная площадь под подсолнечник занимает в южных регионах до 400 тысяч гектаров, а современная закупочная цена подсолнечника возросла до ~ 20 тысяч рублей за тонну.

Не меньшие площади под подсолнечник в других южных областях России: Воронежской, Волгоградской, Ростовской и др. областях, Краснодарском и Ставропольском краях.

Условия опытов 2020 года

С учётом результатов экспериментов 2017-2019 г. были продолжены работы в 2020 году.

Работы в 2020 году существенно отличались от условий работ 2017 - 2019 гг.:

- работы проводились в учхозе «Берёзовка» в Борском районе, имеющем худшие почвенно-климатические условия по сравнению с другими районами области;
- хозяйство не смогло приобрести высококачественный посадочный материал и соблюсти технологию подготовки почвы (предпосевная пашка заменена лущением.
- из-за затяжных дождей произошел разрыв посевной с промежутком порядка 20 дней.

Представлены результаты испытаний устройств НТЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ.



Рис. №85. Устройство «Садко» для предпосевной стимулирующей и обеззараживающей обработки семян в полевых работах подсолнечника и сафлора



Рис. №86. Медицинского озонатора ТЕОЗОН в ветеринарии для лечения мастита у коров и обеззараживания маститного молока

Полевые испытания устройства «Садко»

Целью испытаний являлось определение агробиологических эффектов предпосевной обработки семян подсолнечника и сафлора.

Влияние обработки посевного материала полем коронного разряда на вегетацию и урожайность данных культур.

Испытания проводились с гибридами подсолнечника НСХ-6009 и сортового подсолнечника «Родник», а также семенами сафлора.

Перед обработкой семян в лабораторных условиях были проведены мероприятия по подбору режима обработки семян коронным разрядом и временем высева семян после обработки (выдержки).

Наиболее благоприятным режимом обработки был выявлен режим обработки напряженностью электрического поля коронного разряда 6 кВ/см с временем выдержки 4 – 5 дней.

3.18. Условия проведения эксперимента

В реальных условиях опыта из-за возникновения пробоев (в результате обработки семян НСХ6009 алюминиевой пудрой), режим обработки был снижен до 5,5 кВ/см.

Режим обработки семян сафлора из-за повышенной влажности, также был снижен до 5,5 кВ/см.

Партия семян сафлора, высеянная на площади 38 га, была повторно обработана через 16 дней из-за задержки высева в результате

неблагоприятных погодных условий.

Культура, сорт	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Режим обработки кВ/см
Подсолнечник			
НСХ6009	120	7,8	5
НСХ6009	28	6,4	Контроль
Родник	81	5,0	Контроль
Родник	85	8,3	6
Родник	171	7,4	6
Сафлор	152	11,2	Контроль
Сафлор	46	12,0	6
Сафлор	38	12,6	6+9

Табл. №17. Режимы обработки и результаты
эксперимента

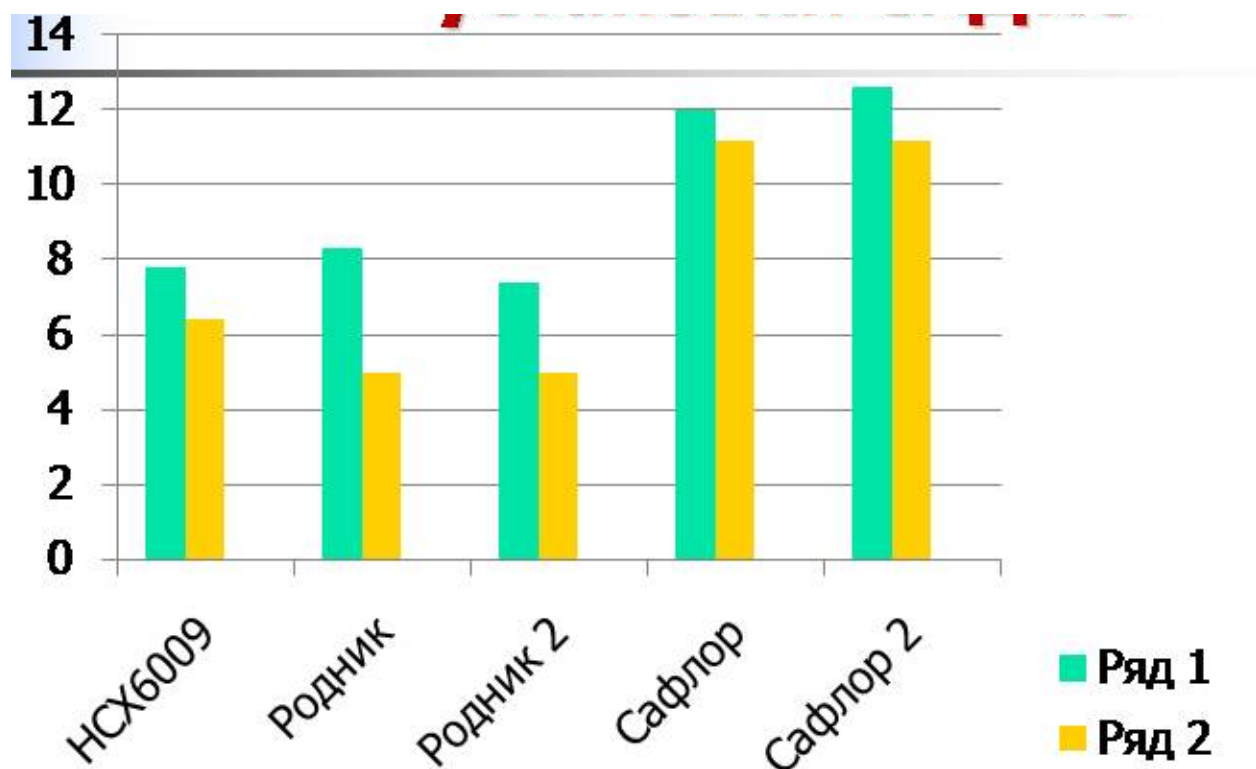


Рис. №87. Выводы полевых испытаний
установки «Садко»

Устройство «Садко» для предпосевной стимулирующей и обеззараживающей обработки семян.



Рис. №88. Разработка НТЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ. Патент РФ № 230200096

Отмечена дипломами Всероссийских научно-промышленных форумов.

3.19. Принцип действия установки «Садко»

Под действием силы тяжести зерно из резервуара просыпается через просыпную камеру устройства, в которой имеется полеобразующая система длиной $\sim (0,35-0,5)$ метра и подвергается воздействию пространственно модулированного электрического поля.

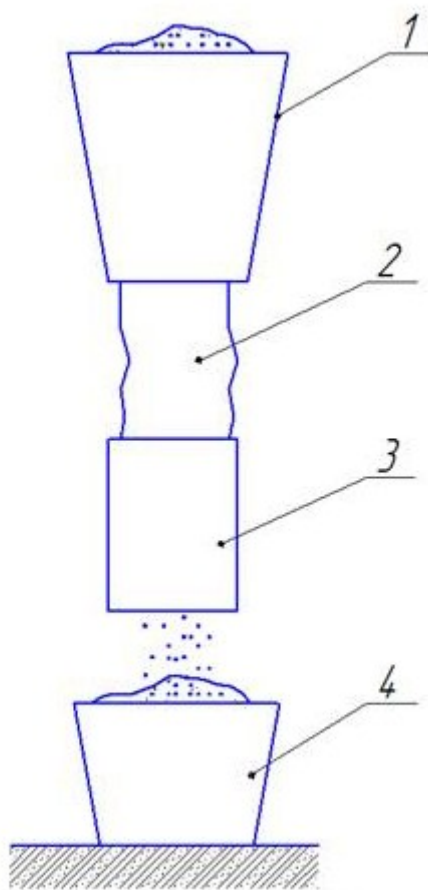


Рис. №89. Схема обработки посевного материала на устройстве «Садко»

- 1 – резервуар с обрабатываемым посадочным материалом,
- 2 – соединительный мягкий рукав,
- 3 – устройство «Садко»,
- 4 – резервуар с обработанным посадочным материалом.

Характеристики устройства «Садко»:

- регулируемая напряженность электрического поля – 1-6 кВ/см с дискретностью 0,5 кВ/см, что позволяет получать 10 режимов обработки;
- производительность при обработке семян ячменя, пшеницы – более 60 л/мин; овса – 40 л/мин;
- длительность экспозиции обработки зерна – 0,5 с;
- количество каналов рабочей камеры – 3;

-- максимальная потребляемая мощность – не превышает 50 Вт;

Напряжение сетевого питания – 220 В, или от автомобильного аккумулятора – 12 В.

3.20. Методика и постановка экспериментов

Эксперименты проводились на двух площадках: демонстрационной и полевой. Демонстрационная площадка располагалась на Бору. На этой площадке располагались делянки с овсом и подсолнечником. Половину делянки с подсолнечником занимал сорт «Дюрбан», другую половину – сорт «Роки». На каждой делянке семена были высажены тремя рядами – контрольная группа, группа обработанная на режиме 5 (напряженность 4,5 кВ/см), группа обработанная на режиме 9 (напряженность 6 кВ/см). Это позволяло ежедневно наглядно видеть разницу в развитии растений. Периодически проводилась фотосъемка делянки.

Другая площадка – полевая, площадью 10 га (норма высева – 5 кг/га), располагалась на поле. Обработанные семена подсолнечника сорта «Роки» высевались рядом с контрольной посадкой. Семена обрабатывались на режиме 9. Посев производился после отлежки семян 3 дня. Необходимо отметить, что при лабораторной отработке оптимальных режимов – наилучшие результаты получены на 5 режиме, при отлежке обработанных семян 7 дней.

3.21. Лабораторная отработка оптимального режима работы устройства «Садко» для предпосевной обработки семян подсолнечника

Перед полевыми экспериментами в мае 2020 года в НТЦФ были проведены лабораторные исследования влияния интенсивности ЭПКР на всхожесть и энергию прорастания семян подсолнечника с целью выбора

оптимального режима для полевых экспериментов. Испытания проводились с семенами подсолнечника сортов «Лакомка» и «Массоня», полученных ранее. Оценку всхожести, энергии прорастания и очаговой плесени проводили по ГОСТ 12038-84.

Задача исследования – выявление режимов воздействия, повышающих жизнеспособность посевного материала.

На рисунках представлены нормированные к контролю значения энергии прорастания, всхожести, а также очаговой плесени семян, зарегистрированные при воздействии на семена электрофизических факторов установки «Садко» с напряженностью 4,5 кВ/см, 5 кВ/см и 6 кВ/см после отлёжки 7 суток.

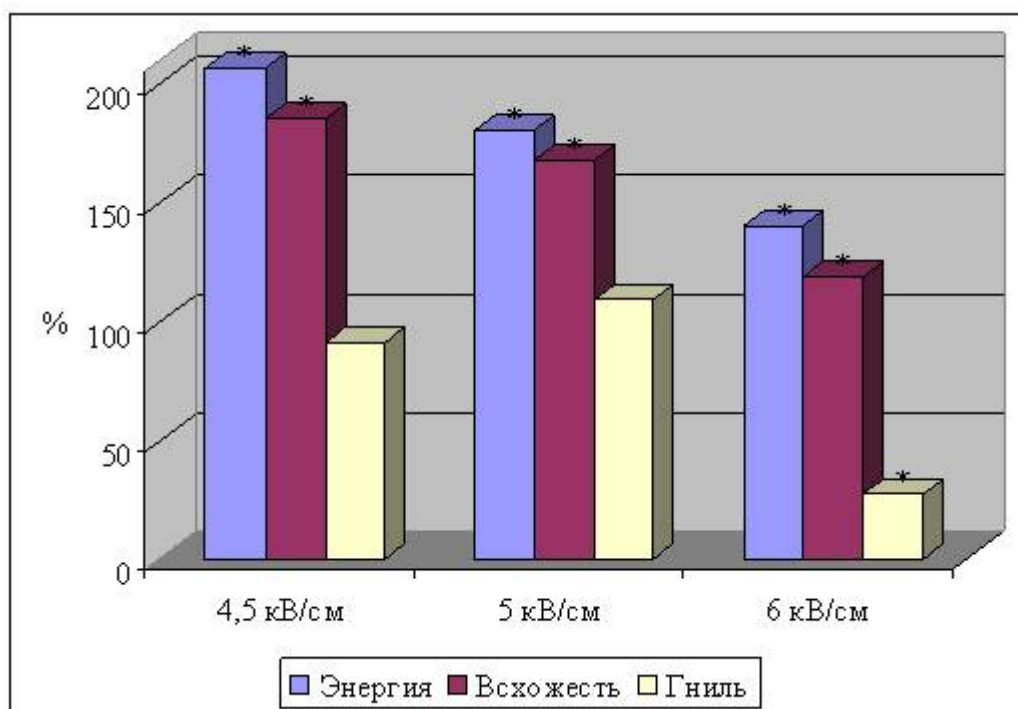


Рис. №90. Влияние электрофизических факторов установки «Садко» на семена подсолнечника сорт «Лакомка» (опыт/контроль)

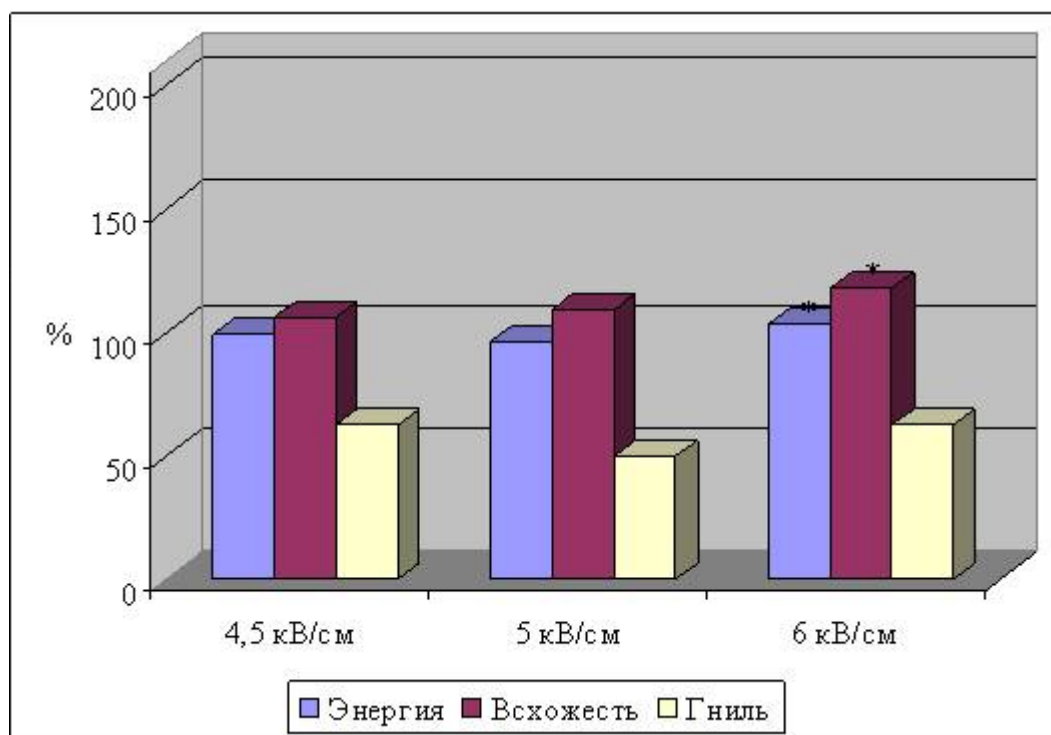


Рис. №91. Влияние электрофизических факторов установки «Садко» на семена подсолнечника сорт «Массоня» (опыт/контроль).

По результатам лабораторных исследований для полевых испытаний были рекомендованы для подсолнечника режимы 5 и 9 при отлёжке семян после обработки 7 суток.

В 2018 году проведена апробация электрофизического устройства («Садко»), разработанного в НТЦФ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» для предпосевной стимулирующей и обеззараживающей обработки семян.

Обработки подвергались семена гибрида подсолнечника сортов «Дюрбан» и «Роки», овса сорта «Скакун» на режимах 5 кВ/см, 9 кВ/см, которые были определены как наилучшие для этих культур по результатам лабораторных испытаний.

В полевых условиях для данных культур лучшим оказался режим 9 кВ/см.

На всех этапах вегетации посевы из обработанных культур показали более высокую и раннюю всхожесть (~ на 2 дня), обгоняли по фазе развития

контрольные посадки, имели более мощные корневую систему, стебли, более развитые корзины у подсолнечника и метелки у овса. Установлен факт сокращения сроков созревания подсолнечника ~ на 10 дней, при этом корзины были больших размеров и практически отсутствовали не наполненные сердцевины.

Предпосевная обработка привела к увеличению урожайности подсолнечника с 22 ц/га (контроль) до 29 ц/га.

Урожайность овса (расчетная) увеличилась с 9 ц/га (контроль) до 18 ц/га.

При этом не применялись такие элементы интенсивных технологий, как химические удобрения, подкормка и протравливание.

Выявлена целесообразность использования для стимулирования всхожести и прорастания при производстве страховых подсевов, в условиях дефицита времени для вегетации.

Глава IV . Обсуждение полученных результатов. К механизму реакции семян на ЭМИ. Выводы. Предложения к производству

При увеличении сроков хранения посадочного материала (семян и клубней растений) их посевная ценность снижается. Поэтому исследования в области изучения влияния СВЧ на проращивание семян с различными сроками сбора, а также фазами созревания (Мельцер Е. Э., Елисеев И. П., 1987) имеют важную хозяйственно-научную ценность. В этом направлении было проведено несколько серий опытов.

Из полученных данных следует, что с увеличением срока хранения семян эффективность обработки СВЧ возрастает.

Воздействие СВЧ излучения повышает энергию прорастания нескарифицированных семян.

Закономерность влияния СВЧ излучений сверхслабой интенсивности на циркадные ритмы растений позволяет глубже понять механизм регуляции биоритмов (Б. Н. Орлов, Д. С. Борисов, 2003). Однако, в отношении растительных объектов этот вопрос изучен недостаточно. В опытах с СВЧ излучением сверхнизкой интенсивности учитывали принадлежность выбранных растительных объектов к определенному типу фотопериодических реакций. В связи с этим длительность СВЧ воздействия разделялась на различные режимы облучения.

4.1. Выводы

-- Определённое электрофизическое воздействие на зерно приводит к положительному влиянию на урожай. Необходимо подобрать режим обработки для каждой культуры и сорта. Поэтому на первый план выходят необходимость «встраивания» наших разработок и технологий в существующие отработанные технологии обработки семян в общемировые и отечественные достижения, а также адаптация практических разработок в

производственный процесс. Необходимо решать прикладные проблемы сельхозтоваропроизводителей и аграрной науки;

-- При предпосевной обработке с использованием электрофизического воздействия целесообразно использовать адаптационные реакции зерновки, как биологического объекта, приводящие к устойчивой адаптации. Как правило, такой отклик зерновки в истории исследований не всегда был обеспечен при кратковременном электрофизическом воздействии. Но в нашей работе достигнут прогресс – и эффект доказывается именно при кратковременном воздействии ЭМИ. Это является главным достижением и прорывов в исследованиях. Причём, устройство не потребляет большого количества энергии, и может использоваться как от энергосети, так и от автомобильного аккумулятора.

-- Более 2-х лет нами проводится научно-исследовательская работа в поисках эффективного способа обработки семян. Лабораторные испытания с проращиванием семян также объективно отражают результаты обработки. Работа проводится с агрономами-селекционерами, где для этого имеются соответствующие условия и квалификация специалистов. Работали с учётом планов селекционеров по улучшению качества посевного материала;

-- При проведении исследований учитывали, что заключение об эффективности предпосевной обработки может быть получено только после проверки зависимости результатов от погодных условий.

4.2. Влияние КВЧ излучения нетепловой интенсивности на морфофизиологические, биохимические показатели модельных биообъектов

№	Обозначение	Диапазон	Название диапазона	Диапазон	Название диапазона	<u>Энергия фотона,</u>	Применение
---	-------------	----------	--------------------	----------	--------------------	------------------------	------------

	М С Э	дли н вол н	на волн	част от	она частот		
10	SH F	100 мм — 10 мм	Сантиме тровые	3— 30 ГГц	Сверхв ысокие (СВЧ)	12,4 мкЭВ — 124 мкЭВ	Радиолокация, интер нет, спутниковое телевещание, спутни ковая- и радиосвязь прямой волной, беспроводные компьютерные сети.
11	EH F	10 мм — 1 мм	Миллим етровые	30— 300 ГГц	Крайне высоки е (КВЧ)	124 мкЭВ — 1,24 мЭВ	Радиоастрономия, высокоскоростная рад иорелейная связь, радиолокация(метеорологическая, управление вооружением), медиц ина, спутниковая радиосвязь.

Табл. №18. 4.2. Влияние КВЧ излучения нетепловой интенсивности на морфофизиологические, биохимические показатели модельных биообъектов

Как известно, основным поглощательным компонентом электромагнитных волн миллиметрового диапазона в теле человека или животного является вода (Хургин Ю. И., 1991). Проникновение этих волн ограничивается кожным покрытием, т. к. практически полностью затухает в покровных тканях организма на глубине 0,5 – 0,7 мм (Казаринов К. Д., 1990;

Родштат И. В., 1991).

Об особенностях воздействия КВЧ излучений на организм растений известно довольно мало.

В связи с этим были проведены две серии опытов с семенами растений. В первой из них семена подвергали КВЧ облучению сухими, во второй серии семена перед облучением замачивали в течение суток в дистиллированной воде. В качестве модельных объектов были взяты семена пшеницы сорта «Московская 59».

Частота КВЧ излучения в первой серии 53,57 ГГц, во второй – 65,00 ГГц. Облучение проводилось при различном расстоянии генератора КВЧ-волн от биологического объекта (23 или 35 см) и в течение различного времени (15 и 30 мин).

Проведённые исследования показывают, что облучённые семена поглощают больше влаги чем контрольные в результате увеличения интенсивности метаболических процессов внутри семян, поскольку прироста массы не может из-за отсутствия фотосинтеза.

В процессе дыхания растений большую роль играет пероксидаза. Окисление каких-либо соединений этот фермент осуществляет с помощью перекиси водорода (Ермаков А. И., 1987). В ряде исследований показано КВЧ волны могут изменять состояние кислорода в воде, и привести к образованию перекиси (Гарибов Р. Э., Островский А. В., 1990). Изменение активности пероксидазы проростков ячменя в зависимости от длительности КВЧ воздействия (время облучения 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60 минут.) проводили на 100 семенах пшеницы.

В начале (5 минут) наблюдается резкое снижение активности фермента, затем пероксидазная активность проростков, облученных в течение 10 мин, не отличается от контрольного значения. После 10 мин воздействия идет увеличение активности фермента и с увеличением времени воздействия КВЧ-излучения эта активность мало изменяется.

4.3. Лабораторные опыты

Эксперимент проводится в двух мини-растильнях, в чашках Петри, на дне которых кладётся фильтровальная бумага, увлажняется дистиллированной водой в количестве 1 миллилитр. На следующее утро снова добавляется 1 миллилитр.

Всего в эксперименте используются три группы различной степени облучения семян пшеницы сорта «Лаки», группа семян необлучённая (контроль) и группа семян, обработанная стандартными средствами защиты растений перед посевом филиалов ФГБУ «Госсорткомиссия» по Нижегородской области и ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» по Нижегородской области.

Задача эксперимента – экспериментальным путём показать, что БЭ облучённых СВЧ семян больше, чем необлучённых и химизированных.

В каждой чашке Петри по 50 семян.

Для чистоты эксперимента каждый опыт проводится в 3-х сериях.

Семена пшеницы проращивались в инновационных теплицах-растильнях с закрытой атмосферой с целью поддержания постоянной температуры (20...22 °C) и влажности. В течение всего периода проращивания в чашках Петри поддерживалась оптимальная влажность. Технические условия прорастания семян можно сравнить с термостатом.

Лабораторная всхожесть определялась по стандартной методике -- после проращивания семян в течение 7—8 суток.

Всхожесть — количество нормально проросших семян, выраженное в процентах к пробе, взятой для анализа. К нормально проросшим относятся семена пшеницы, которые имеют корешок не менее длины семени и росток не менее половины длины семени.

4.4. Методы выращивания растительного материала

В лабораторных опытах раскладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу:

- облепиха – 50 семян;
- козлятник – 50 семян;
- пшеницы – 20 семян;
- ячменя – 20 семян;
- гороха – 10 семян.

Проращивание семян проводилось согласно стандартным методикам (ГОСТ 12038-84, 1991; ГОСТ Р 52171 – 2003; ГОСТ Р 52325 – 2005).

4.5. Методы статобработки

Наблюдение, которое зависело в опытах от определяемого показателя, проводили по двум способам:

1. В опытах по определению энергии прорастания, всхожести, среднего времени и средней скорости прорастания – наблюдение проводилось согласно методикам Фефелова, В.А. (НГСХА), Елисеева И.П. (НГСХА, 1986 г.), Рогачёва С.В. (НГСХА, 1984 г.), Рогачёва Э.Д. (1985 г.).
2. Измерение длины первичного корешка проводилась с помощью координатной сетки (миллиметровой бумаги) путём наложения на неё образца с точностью до 1 мм с дальнейшим разбиением проростков по классам длины. Подсчёт проросших семян проводили по окончании опыта.

По абсолютно сухому весу семян находим общую влажность семян и потерю сухого веса.

Эксперименты показали, что влияние ЭМИ существенно влияет на показатели всхожести семян. Причём, одни режимы облучения ЭМИ стимулировали прорастание семян, а другие угнетали.

4.6. Влияние СВЧ излучения на пусковые и ростовые показатели прорастания семян ячменя и гороха

Необходимо выявить закономерности влияния ЭМИ различной интенсивности, в т.ч. и сверхслабой интенсивности (10-8 – 10-15 Вт), на циркадные ритмы растений.

В качестве модельных объектов были выбраны были выбраны семена пшеницы сорта «Московская 56» в количестве 1000 штук и «Московская 39» в количестве 1000 штук. Всего было проведено 10 серий опытов.

В опытах после облучения семена помещали в растильню, где их проращивали при температуре 20-21 градусов Цельсия в течении 4-5 суток по общепринятой методике (см. выше пункт «Методы выращивания растительного материала»).

4.7. Полезный результат

Полезный результат -- повышение всхожести и энергии прорастания достигается путем регуляции физиологических процессов в прорастающих семенах растений с помощью СВЧ-излучения нетепловой интенсивности.

Важными показателями посевных качеств семян, характеризующих потенциальную способность семян к прорастанию, являются энергия прорастания и всхожесть. В качестве пускового показателя прорастания семян, характеризующего выход семян из состояния покоя, выбрана энергия прорастания.

Биологический эффект (БЭ) СВЧ-воздействия, совпадающий с процентом отклонения от контроля после СВЧ-облучения оценивался общепринятым методом (достоверность полученных результатов при $P > 0,95$).

Полевые испытания 2019 и 2020 гг.



Рис. №92. Комбайн

В 2019 и 2020 годах были продолжены опытно-промышленные испытания с целью определения устойчивости положительного эффекта и величины прибавки урожайности для различных сортов подсолнечника и вариаций климатических условий.

- Место проведения испытаний – учхоз «Берёзовка» Борского района
- Площади – 3 га подопытный участок, 1 га -- контрольный
- Сорт – гибрид NC6013 (Сербия)



Рис. №93. Подсолнечник

Сезон 2018 года в данном регионе по климатическим условиям для подсолнечника был благоприятным по сравнению с 2017 и 2016 годами.

Поскольку предлагаемая технология наиболее эффективна при неблагоприятных условиях, то возникал вопрос будет ли сохранен положительный эффект, в данном сезоне.

Результаты испытаний в 2018 году подтвердили стабильность эффекта для благоприятных климатических условий и для новых сортов подсолнечника.

Урожайность в контроле – 20 ц/га в опыте – 28-30 ц/га.

Прибавка урожайности составила ~ 40 %.



Рис. №94. Подсолнечник

На опытном поле растения имели более мощные корни и стебли, более крупные и хорошо наполненные корзинки. Отдельные экземпляры выделялись гигантским размером, у некоторых стебли обламывались под тяжестью корзин.



Рис. №95. Подсолнечник

Контрольный участок более разрежен. Растения имели тонкие стебли и мелкие корзинки.



Рис. №96. Подсолнечник

Корзинки обработанных растений диаметр 12-13 см.

Заполняемость равномерная, плотная.

Корзинки контрольных растений диаметр 7-8 см

Корзинки разреженные к центру

Второе поколение



Рис. №97. Подсолнечник

- 1 – семена второго поколения, урожай с опытного поля;
2 – семена второго поколения, урожай с контрольного поля.

В результате лабораторного исследования энергии прорастания и всхожести семян второго поколения (ГОСТ 12038-84), было выявлено, что семена с опытного поля обладают большей энергией прорастания и ранней всхожестью.

Таким образом, обнаружен ещё один интересный эффект технологии стимулирующей обработки посадочного материала. Получаемые семена, второго поколения, как показали лабораторные исследования, обладают большей энергией прорастания и ранней всхожестью, что является предпосылкой получения большего урожая.

Это факт подлежит опытно-промышленной проверке, которая планируется в сезоне 2021-2022 года.

$$\text{Э} = 8000 \text{руб/т} \cdot 0.8 \text{т/га} = 6400 \text{руб/га}.$$

Лабораторные исследования

Семена подвергались воздействию ЭПКР в следующих режимах:

- напряженность ЭПКР 4,5 кВ/см
- напряженность ЭПКР 5 кВ/см
- напряженность ЭПКР 6 кВ/см

Обработанные семена делились на 2 группы:

- 400 шт. для методики определения энергии прорастания, всхожести и очаговой плесени, ГОСТ 12038-84;
- 400 шт. контрольная группа.

Опыты закладывались через 7 суток отлёжки после воздействия. После закладки семена тестировали по методике ГОСТ 12038-84 через 7 суток.

Методика лабораторных исследований по оценке всхожести, энергии прорастания и очаговой плесени

Оценка всхожести, энергии прорастания и очаговой плесени проводилась по ГОСТ 12038-84.

Семена культуры тщательно перемешивают и отсчитывают 4 пробы по 100 семян. В качестве ложа для проращивания используют увлажнённую фильтровальную бумагу. Растильни с семенами ставят в термостат на проращивание.

Подсчет нормально проросших семян проводят дважды, в первый раз определяют энергию прорастания, во второй – всхожесть. Подсчет ведут по каждой повторности, разделяя проростки на нормально и ненормально проросшие, набухшие и загнившие (очаговая плесень). Для вычисления всхожести семян суммируют количество нормально проросших семян при учёте энергии прорастания и при учёте всхожести и общее их число выражают в процентах.

К числу нормально проросших семян относят семена, имеющие:

-- хорошо развитые корешки (или главный зародышевый корешок), имеющие здоровый вид;

-- хорошо развитые и неповрежденные подсемядольное колено (гипокотиль) и надсемядольное колено (эпикотиль) с нормальной верхушечной почечкой;

-- две семядоли – у двудольных;

-- первичные листочки, занимающие не менее половины длины колеоптиля;

– у злаковых.

При определении энергии прорастания и всхожести семян учитывают также поражение семян плесневыми грибами. Средний процент пораженных семян определяют визуально по четырем пробам и устанавливают степень поражения в соответствии с ГОСТа 12038-84 в процентах.

Таблица

Режим	Дата	№ пробы	энергия	всхожесть	гниль
контроль	14.05	1	32		
		2	34		
		3	35		
		4	31		
		M±m	33,0±0,9		
	16.05	1		45	2
		2		52	3
		3		42	3
		4		51	3
		M±m		47,5±2,4	2,8±0,3
4,5 кВ/см	14.05	1	66		
		2	75		
		3	74		
		4	57		
		M±m	68,0±4,2		
	16.05	1		87	2
		2		89	4
		3		89	0
		4		87	4
		M±m		88,0±0,6	2,5±0,9
5 кВ/см	14.05	1	60		
		2	58		
		3	64		
		4	56		
		M±m	59,5±1,7		
	16.05	1		80	0
		2		79	0
		3		85	6
		4		74	6
		M±m		79,5±2,3	3±1,7
6 кВ/см	14.05	1	48		
		2	44		
		3	46		
		4	47		
		M±m	46,3±0,9		
	16.05	1		59	0
		2		54	1
		3		57	2
		4		55	0
		M±m		56,3±1,1	0,8±0,5

Табл. №18. Зависимость степени облучения от урожайности

Экспериментальные данные исследования влияния электрофизических факторов установки «Садко» на семена подсолнечника сорт «Лакомка»

Обработка 04.05, закладка 11.05.

Таблица

Режим	Дата	№ пробы	энергия	всхожесть	гниль
контроль	29.05	1	92		
		2	90		
		3	92		
		4	89		
		M±m	90,8±0,8		
	31.05	1		81	0
		2		71	0
		3		74	4
		4		66	4
		M±m		73,0±3,1	2,0±1,2
4,5 кВ/см	29.05	1	90		
		2	93		
		3	94		
		4	82		
		M±m	89,8±2,7		
	31.05	1		79	1
		2		82	1
		3		85	1
		4		64	2
		M±m		77,5±4,7	1,3±0,3
5 кВ/см	29.05	1	83		
		2	88		
		3	87		
		4	91		
		M±m	87,3±1,7		
	31.05	1		69	2
		2		78	0
		3		82	1
		4		90	1
		M±m		79,8±4,4	1,0±0,4
6 кВ/см	29.05	1	93		
		2	93		
		3	95		
		4	94		
		M±m	93,8±0,5		
	31.05	1		90	2
		2		91	0
		3		82	2
		4		82	1
		M±m		86,3±2,5	1,3±0,5

Табл. №19. Зависимость степени облучения от урожайности

Экспериментальные данные исследования влияния электрофизических факторов установки «Садко» на семена подсолнечника сорт «Массоня»
Обработка 18.05, закладка 25.05.

Заключение

В засушливое лето проведена апробация электрофизического устройства («Садко»), разработанного в НТЦФ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» для предпосевной стимулирующей и обеззараживающей обработки семян.

Обработки подвергались семена гибрида подсолнечника сортов «Дюрбан» и «Роки», овса сорта «Скакун» на режимах 5 кВ/см, 9 кВ/см, которые были определены как наилучшие для этих культур по результатам лабораторных испытаний.

В полевых условиях для данных культур лучшим оказался режим 9 кВ/см. На всех этапах вегетации посевы из обработанных культур показали более высокую и раннюю всхожесть (~ на 2 дня), обгоняли по фазе развития контрольные посадки, имели более мощную корневую систему, стебли, более развитые корзины у подсолнечника и метелки у овса. Установлен факт сокращения сроков созревания подсолнечника ~ на 10 дней, при этом корзины были больших размеров и практически отсутствовали не наполненные сердцевинки.

Предпосевная обработка привела к увеличению урожайности подсолнечника с 22 ц/га (контроль) до 29 ц/га.

Урожайность овса (расчетная) увеличилась с 9 ц/га (контроль) до 18 ц/га. При этом не применялись такие элементы интенсивных технологий, как химические удобрения, подкормка и протравливание.

Выявлена целесообразность использования для стимулирования всхожести и прорастания при производстве страховых подсевов, в условиях дефицита времени для вегетации.

Выводы

Всхожесть обработанных ЭМИ семян составляет 95-100%, урожайность повышается на 25-40%, содержание клейковины – на 3-5%, расход химических биостимуляторов сокращается на 50%, снижается или полностью исключается применение пестицидов.

По результатам эксперимента с овсом на демонстрационной площадке агрономом, проводившим эксперимент была выполнена расчетная оценка урожайности обработанных растений. В результате выявлено что обработка повысила урожайность в $2\div 2,5$ раза выше контроля. Контроль дал ~ 9 ц/га, а обработанный посев ~ 18 ц/га. И это при неиспользовании на демонстрационной площадке интенсивных технологий (минеральный удобрений, обработки семян стимуляторами, гербицидами) стоимость которых составляет в настоящее время ~ 1000 руб/га.

В жестких климатических условиях 2018 года было списано 70% площадей овса (экономически не выгодно убирать < 5 ц/га). Использование предпосевной стимулирующей обработки семян могло бы поднять урожай (по аналогии с результатами полученными на демонстрационной площадке) до 8 – 10 ц/га, что сделало бы сбор урожая рентабельным и предотвратило бы значительные убытки фермерских хозяйств. Основную массу растений.

Ещё одна сфера применения устройства «Садко» - обработка семян для высева страховых культур, когда существенным фактором, как правило, является нехватка времени для проведения всего цикла предпосевных технологических операций. При пересеве весной поврежденных в процессе зимовки озимых – в хозяйствах не оказалось протравливателей семян, семена (пшеница сорт «саратовская – 89») были обработаны на режиме 5 кВ/см, успешно взошли и дали хороший урожай. По просьбам семеноводческих хозяйств Нижегородской области были проведены обработка и посев озимой пшеницы в пограничные сроки посева. Озимые успешно взошли (на 2-3 дня раньше планируемого). Из-за нехватки времени растения ушли в зиму при

недостаточно большой зеленой массе, но имели хорошо развитую корневую систему такую же, что и ранее посаженные озимые. Это позволило страховым посадкам весной успешно раскуститься и догнать в развитии.

Морфофизиологические показатели роста и развития проростков, выращенных из облучённых СВЧ семян, значительно отличаются от контрольных растений по всем показателям массы, длине, влагоемкости, энергии прорастания, всхожести и скорости роста. Биологический эффект – стимулирование или подавление жизненных функций, зависит от степени СВЧ излучения.

Состояние семенной оболочки играет существенную роль в отклике на воздействие СВЧ.

3. СВЧ воздействие семян и клубней растений приводит к изменению многих биохимических показателей обмена веществ: содержания белков, ферментов, общих липидов, углеводов, витамина С, минеральных элементов – калия, натрия, фосфора. Увеличение или уменьшение эффекта воздействия зависит от режима облучения СВЧ. Содержание жира при СВЧ воздействии семян и клубней растений возрастало от 10 до 30 %.

Разработана математическая модель реакции организма растений на действие СВЧ, в соответствии с которой озон окисляет структуры тканей и «включает» развитие ростовых процессов и защитные механизмы, связанные с антиоксидантной системой организма.

Разработаны способы СВЧ обработки биологических объектов излучением низкой интенсивности с диапазоном частот, сопоставимым с естественной солнечной радиацией, и малым временем облучения, что активизирует или подавляет физиологические процессы в живых системах в зависимости от режимов воздействия.

Практические предложения

Для повышения показателей прорастания семян их облучают СВЧ

излучением низкой и сверхнизкой интенсивности с определённым диапазоном частот в течение непродолжительного времени.

Экологические эффекты

- исключение применения пестицидов для обеззараживания семян благодаря ЭМИ облучению и снижение заболеваемости растений в 2-3 раза;
- безопасность технологии использования ЭМИ по сравнению с другими диапазонами применяемых для активации семян электро-магнитных колебаний, влияющих на генетический аппарат человека;
- безопасность обслуживания агрегата, питающегося от сети 220В или машинного прикуривателя 12В и имеющего блокировочные контакты в корпусе диэлектрического барабана с током безопасности по сравнению с электрокоронными сепараторами, требующими источники высоких напряжений (50-70 кВ) на электропроводах.

Социальные эффекты

- улучшение хлебопекарных качеств зерна;
- повышение содержания клейковины пшеницы из облучённых ЭМИ семян на 3-5%, что обеспечивает первый класс твёрдой пшеницы второй группы качества с содержанием клейковины, не ниже 28%. А при сдаче зерна государству – надбавки к цене в размере 100%.

Экономический эффект

- Повышение всхожести на 15-25%, что способствует рациональному использованию посевных площадей, одновременности фаз вегетационного развития и удобству обработки посевов;
- ускорение созревания культур;

- повышение урожая зерновых культур на 20-30% (пшеницы на 4ц/га), овощных – на 30-50%;
- проведение предпосевной обработки семян за 5-7 дней до посева, так как эффект биостимуляции ЭМИ сохраняется;
- проведение посева после обработки при увеличении интенсивности облучения в трёх поколениях, что способствует экономии электроэнергии;
- снижение расхода минеральных удобрений в связи с улучшением их усвоения и более развитой корневой системой;
- обеспечение прибыли с 1 га зерновых культур – 13 тыс. руб., овощных – 230 тыс.

Рекомендации производству

На семена следующих культур рекомендуем воздействовать ЭПКР в следующих режимах:

Мелкие семена: табак, лук, цветы -- напряженность ЭПКР 4,5 кВ/см

Пшеница, ячмень, овёс и другие злаковые -- напряженность ЭПКР 5 кВ/см

Крупные семена: горох, фасоль и пр. -- напряженность ЭПКР 6 кВ/см

Высев рекомендуется через 7 суток отлёжки после воздействия.

Литература:

1. Гаврилова, А. А. Технология озонирования и ее применение в сельском хозяйстве. / Р. В. Королев, А. В. Чурмасов // Биосистемы: организация, поведение, управление. Материалы 63-й студенческой научной конференции биологического факультета ННГУ 27 апреля 2010 г. - Н. Новгород, ННГУ. - 2010.- с. 54-55.
2. Гаврилова, А. А. Экология воздействия озона на организм растений / А.В. Чурмасов, Т. В. Хохолина // Сб. докл. науч. конфер. «Новое в науке XXI века»: Межвузовский научный сборник. - Н. Новгород, 2010. - вып. 7. - с. 6.
3. Дабахов, М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Титова В.И. Экологическая оценка почв урбанизированных ландшафтов (монография) ISBN 978-5-00036-090-3 Основы агроэкологии: метод. руководство к изучению дисциплины «Сельскохозяйственная экология». Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2014. – 300 с. Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. – 36 с.
4. Дабахова, Е.В., Дабахов М.В., Титова В.И. Методические подходы к оценке ресурсного потенциала сельских территорий. Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 10. – С. 3-6.
5. Ищенко, Л. А. Эффективность озонирования инфицированных микробиотой семян облепихи крушиновидной в зависимости от сроков их хранения / А. А Гаврилова, А. В. Чурмасов, В. Г. Резчиков // Материалы V
6. Всероссийской науч.-практич. конфер. «Озон в биологии и медицине» (Н. Новгород, НГСХА, 21-23 мая 2003 г.). - Нижегородский медицинский журнал, 2003. - с. 294 - 295.
7. Резчиков, В. Г. Генератор для получения озono-воздушной смеси и его

- применение. / А. В. Чурмасов, А. А Гаврилова // Тез докл. Второй Нижегород. сессии молодых ученых (21-25 апреля). - Н. Новгород, 1997. - с. 223.
- 8.** Резчиков, В. Г. Влияние озона на прорастание семян гороха и облепихи / А. В. Чурмасов, А. А Гаврилова, Е. А. Соколова // Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - № 3. - с. 14 - 17.
- 9.** Рябов, Е. А. Влияние КВЧ-излучения сверхслабой интенсивности на прорастание ячменя. / А. В. Чурмасов, А. А Гаврилова // Сб. науч. тр. «Совершенствование технико-эксплуатационных процессов энергетических средств в сельском хозяйстве и на транспорте» - Н. Новгород, НГСХА, 2007. - с. 305 - 309.
- 10.** Патент РФ №2169177 МКИ 7 С 12 С 1/00, А 01 С 1/00. Способ стимулирования прорастания семян. / А. А. Гаврилова, В. Г. Резчиков, А. В Чурмасов. - опубл. 20.06.2001, Бюл. № 17 - 3 с.
- 11.** Патент РФ № 66883, А01С 1/00. Устройство для обработки биообъектов низкоинтенсивным СВЧ излучением / Б. Н. Орлов, А. А Гаврилова, А. В. Чурмасов, М. А. Кревский. - № 2007111431; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28. - 1 с.
- 12.** Патент РФ № 2 344 590, МКИ С2 А01С 1/00. Способ СВЧ-обработки семян / Б. Н. Орлов, А. А Гаврилова, А. В. Чурмасов. - № 2006 13 67 80; опубл. 27.01.2009, Бюл. № 3. - 3 с.
- 16.** Патент РФ № 2 388 220 МКИ С2 А01С 55/00. Способ СВЧ-обработки пчел / Б. Н. Орлов, А. А Гаврилова, А. В. Чурмасов. - № 2008123593/12; опубл. 10.05.2010, Бюл. № 13. - 3 с.
- 13.** Самоделкин, А.Г., Титова В.И., Дабахова Е.В. Проблемы утилизации органических отходов на свиноводческих предприятиях промышленного типа. Агрохимический вестник. – 2013. – № 1. – С. 31-33.
- 14.** Титова, В.И. Проблемы современного сельского хозяйства на стыке агрохимии и агроэкологии, Состояние и перспективы агрохимических

- исследований в географической сети опытов с удобрениями: Матер. междунар. научно-метод. конф. учреждений-участников Геосети России и стран СНГ (10-11 июня 2010 г.) / М.: ВНИИА, 2010. – С. 41-46.
- 15.** Титова, В.И. Дабахова Е.В., Сметов Д.Б., Изучение микробиологических и ростстимулирующих препаратов на кормовых культурах, Агрохимический вестник. – 2011. – № 2. – С. 31-33.
- 16.** Титова, В.И. История создания и современное состояние кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА. Нетрадиционные источники и приемы организации питания растений // Матер. междунар. научно-практ. конф., посв. 90-летию кафедры агрохимии Нижегородской ГСХА. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. – С. 20-27.
- 17.** Титова, В.И., Варламова Л.Д. Гусева О.В. Влияние биоудобрения Азобактерин-АФ на посевные качества семян культурных растений и агрохимическое состояние почвы. Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 3. – С. 13-16.
- 18.** Титова, В.И., Забегалов Н.В., Гейгер Е.Ю. Оценка способности цеолита к детоксикации загрязненных почв. Сельское хозяйство – проблемы и перспективы /Сб. научн. тр. // МСХ и природопользования Республики Беларусь, Гродно: ГГАУ, 2012. – С. 180-185.
- 19.** Титова, В.И., Самоделкин А.Г., Дабахова Е.В., Ветчинников А.А. Показатели плодородия почв как диагностические признаки нарушения земель сельскохозяйственного назначения. Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 12. – С. 24-26.
- 20.** Титова, В.И., Дабахова Е.В. Основные направления консультационных услуг по агроэкологии для отрасли растениеводства в современном сельскохозяйственном производстве. Экологические функции агрохимии: Мат-лы 7-го симпозиума ученых агрохимиков и агроэкологов «Агрохимэкодружества», Минск, 13-15 июня 2012 г. – Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2012. – С. 151-156.

- 21.** Титова, В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В., Ветчинников А.А. Значение и нормативно-методическое обеспечение этапа пробоотбора почв в почвенно-экологических изысканиях. Проблемы агрохимии и экологии. – 2013. – № 1. – С. 53-55.
- 22.** Титова, В.И., Самоделкин А.Г., Дабахова Е.В., Еремин Н.С. Прогнозная оценка потерь сельхозпроизводства Нижегородской области от предполагаемого подъема уровня водохранилища Чебоксарской ГЭС. Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 9. – С. 13-15.
- 23.** Титова, В.И., Дабахова Е.В., Ветчинников А.А. К вопросу оценки воздействия возможного подъема уровня Чебоксарского водохранилища до отметки 68 м на почвы как основное средство сельхозпроизводства Нижегородской области. Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО РГАТУ; под ред. Н.В. Бышова. – Рязань, 2013. – С. 205-212.
- 24.** Титова, В.И., Вершинина И.В. Направленность сукцессионных процессов фитоценоза нарушенных почв как критерий оценки способности натурбиогеноценоза к самовосстановлению. Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 4. – С. 21-24.
- 25.** Титова, В.И. Оценка степени нарушенности почв сельскохозяйственных угодий по агрохимическим показателям и фитоценозу. Агроэкология. – 2014. – № 1. – С. 34-38.
- 28.** Титова, В.И. К вопросу оценки влияния строительства и ремонта магистральных трубопроводов на почву. Почва – национальное богатство. Пути повышения ее плодородия и улучшения экологического состояния: материалы Всеросс. научно-практ. конф. 2-3 июля 2015 г., Ижевск /ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА; ФГБНУ Удмуртский НИИСХ. – Ижевск: ООО «Союз оригинал», 2015. – С. 222-230.

29. Титова, В.И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях. *Агрохимический вестник*. – 2016. – № 1. – С. 2-7.
30. Титова, В.И., Дабахова Е.В., Ветчинников А.А., Шахов С.С., Сеньчева Е.В. Оценка техногенного воздействия на почвы земель сельскохозяйственного назначения и предложения по их рекультивации. *Экологический вестник Северного Кавказа*. – 2016. – №2. – С. 56-61.
31. Титова, В.И., Дабахова Е.В., Ветчинников А.А. Основные элементы базовой технологии биологической рекультивации техногенно нарушенных почв. Матер. X Международн. Симпозиума «Совершенствование методологии агрохимического обеспечения современного земледелия» / под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2017. – С. 192-200.
32. Титова, В.И. Понятие агрохимикатов, современные тренды их применения в отрасли земледелия АПК России. *Агрохимический вестник*. – 2017. – № 2. – С. 6-9.
33. Титова, В.И., Ветчинников А.А., Жданкин Г.В. Некоторые эколого-правовые и экономические аспекты неиспользования сельскохозяйственных земель по целевому назначению. *Агрохимический вестник*. – 2017. – № 2. – С. 51-54.
34. Титова, В.И., Гейгер Е.Ю., Кечкова Е.В. Влияние удобрений серии Изагри на молодые растения яровой пшеницы в вегетационном опыте на песчаной культуре. *Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения* / Материалы международн. научно-практич. конф. / под общ. ред. В.И. Титовой. – Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. – С. 139-142.
35. Титова, В.И. Вопросы охраны почв и земель сельхозназначения в нормативно-законодательных актах Российской Федерации. *Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения* / Материалы международн. научно-практич. конф. / под общ. ред. В.И. Титовой. – Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. – С. 280-283.
36. Титова, В.И. К вопросу оценки ущерба окружающей среде от деградации почв. V междунар. научн. конф. *Эволюция и деградация почвенного покрова*

/ Сб. научн. статей по матер. V Междунар.научн.конф. // Ставрополь, СтГАУ: Секвойя, 2017 – С. 55-57.

37. Титова, В.И., Гейгер Е.Ю., Акопджанян Э.М. Влияние препаратов-деструкторов на процессы минерализации органического вещества свиного навоза в составе торфонавозных компостов. Технологические аспекты современного аграрного производства и охраны окружающей среды / Мат-лы XIII междунар. научно-практ. конф. 8-11.11.2017 г.// Алматы, Казак университеті, Казахстан. – 2017. – С. 86-88.

38. Титова, В.И. , Ветчинникова О.И. Оценка способности фосфора минеральных удобрений к миграции по глубине почвы. АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 1(31) (растениеводство).
http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/1/st_141.doc.

39. Титова, В.И. Химия и природа – антогонисты или союзники? Роль химических технологий в развитии сельского хозяйства. АНАЛИТИКА. – 2018. – №2 (39). – С. 32-33.

40. Титова, В.И., Ветчинников А.А., Гордеев В.М. Оценка состояния почвы, подвергшейся термическому воздействию при аварии на магистральном газопроводе. Агрохимический вестник. – 2018. – № 1. – С. 41-45.

41. Титова, В.И. Оптимизация применения азотных и калийных удобрений на почвах с высоким содержанием фосфора. Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 1 (21). – С. 87-93.

42. Титова, В.И., Дабахов М.В., Ветчинников А.А., Гордеев В.М. Влияние мероприятий по локализации пожаров на торфяных почвах на их агрохимическую характеристику. Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – №2 (362). – С. 23-27.

43. Титова, В.И. Подходы к оценке состояния техногенно трансформированных почв после проведения биологической рекультивации. Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их урегулированию при длительном применении систем удобрения в разных

почвенно-климатических зонах», 17-18.04.2018 г. / Матер. междунар. научн. конф. М.:ВНИИА, 2018. – С. 284-288.

44. Титова, В.И., Гейгер Е.Ю., Акопджанян Э.Т., Рыбин Р.Н. Результаты лабораторных испытаний опытных образцов энзимного препарата для очистки сточных вод свинокомплекса. Теоретические и прикладные проблемы АПК. – 2018. – №3. – С. 61-65.

45. Титова, В.И., Ветчинников А.А., Семенова Е.И. Влияние системы удобрения светло-серой лесной легкосуглинистой почвы на её устойчивость к антропогенному воздействию. Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – №5 (365). – С. 59-61.

46. Титова, В.И. Подходы к выбору показателей и опыт оценки способности почвенного покрова к выполнению общебиосферных функций. Аграрная наука Евро-Северо-Востока.

47. Титова, В.И., Дабахова Е.В. Охрана окружающей среды (учебное пособие с грифом Минсельхоза РФ), Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2003. – 213 с.

48. Титова, В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В. Рекомендации по оценке экологического состояния почв как компонента окружающей среды (научно-методическое пособие). Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2004. – 68 с.

49. Титова, В.И., Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Краснов Д.Г. Рекомендации по экологической оценке и мерам снижения загрязнений почв и прилегающих к сельскохозяйственным угодьям компонентов окружающей среды (научно-методическое пособие). Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 60 с.

50. Титова, В.И., Дабахов М.В., Дабахова Е.В. Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве (учебное пособие с грифом УМО). Нижегородская гос. с.-х. акад. – Н. Новгород: Изд-во ВВГАС, 2009. – 178 с.

51. Муравин, Э.А., Титова В.И. Агрохимия (рекомендовано МСХ РФ в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся

по агрономическим специальностям) (учебник с грифом МСХ РФ). М.: Колос С, 2009. – 463 с.: с ил.

52. Титова, В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В. Агро- и биохимические методы изучения состояния экосистем (учебное пособие с грифом УМО). Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. – 170 с.

53. Титова, В.И., Козлов А.В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества (научно-методическое пособие). Н. Новгород: НГСХА, 2012. – 64 с.

54. Титова, В.И., Бусоргин В.Г., Варламова Л.Д., Дабахова Е.В., Ветчинников А.А., Саков А.П., Орлов П.В. Справочник агронома-эколога (учебное пособие). Н. Новгород: НГСХА, Нижегородский НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии, 2012. – 76 с.

42.

55. Титова, В.И. Агроэкология (учебное пособие с грифом УМО). Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2018. – 208 с.

56. Чурмасов, А. В. Электрические явления в живых системах. Часть 3. Электрокинетические явления. / А. А Гаврилова / Методическое пособие к лабораторным работам по биофизике. - Н. Новгород, НГСХА, 2001. - с. 36.

57. Чурмасов, А. В. Математическая модель реакции на озоновое воздействие / В. Г. Резчиков, А. А Гаврилова // Достижения науки и техники АПК. - 2002. - № 11. - с. 12 - 15.

58. Чурмасов, А. В. Собственные электромагнитные излучения биосистем / А. А Гаврилова // Материалы междунар. науч.-практич. конфер. НГСХА «Ресурсосберегающие технологии и технические средства в агропромышленном комплексе» - Н. Новгород, НГСХА, 2010. - с. 353 - 358.

59. Чурмасов, А. В. Влияние высоких доз озона на прорастание семян облепихи, инфицированной эндофитной микробиотой / А. А Гаврилова, Ищенко Л. А. // Сб. докл. XXII Мичуринских Чтений, г. Мичуринск, 26-28 октября 2010 г. - Мичуринск-Наукоград, 2010. - с.318 - 321.

60. Ark, P. A. and W. Parry, "Application of high-frequency electrostatic fields in agriculture," *The Quarterly Review of Biology*, vol. 15, no. 2, pp. 172–191, 1940.
61. Heap, I. M., "The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide," *Pesticide Science*, vol. 51, no. 3, pp. 235–243, 1997.
62. Sartorato, I., G. Zanin, C. Baldoin, and C. De Zanche, "Observations on the potential of microwaves for weed control," *Weed Research*, vol. 46, no. 1, pp. 1–9, 2006.
63. Tran, V. N., "Effects of microwave energy on the strophiole, seed coat and germination of acacia seeds," *Australian Journal of Plant Physiology*, vol. 6, no. 3, pp. 277–287, 1979.
64. Headlee, T. J., "The difference between the effect of radio waves on insects and on plants," *Journal of Economic Entomology*, vol. 24, no. 2, pp. 427–437, 1931.
65. McKinley, G. M., "Some biological effects of high-frequency electrostatic fields," *Proceedings of the Pennsylvania Academy of Science*, vol. 4, pp. 43–46, 1930.
66. Davis, F. S., J. R. Wayland, and M. G. Merkle, "Ultrahigh-frequency electromagnetic fields for weed control: phytotoxicity and selectivity," *Science*, vol. 173, no. 3996, pp. 535–537, 1971.
67. Davis, F. S., J. R. Wayland, and M. G. Merkle, "Phytotoxicity of a UHF electromagnetic field," *Nature*, vol. 241, no. 5387, pp. 291–292, 1973.
68. Wolf, W. W., C. R. Vaughn, R. Harris, and G. M. Loper, "Insect radar cross-sections for aerial density measurements and target classification," *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, vol. 36, no. 3, pp. 949–954, 1993.
69. Haller, H. E., "Microwave Energy Applicator," patent, 2002/0090268A1, 20020090268A1, United States, 2002.
70. Clark, W. J. and C. W. Kissell, "System and Method for In Situ Soil Sterilization, Insect Extermination and Weed Killing," patent, 2003/0215354A1, 20030215354A1, United States, 2003.
71. Grigorov, G. R., "Method and System for Exterminating Pests, Weeds and Pathogens," patent, 20030037482A1, 20030037482A1, United States, 2003.

72. Nelson, S. O., "A review and assessment of microwave energy for soil treatment to control pests," *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, vol. 39, no. 1, pp. 281–289, 1996.
73. Brodie, G., C. Botta, and J. Woodworth, "Preliminary investigation into microwave soil pasteurization using wheat as a test species," *Plant Protection Quarterly*, vol. 22, no. 2, pp. 72–75, 2007.
74. Brodie, G., S. Hamilton, and J. Woodworth, "An assessment of microwave soil pasteurization for killing seeds and weeds," *Plant Protection Quarterly*, vol. 22, no. 4, pp. 143–149, 2007.
75. Bigu-Del-Blanco, J., J. M. Bristow, and C. Romero-Sierra, "Effects of low level microwave radiation on germination and growth rate in corn seeds," *Proceedings of the IEEE*, vol. 65, no. 7, pp. 1086–1088, 1977.
76. Brodie, G., "Simultaneous heat and moisture diffusion during microwave heating of moist wood," *Applied Engineering in Agriculture*, vol. 23, no. 2, pp. 179–187, 2007.
77. Connor, F. R., *Antennas*, Edward Arnold, London, UK, 1972.
78. Brodie, G. I., "The influence of load geometry on temperature distribution during microwave heating," *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, vol. 51, no. 4, pp. 1401–1413, 2008.
79. Brodie, G., "Microwave heating in moist materials," in *Advances in Induction and Microwave Heating of Mineral and Organic Materials*, pp. 553–584, InTech, Vienna, Austria, 2011.
80. Ferriss, R. S., "Effects of microwave oven treatment on microorganisms in soil," *Phytopathology*, vol. 74, no. 1, pp. 121–126, 1984.
81. Cooper, A. and G. Brodie, "The effect of microwave radiation on key soil parameters," *Plant Protection Quarterly*, vol. 24, no. 2, pp. 67–70, 2009.
82. Vriezinger, C. A., "Thermal runaway and bistability in microwave heated isothermal slabs," *Journal of Applied Physics*, vol. 79, no. 3, pp. 1779–1783, 1996.

83. Parris, P. E. and V. M. Kenkre, "Thermal runaway in ceramics arising from the temperature dependence of the thermal conductivity," *Physica Status Solidi B*, vol. 200, no. 1, pp. 39–47, 1997.
84. Ward, M. J., "Thermal runaway and microwave heating in thin cylindrical domains," *IMA Journal of Applied Mathematics*, vol. 67, no. 2, pp. 177–200, 2002.
85. Ulaby, F. T. and M. A. El-Rayes, "Microwave dielectric spectrum of vegetation: part II: dual-dispersion model," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. GE-25, no. 5, pp. 550–557, 1987.
86. Vriezinger, C. A., "Thermal profiles and thermal runaway in microwave heated slabs," *Journal of Applied Physics*, vol. 85, no. 7, pp. 3774–3779, 1999.
87. Vriezinger, C. A., S. Sánchez-Pedreno, and J. Grasman, "Thermal runaway in microwave heating: a mathematical analysis," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 26, no. 11, pp. 1029–1038, 2002. View at: Publisher Site | Google Scholar
88. Borger, J. and R. Madin, *Paddy and Afghan Melons*, Department of Agriculture Western Australia, Perth, Australia, 2005.
89. Leys, A. R., R. L. Amor, A. G. Barnett, and B. Plater, "Evaluation of herbicides for control of summer-growing weeds on fallows in south-eastern Australia," *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 30, no. 2, pp. 271–279, 1990.
90. Yu, Q., A. Cairns, and S. Powles, "Glyphosate, paraquat and ACCase multiple herbicide resistance evolved in a *Lolium rigidum* biotype," *Planta*, vol. 225, no. 2, pp. 499–513, 2007.
91. McKenzie, R. A., R. D. Newman, A. C. Rayner, and P. J. Dunster, "Prickly paddy melon (*Cucumis myriocarpus*) poisoning of cattle," *Australian Veterinary Journal*, vol. 65, no. 6, pp. 167–170, 1988.
92. Cunningham, G. M., W. E. Mulham, P. L. Milthorpe, and J. H. Leigh, *Plants of Western New South Wales*, Inkata Press, Melbourne, Australia, 1992.
93. Gibbons, J. D., *Nonparametric Statistical Inference*, Marcel Dekker, New York, NY, USA, 1985.

94. Pasha, M. K. and R. K. Das, "Quick viability test of soybean seeds by using tetrazolium chloride," *Seed Science and Technology*, vol. 10, no. 3, pp. 651–655, 1982.
95. Salisbury, F. B. and C. W. Ross, *Plant Physiology*, Wadsworth Publishing Company, Belmont, Calif, USA, 4th edition, 1992.
96. Mari, G. R. and J. Chengying, "Energy analysis of various tillage and fertilizer treatments on corn production," *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, vol. 2, no. 5, pp. 486–497, 2007.
97. Helsel, Z. R., "Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use," in *Energy in Farm Production*, vol. 6, pp. 177–201, Elsevier, New York, NY, USA, 1992.
98. Hülsbergen, K. J., B. Feil, S. Biermann, G. W. Rathke, W. D. Kalk, and W. Diepenbrock, "A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial," *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 86, no. 3, pp. 303–321, 2001.
99. Langner, H. R., H. Böttger, and H. Schmidt, "A special vegetation index for the weed detection in sensor based precision agriculture," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 117, no. 1, pp. 505–518, 2006.