Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр овощеводства»

(ФГБНУ ФНЦО)

ИНСТРУКЦИЯ

ИСПЫТАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ПОСЕВОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ АППАРАТА «ТОР»

Москва • 2026 год

Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр овощеводства»
(ФГБНУ ФНЦО)

ИНСТРУКЦИЯ ИСПЫТАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ПОСЕВОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ АППАРАТА «ТОР»

Москва
2026 год

УДК: 581.1:631.42:631.52
ББК: 40.3:40.42

Кайгородова И.М., Солдатенко А.В., Козарь Е.Г., Ушаков В.А., Бондарчук Е.В., Грязнов В.Г., Колесник А.В. Инструкция испытания эффективности обработки семян сельскохозяйственных культур и посевов электромагнитным излучением аппарата «Тор» / М.: Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2026. – 32 с.
DOI: 10.18619/978-5-901695-98-2-2026.

ISBN: 978-5-901695-98-2

Авторы:

Кайгородова И.М. – кандидат с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО

Солдатенко А.В. – доктор с.-х. наук, академик РАН

Козарь Е.Г. – кандидат с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО

Ушаков В.А. – кандидат с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО

Бондарчук Е.В – вице-президент Научного центра АО «Концерн ГРАНИТ»

Грязнов В.Г. – кандидат физико-математических наук, заместитель руководителя научного центра АО «Концерн ГРАНИТ»

А.В. Колесник – главный специалист отдела волнового оборудования АО «Концерн ГРАНИТ»

Рецензенты:

Архипов М.В. – *доктор биол. наук, ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт*

Юдин А.А. – *кандидат экон. наук, ФГБУН ФИЦ Коми научный центр Уральского отделения РАН*

Меньших А.М. – *кандидат с.-х. наук, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО*

Янченко А.В. – *кандидат с.-х. наук, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО*

Ответственный редактор:

Тареева М.М. – *кандидат с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО*

Инструкция посвящена схеме исследований по разработке и эффективности экологически безопасной технологии предпосевной обработки семян и посевов с помощью импульсного электромагнитного излучения (ЭМИ) аппарата «ТОР», которая позволяет за счет индукции эустресса повысить энергию прорастания, стрессоустойчивость и продуктивность сельскохозяйственных культур. Цель работы – стандартизация протоколов ЭМИ-обработки для стимуляции роста, повышения всхожести (в том числе некондиционных семян), сохранения жизнеспособности посевного материала, повышения стрессоустойчивости растений, урожайности и качества продукции. Инструкция включает четыре этапа исследований. На первом, лабораторном, подбирают экспозицию от одной до тридцати минут с последующей оценкой энергии прорастания и всхожести. Второй этап – вегетационные опыты, где рассчитывают эффективность по морфометрическим и биохимическим показателям всходов. Третий этап – рекогносцировочные полевые испытания с учетом урожайности на делянках 1-5 м²: обработка семян до посева или после посева в поле на следующий день с учетом дальности действия ЭМИ (до 900 метров). Четвертый этап – производственные испытания на площади от одного гектара, включая применение беспилотного летательного аппарата на высоте 200-600 метров с встроенным генератором «ТОР», что позволяет обрабатывать до 10 000 га за утренние часы. Инструкция адаптивна: параметры обработки (экспозиция, частота, расстояние) подбираются в зависимости от вида культуры, сорта, состояния партии семян и конкретных задач исследования.Внедрение разработанных протоколов практического использования этой технологии позволит ускорить рост и развитие растений, повысить иммунный статус посевов, увеличить урожайность и повысить качество получаемой сельскохозяйственной продукции. Технология полностью соответствует трендам мирового земледелия, в том числе и органического, имеет высокую коммерческую ценность для сельхозпроизводителей.

Ключевые слова: предпосевная обработка, обработка посевов, электромагнитные излучения (ЭМИ), Аппарат «ТОР», биостимуляция, всхожесть, урожайность, стрессоустойчивость

Исследования выполнены в рамках Государственного задания FGGF-2025-0002 и в рамках договора о научном сотрудничестве ФГБНУ ФНЦО и АО «Концерн ГРАНИТ» от 23 июля 2024 года

ISBN 978-5-901695-98-2



® Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства», 2026

® Коллектив авторов, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

2. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ 8

2.1. Оборудование 8

2.2. Материал 8

3. МЕТОДЫ И ЭТАПЫ РАБОТЫ 9

3.1. Методы 9

3.2. Этапы испытаний 9

Этап 1 – Лабораторные испытания 9

Этап 2 – Вегетационные испытания. 10

Этап 3 – Рекогносцировочные полевые испытания 11

Этап 4 – Производственные полевые испытания 14

Этап 4.1. – Производственные полевые испытания с применением БПЛА 14

4. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБРАБОТКИ И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ 16

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ЭМИ-ОБРАБОТКИ АППАРАТА «ТОР» 17

Список опубликованных работ по результатам исследования 19

Источники литературы 22

ПРИЛОЖЕНИЯ 27

ВВЕДЕНИЕ

Стратегическая значимость сельскохозяйственных культур, определяет необходимость совершенствования агротехнологий с акцентом на экологическую безопасность и устойчивость производства. В данном контексте перспективным направлением выступает применение физических методов предпосевной обработки семян и посевов, позволяющих комплексно решать актуальные задачи: повышать энергию прорастания, усиливать стрессоустойчивость растений и увеличивать продуктивность агроценозов при существенном сокращении использования химических препаратов, которые относят к традиционным методам праймирования, обладающими существенными ограничениями, связанными с риском химического загрязнения агроэкосистем. Альтернативу составляют экологически безопасные и экономически эффективные методы физического воздействия ионизирующими (рентгеновское и гамма-излучение) и неионизирующими (ультразвуковые волны, магнитное поле, микроволновое и инфракрасное излучение, слабые электромагнитные волны радиодиапазона, включая крайне высокие частоты (КВЧ)) видами излучения. При этом, неионизирующее излучение имеет определённые преимущества, поскольку оно не генерирует заряженные ионы при прохождении через объект, но обладает оптимальными характеристиками для возникновения биологических эффектов в результате эффекта эустресса (форма стресса, не наносящая вреда организму, но инициирующая адаптивную, защитную реакцию на его воздействие).

Праймирование семян электромагнитными полями представляет собой наиболее перспективный метод для сельскохозяйственной практики, основанный на использовании как статического магнитного поля (СМП), так и переменного электромагнитного излучения (ЭМИ). Несмотря на то, что естественное магнитное поле Земли варьируется в диапазоне 25-65 мкТл (0,25-0,65 Гс) и является неотъемлемым компонентом окружающей среды [1], механизм влияния различных параметров магнитных полей (частоты, формы и интенсивности) на ростовые процессы растений остается недостаточно изученным [2]. Тем не менее, многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о положительном влиянии предпосевной магнитной

обработки на морфофизиологические параметры различных видов растений и демонстрируют эффективность ЭМИ-прайминга семян в повышении продуктивности агроценозов [3-5]. Экологическая безопасность, экономическая эффективность и неинвазивность метода обуславливают его растущую популярность в агротехнологиях [6-9].

Установлено, что магнитная обработка способна повышать энергию прорастания семян и биомассу проростков, стимулировать развитие корневой системы и рост вегетативной части растений, увеличивать площадь листовой поверхности, содержание фотосинтетических пигментов и накопление сухой массы у различных сельскохозяйственных культур [10-14]. В частности, ЭМИ-праймирование семян приводило к усилению ростовых параметров и биопродуктивности салата [15], у других растений сопровождалась активацией осморегуляции в клетках, накоплением вторичных метаболитов, стимуляцией антиоксидантных систем и улучшением питательной ценности продукции [16-19]. Несмотря на убедительные экспериментальные данные, физиологические механизмы воздействия ЭМИ на семена требуют дальнейшего изучения [11].

Важным направлением современных исследований является изучение влияния ЭМИ на фитогормональный статус семян, поскольку изменение баланса растительных гормонов может быть ключевым фактором в регуляции прорастания [5, 20]. Предварительные данные свидетельствуют о способности ЭМИ-обработки модулировать гормональный баланс, способствуя выходу семян из состояния покоя и повышению всхожести семян различных культур – подсолнечника [21], пшеницы, ячменя, томата, кукурузы, а также некоторых плодовых и древесных видов [22].

В то же время накоплен значительный объём данных, позволяющий рассматривать ЭМИ как перспективный метод повышения качества роста и развития сельскохозяйственных культур. Газохроматографическим методом установлено, что семена гороха, подвергнутые предпосевной обработке ЭМИ в стрессовых условиях, развивают стресс-протекторную функцию [23].У культуры ячменя в результате изменения баланса фитогормонов отмечена стимуляция корневой системы и ассимиляционной поверхности растений за счет увеличения со-

держания ауксинов в 1,5 раза, увеличились густота продуктивных стеблей, длина колоса, завязываемость семян и масса 1000 семян, что в конечном итоге привело к повышению урожайности более чем на 10% [24]. Экспериментально показана эффективность импульсного электромагнитного прайминга как перспективного метода с выраженным дозозависимым эффектом для экологически безопасного обеззараживания семенного материала в системах устойчивого земледелия [24]. Важным аспектом является индукция стрессоустойчивости: воздействие магнитным полем 100 мТл в течение 30 минут с последующим набуханием семян томата активировало сигнальный путь H_2O_2, повышая устойчивость растений к различным стрессовым факторам [25].

Однако получение максимальной эффективности при применении ЭМИ зависит от различных факторов: интенсивность и длительность его воздействия, культура, сорт, возраст, плоидность и строение самого семени. Полученные видоспецифические реакции, наблюдаемые в разных исследованиях, предполагают, что использование ЭМИ в предпосевной подготовке семян должно быть адаптировано не только к виду или сорту, а даже к конкретной партии [27, 28]. В связи с чем, специалисты разрабатывают различные типы излучателей и протоколы их применения в сельскохозяйственной практике [29-31]. Одной из таких передовых современных разработок является аппарат «ТОР» производства АО «Концерн ГРАНИТ» (Патент РФ №2765973 от 07 февраля 2022 года [32]), создающий широкополосное, неионизирующее нетепловое импульсное электромагнитное излучение в различных экспозиционных режимах. Предварительные исследования на ряде культур (пшеница, ячмень, подсолнечник, горох и др.) уже показали перспективность его применения для ЭМИ-праймирования семян непосредственно перед посевом, а также в поле после их посева. В настоящее время ведется интенсивная работа по разработке стандартов и протоколов его использования для различных сельскохозяйственных культур с учетом биологических особенностей вида (сорта) и агроклиматических условий региона возделывания, основным принципам и этапам проведения которой и посвящены данные методические рекомендации.

Цель работы – разработка технологии и стандартизация протоколов ЭМИ-праймирования семян сельскохозяйственных культур с использованием аппарата «ТОР» для повышения посевных качеств семян, иммунного статуса, роста и продуктивности растений.

Направления использования ЭМИ-обработки:

– сохранение жизнеспособности семян в период длительного хранения;

– повышение посевных качеств некондиционных семян;

– стимуляция роста, развития и продуктивности растений.

Задачи:

– определить оптимальные параметры ЭМИ (диапазон, частота, мощность, экспозиция, комбинация частот и перерывов) обработки семян (лабораторные и вегетационные опыты, рекогносцировочные полевые испытания) в зависимости от вида (сорта) испытываемых культур и задачи исследований;

– разработать рекомендации и пошаговую технологию обработки семян по применению в производственных условиях.

2. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

2.1. Оборудование:

генератор ЭМИ – Аппарат «ТОР» производства АО «Концерн ГРАНИТ», (рис. 1). Габариты 205,4х185,1х432 мм, масса аппарата без упаковки 8,5 кг, максимальная мощность – 150 Вт, рабочая мощность – 12 Вт, потребляемая мощность в режиме ожидания – 2 Вт, диапазон рабочей температуры от -20°С до +40°С, напряжение 220 V, перестраиваемая частота импульсов 30-5000 Гц. Дополнительно: источник бесперебойного питания (для полевых обработок стационарно); при авиаобработке БПЛА модель «Ось-25» производства АО «Концерн ГРАНИТ». Инструкция по работе с прибором прилагается (приложение 1).



Рис. 1. Аппарат «ТОР»

Вспомогательное оборудование: термостаты с рабочим диапазоном температур 10-30°С, чашки Петри, фитолампы, контейнеры пластиковые (растильни) разного размера для проращивания семян, фильтровальная бумага, кварцевый песок, перлит (вермикулит), грунт (торфосмесь). Средства индивидуальной защиты – не требуются. Дополнительно: оборудование и реактивы для проведения лабораторных и биохимических анализов (при необходимости).

2.2. Материал

Семена сельскохозяйственных культур разных сортов (не менее трех) с различными посевными качествами, чтобы оценить отзывчивость культуры на ЭМИ-обработку семян в целом и выявить сортовую специфику. В случае необходимости использования в работе протравленные, инкрустированные или дражированные партии семян важно соблюдать меры предосторожности с использованием средств индивидуальной защиты.

3. МЕТОДЫ И ЭТАПЫ РАБОТЫ

3.1. Методы

Закладку лабораторных, вегетационных и полевых опытов, наблюдения и учеты проводить согласно общепринятым методикам: ГОСТ 12038-84; ГОСТ 12041-82; ГОСТ 12042-80; Методика полевого опыта (1985); Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1975); Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве (1979); Широкий унифицированный классификатор СЭВ (1974-1990); Основные методы фитопатологических исследований (1974); Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры (1989); Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый общая часть (2019). Математическая обработка полученных экспериментальных данных проводится методами статистического анализа ANOVA с использованием ПО EXCEL 2010 и ПО СТАТСОФТ по стандартным методикам.

3.2. Этапы испытаний

Этап 1 – Лабораторные испытания

Для предварительной оценки отзывчивости культуры на воздействие электромагнитными излучениями проводят лабораторные исследования. Время экспозиции – от одной минуты до 30 минут. Работу можно разделить на две серии опытов: 1) предварительная обработка с широким шагом 5 минут (5, 10, 15, 20, 25, 30); 2) корректирующая обработка в наиболее оптимальном временном диапазоне с интервалом 2 минуты (чаще используют от 3 до 15 с шагом 2 минут).

Подготовка материала. Из отобранной в партии семян средней пробы отсчитывают по 50 или 100 штук семян (в зависимости от культуры) на каждую экспозицию, плюс контроль, повторность – пятикратная. Отобранные семена помещают в бумажную или тканевую упаковку (не фольгированную) с маркировкой вариантов и повторностей.

Обработка. Для ЭМИ-обработки выбирают изолированное помещение с минимальным наличием (лучше с полным отсут-

ствием) отражающих элементов (железные шкафы, столы, батареи и пр.). Каждый опытный вариант обрабатывают отдельно, размещая объект от излучателя на расстоянии не менее трёх метров (3-5 м). Контрольный вариант в период проведения должен быть изолирован в другом помещении и защищен от ЭМИ аппарата «ТОР» с помощью, заземленных фольги или металлического шкафа. Обработку проводят в утренние часы (5:00-11:00) и в этот же день обработанные и контрольные семена высевают для оценки посевных качеств.

Учеты и наблюдения. Семена проращивают в соответствующих условиях в зависимости от вида культуры и на определенные сутки определяют энергию прорастания (%) и лабораторную всхожесть (%), согласно ГОСТ 12038-84.

В дальнейшую работу включают: для кондиционных партий семян со всхожестью выше 95% – варианты без снижения показателей; для некондиционных партий семян – варианты с наибольшим положительным эффектом повышения энергии прорастания или лабораторной всхожести.

Этап 2 – Вегетационные испытания

На данном этапе основная задача – подобрать оптимальную экспозицию обработки для конкретного сорта испытываемой культуры и оптимальный способ обработки (до посева или после посева в грунт).

Подготовку и ЭМИ-обработку проводят в утренние часы:

- воздушно-сухих семян – аналогично пункту 3.1., с последующим посевом в пластиковые контейнеры подходящего объёма для каждого вида семян, заполненные субстратом (увлажненные до 80% от ПВ прокаленный песок, перлит, вермикулит или торфосмесь);
- ЭМИ-обработка контейнеров с предварительно высеянными за 24 часа в грунт необработанными семенами – также согласно пункту 3.1.

Контейнеры опытных и контрольных вариантов размещают в одинаковых условиях на стеллажах с фитолампами. Проращивать семена до появления всходов можно без освещения, накрыв контейнеры материалом (пленка, ткань, лутрасил, бумага) для исключения быстрого пересыхания. Уход за посевами заключается в своевременном поливе и соблюдении соответствующего фотопериода день/ночь (16 ч/8 ч) после появления первых всходов

Учеты и наблюдения. Оценку эффективности воздействия ЭМИ-обработки проводят в динамике по мере появления всходов и развития проростков. Продолжительность опыта от всходов до проведения последнего учета может составлять от десяти суток до одного месяца в зависимости от вида культуры и задач исследования. Отмечают следующие показатели: оранжерейная всхожесть (%); морфометрические параметры сеянцев – длина побега (мм), длина корешка (мм), масса проростка с корешком и без корешка (г), фаза и балл развития проростка; биохимические параметры – содержание сухого вещества, белка, пигментов, сахаров, гормонов, полифенолов, антиоксидантов и др.

Основным критерием характера и направленности действия ЭМИ аппарата «ТОР» на изучаемые параметры растений служит показатель биологической эффективности (БЭ%), отражающий отклонение значений в опыте (О) от контроля (К), выраженное в процентах, которую рассчитывали по соответствующей формуле: БЭ = (О-К)/Кх100%. Относительный показатель (БЭ, %) – эффект в процентах по сравнению с контрольной группой (отрицательные значения указывают на ингибирование роста, положительные – на стимуляцию). В дальнейшие полевые исследования включают выделившиеся варианты с наибольшим совокупным положительным эффектом.

Этап 3 – Рекогносцировочные полевые испытания

После предварительных лабораторных и вегетационных опытов, выбрав оптимальные варианты экспозиции, в агротехнологические сроки проводят ЭМИ-обработку семян перед посевом или в поле на следующий день после посева.

Подготовка семенного материала: партия семян должна быть однородной, семена откалиброваны и очищены от примеси. Влажность кондиционная. В случае необходимости использования в работе протравленные, инкрустированные или дражированные партии семян важно соблюдать меры предосторожности с использованием средств индивидуальной защиты.

Обработка. Воздушно-сухие семена перед посевом обрабатывают в бумажной/тканевой упаковке или насыпью в утренние часы (5:00-11:00), используя специализированное помещения (хранилище, склад, подвал), но лучше проводить на открытых площадках, при этом важно минимизировать вероятность ЭМИ-обработки других растительных объектов (семена, куль-

турные растения). Аппарат можно устанавливать на штатив, расстояние до объекта излучения может варьировать от 5 до 30 метров (рис. 2 слева), что не влияет на биологическую эффективность ЭМИ-обработки. Обработанные семена можно высевать в поле или в защищенном грунте (пленочные и стеклянные теплицы) непосредственно в день обработки или в течение недели, согласно технологическим требованиям культуры. Площадь учетных делянок 1-5 м^2, в зависимости от культуры, повторность пятикратная, расположение рендомизированное, число учетных растений в повторности не менее десяти.



Рис. 2. Обработка аппаратом «ТОР» посевного материала до посева (слева), обработка посева в поле спустя сутки после посева (справа)

При обработке семян в поле (рис. 2 справа) необходимо обрабатывать на следующий день после посева также в утренние часы. Для проведения исследования необходимо выбрать участки поля с ровным рельефом. Опытные и контрольные варианты должны располагаться на удаленных отдельных участках или разных полях, но с одинаковым агрофоном. Допускается размещать опыт в рамках одного поля (теплицы) разделив его на два равноценных участка с обработкой одного (опыт) и без обработки (контроль) (рис. 3). Строго записав координаты обработанного и контрольного участков и отметить этикетками (вешками) границы учетных делянок.

Аппарат устанавливается стационарно с использованием штатива или других вспомогательных средств (стремянка, автомобиль и пр.) на высоте около 1,5 метров от поверхности земли. При выборе участка для ЭМИ-обработки следует учитывать, что дальность действия, генерируемого аппаратом «ТОР» биологически эффективного ЭМИ достигает 900 метров. В случае нахождения на территории поля высоковольтных линий электропередач

(ЛЭП) и различного типа ретрансляторов для предотвращения искажения результатов рекомендуется выбирать участок для обработки на удалении 100 метров от данных объектов.

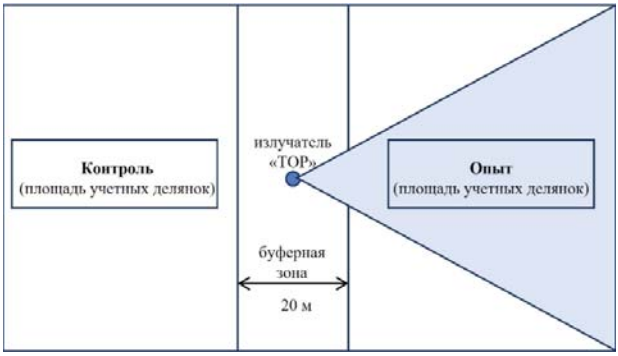


Рис. 3. Общая схема расположения опытного (ЭМИ-обработка) и контрольных вариантов на одном поле

При обработке в поле с использованием штатива учеты проводят, отбирая пробы на удалении 30, 60, 90 и 120 м (при необходимости и далее до 900 м) от «нулевой» точки положения аппарата «ТОР» при обработке. Площадь учетной делянки – 2-5 м^2, повторность – пятикратная, число учетных растений – 25-100 штук.

Учеты и наблюдения:

– фенологические наблюдения (единичные/массовые всходы, единичное/массовое цветение, техническая спелость, биологическая спелость);

– фитопатологическая оценка развития болезней на разных этапах вегетации с учетом распространенности болезни (% пораженных растений), среднего балла поражения растений с использованием пятибалльной шкалы (от 0 до 4-х);

– морфометрический анализ растений на основных фазах развития;

– учет элементов продуктивности, урожайности и товарности;

– основные биохимические показатели вегетирующих растений и товарной продукции;

– оценка посевных качеств полученного семенного потомства

По основным морфометрическим параметрам и продуктивности растений рассчитывают биологическую эффективность действия ЭМИ-обработки. На основании средней про-

дуктивности растений рассчитывают потенциальную общую и товарную урожайность культуры с единицы площади для определения хозяйственной эффективности (ХЭ%) по данным показателям, используя формулу: ХЭ = (О-К)/Кх100%, где О – урожайность в опыте, К – урожайность в контроле.

Этап 4 – Производственные полевые испытания

На основании анализа всей совокупности полученных данных составляют протокол применения выделившихся вариантов ЭМИ-обработки семян для каждой культуры с учетом сортовой специфики для проведения дальнейших крупномасштабных производственных полевых испытаний и определения эффективности предлагаемой технологии с использованием аппарата «ТОР», производительность которого при обработке семенного материала в зернохранилище достигает 11 000 тонн в сутки, производительность в полевых условиях – 800 га.

При производственных испытаниях общая площадь в контроле и опыте должна составлять не менее одного гектара, технология возделывания – общепринятая для каждого вида культуры и региона выращивания. При необходимости в период вегетации методом маршрутного обследования проводят фитопатологический мониторинг для своевременного проведения защитных мероприятий. Обработку семян проводят согласно разработанному протоколу, учитывают общую и товарную урожайность и качество полученной продукции и определяют фактическую хозяйственную и экономическую эффективность ЭМИ-обработки.

Этап 4.1. – Производственные полевые испытания с применением БПЛА

Перспективным направлением широкомасштабного применения аппарата «ТОР» является использование современных достижений беспилотных технологий. Для этого аппарат «ТОР» в соответствующей модификации устанавливают на БПЛА – модель «Ось-25» производства АО «Концерн ГРАНИТ», оснащённый датчиками контроля работы и точной системой навигации (рис. 4). Лётная масса БПЛА в снаряжённом состоянии – до 28 кг, продолжительность полёта без подзарядки – до четырёх часов. Частота импульсов электромагнитного излучения аппарата «ТОР» – не более 150 Гц.



Рис. 4. БПЛА модель «Ось-25»
со встроенным аппаратом «ТОР»

Общий принцип проведения обработки сельскохозяйственных посевов с помощью БПЛА приведен на рисунке 5. При круговом полете со средней скоростью 80 км/ч на высоте (эшелон) от 200 до 600 метров (подбирается эмпирически для каждой культуры и рельефа местности), за один день в утренние часы (5:00-11:00) можно обработать территорию максимальной площадью до 10 000 га. Время полета над одним объектом рассчитывается исходя из суммарной экспозиции ЭМИ-обработки от 5 до 15 минут в зависимости от культуры и варианта опыта (прил. 2). Контроль – посевы без обработки.



Рис. 5. Схема обработки: 1 – БПЛА, 2 – аппарат «ТОР»,
3 – «конус» покрытия электромагнитным излучением, генерируемым
аппаратом «ТОР», 4 – скорость, 5 – экспозиция, 6 – эшелон

Учеты и наблюдения с расчетом хозяйственной и экономической эффективности ЭМИ-обработки проводят аналогично этапу 4. На основании этого выбирают лучший вариант и составляют протокол регламента использования данного метода праймирования семян после посева.

4. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБРАБОТКИ И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Соблюдать необходимые правила и меры предосторожности при работе с источником ЭМИ как с любым высоковольтным электрооборудованием. Эксплуатация аппарата при обработке ЭМИ должна проводиться в условиях, исключающих попадание атмосферных осадков и конденсата на аппарат «ТОР» и его излучающие элементы во избежание электрического пробоя, коррозии и выхода оборудования из строя.

При выборе способа обработки необходимо учитывать расположение на обрабатываемой территории высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) и различного типа ретрансляторов.

Средства личной защиты для человека не требуется, исключение если обрабатываемые семена уже протравлены ядохимикатами или подвергнуты другим видам обработки (инкрустация, дражированные), особенно если они находятся в закрытом помещении.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ЭМИ-ОБРАБОТКИ АППАРАТОМ «ТОР»

Многочисленные исследования подтверждают эффективность биоактивации семян и посевов электромагнитными излучениями аппарата «ТОР». В лабораторных условиях изучена отзывчивость белокочанной капусты к ЭМИ: положительный эффект достигается при обработке воздушно-сухих семян с экспозицией 10 минут и посеве в течение недели после обработки, где биологическая эффективность составила по всхожести в среднем 9%, а по длине корешка проростков от 30 до 38% [43].

Газохроматографическим методом установлено, что ЭМИ-обработка оказывает стресс-протекторную на прорастающие семена гороха в стрессовых условиях. В условиях гипоксии ЭМИ-обработка почти в три раза увеличивала выделение семенами H_2 и на сутки раньше сдвигала пик его эмиссии, что может свидетельствовать об ускоренной мобилизации защитных систем семени. При этом в условиях засоления обработка ЭМИ, наоборот, стабилизировала скорость эмиссии H_2, снижая ее почти в два раза относительно контроля [23].

Испытание предпосевной ЭМИ-обработки аппаратом «ТОР» семян овощных бобовых культур позволило повысить продуктивность растений с ускорением созревания и улучшением качества продукции: зелёного горошка – в условиях Центральной Нечерноземной зоны РФ – на 4-64%, а за Северным полярным кругом – на 3-16% в зависимости от сорта; семенную продуктивность бобов овощных – в среднем на 35% относительно контроля в обоих регионах [44, 45].

Предпосадочная обработка клубней картофеля ЭМИ показала сортоспецифичные результаты: по урожайности отзывчивыми оказались сорта Мишка и Арго (прибавка 2,7 и 9,4 т/га соответственно), у сорта Печорский повысилось содержание сухого вещества и крахмала [46].

В ходе проведения полной схемы исследований на культуре ячменя ярового было показано, что обработка сухих семян перед посевом в течение 10-15 минут увеличивала всхожесть на 5-18% и в 2-3 раза ускоряла рост всходов, максимальный эффект обработки отмечен в утренние часы (7:00–11:00); стимуляция корневой системы и ассимиляционной поверхности

растений приводила к увеличению урожайности более чем на 10% [24].

Проведены предварительные испытание дистанционной ЭМИ-обработки аппарата «ТОР» с использованием БПЛА. Отмечено, что воздействие с высоты 200 м даёт наиболее выраженный эффект – масса проростков пшеницы увеличилась примерно на 30% [47, 48].

В целом, ЭМИ-обработка является перспективным агроприёмом, но эффективность зависит от культуры, сорта, режима обработки и внешних условий.

Список опубликованных работ по результатам исследования ЭМИ-обработки семян и посевов сельскохозяйственных культур аппаратом «ТОР»

1. Khashirova S.Yu., Shabaev A.S., Turkanov I.F., Bondarchuk E.V., Gryaznov V.G., Galkina E.A., Bolotskova P.N., Kaigorodova I.M., Kozar E.G., Zainullin V.G. Electromagnetic priming modulates gas exchange during pea seed germination under salt stress. AgriEngineering. 2026. Т.8. №4. С.120. DOI: 10.3390/agriengineering8040120.

2. Зайнуллин В.Г., Пожирицкая А.Н., Кожевников С.Ю., Грязнов В.Г. Влияние переменных электромагнитных полей на повышение ресурсного потенциала картофеля сорта печорский в условиях крайнего севера. Известия Коми научного центра УрО РАН. 2026. № 1 (86). С. 36-43. DOI: 10.19110/1994-5655-2026-1-36-43.

3. Turkanov I.F., Bondarchuk E.V., Gryaznov V.G., Galkina E.A., Guzenko, A.Y., Zainullin V.G., Kozar E.G., Kaigorodova I.M. Effects of Remote Barley Seed Treatment with Weak Non-Thermal Pulsed Electromagnetic Fields on Plant Development and Yields. Seeds 2025. 4. 35. DOI: 10.3390/seeds4030035.

4. Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Грязнов В.Г. и др. Отзывчивость капусты на обработку семян слабым неионизирующим нетепловым электромагнитным полем. Приоритетные направления повышения эффективности, конкурентоспособности и устойчивости аграрной отрасли: Материалы международной научной конференции, посвященной 105-летию ТатНИИСх ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, 10–11 июля 2025 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом «Сциентиа», 2025. С.239-243. DOI: 10.32415/scientia_978-5-907902-43-5(239-243).

5. Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Ушаков В.А. и др. Испытание новой технологии «ТОР» на сортах овощных бобовых культур селекции ФГБНУ ФНЦО за Северным полярным кругом. Овощи России. 2025. №1. С. 70-81. DOI: 10.18619/2072-9146-2025-1-70-81.

6. Хаширова С.Ю., Шабаев А.С., Бондарчук Е.В. и др. Газохроматографический анализ сельскохозяйственных почв и семян, обработанных слабыми неионизирующими нетепловыми электромагнитными полями. Известия Коми научного центра УрО РАН. 2025. №1(77). С.120-126. DOI: 10.19110/1994-5655-2025-1-120-126.

7. Галкина Е.А., Кузьмина И.В., Турканов И.Ф. и др. Воздействие электромагнитного излучения на внутренние органы цыплят-бройлеров: морфологические и гистологические изменения. Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №2(82). С.125-136. DOI: 10.48012/1817-5457_2025_2_125-136.

8. Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Ушаков В.А., Грязнов В.Г., Галкина Е.А., Романенко Т.М., Филиппова А.Б., Юдин А.А. Влияние агроклиматических условий и дистанционной обработки аппаратом «ТОР» на репродуктивные функции *Vicia faba* L. Растения в изменяющемся климате: адаптация, устойчивость и продукционный процесс: тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием в рамках годичного собрания Общества физиологов растений России (г. Якутск, 24 июня – 1 июля 2025 г.) Казань: Бук, 2025. С.105-106. ISBN 978-5-00254-130-0.

9. Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Юдин А.А., Галкина Е.А. Отзывчивость сортов томата на обработку семян слабым неионизирующим нетепловым электромагнитным полем. В сборнике: Наука молодых – наука будущего. Сборник материалов Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Грозный, 2025. С. 103-106. DOI: 10.36684/170-1-2025-103-106.

10. Турканов И.Ф., Бондарчук Е.В., Грязнов В.Г. и др. Использование беспилотных авиационных технологий для дистанционного биостимулирования посевов зерновых культур. Вестник АПК Верхневолжья. 2025. № 3(71). С. 5-11. DOI: 10.35694/YARCX.2025.71.3.001.

11. Turkanov I.F., Bondarchuk E.V., Gryaznov V.G., Galkina E.A., Kuzmina I.V., Oskin A.S., Bolotskova P.N., Kaigorodova I.M., Shabaev A.S., A.G. Vaganov. Agriengineering Applications of Unmanned Aircraft Technologies for Remote Biostimulation of Grain Crops by Electromagnetic Pulses. ACTA SCIENTIFIC AGRICULTURE. 2025;9(10):01-06. ISSN: 2581-365X.

12. Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Ушаков В.А., Анисимов М.С., Галкина Е.А., Кузьмина И.В. Влияние дистанционной электромагнитной обработки посевов аппаратом «ТОР» на продуктивность гороха овощного. Научные труды IX Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, 2–4 октября 2024 г. СПб.: ФГБНУ АФИ. С.210-212. ISBN 978-5-905200-53-3.

13. Зайнуллин В.Г., Пожирицкая А.Н., Турлакова А.М., Партала А.В., Овчинников О.В., Бондарчук Е.В., Турканов И.Ф.,

Галкина Е.А., Грязнов В.Г. Влияние предпосадочной обработки слабыми неионизирующими импульсными полями на продуктивность и качество урожая сортов картофеля Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. Т. 25. № 5. С. 794-804. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.794-804.

14. Турканов И.Ф., Галкина Е.А., Зайнуллин В.Г., Каракотов С.Д., Прянишников А.И., Беляев А.И. Влияние дистанционной обработки слабыми нетепловыми импульсными электромагнитными полями на рост и урожайность зерновых культур. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 6 (110). С. 158-164. DOI: 10.37670/2073-0853-2024-110-6-158-164.

15. Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Ушаков В.А., Марчева М.М., Анисимов М.С., Галкина Е.А., Кузьмина И.В. Влияние электромагнитного облучения посевов семян на рост и развитие растений бобов овощных. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию создания Сухумской садовой сельскохозяйственной станции и 30-летию образования ГНУ «Институт сельского хозяйства Академии наук Абхазии» «Научное обеспечение устойчивого развития субтропического растениеводства» 2024. С.132-139.

16. Зайнуллин В.Г., Турлакова А.М., Пожирицкая А.Н., Галкина Е.А., Грязнов В.Г. Влияние предпосевной обработки переменными магнитными полями и повышенных доз органических удобрений на урожай картофеля. Известия Коми научного центра УрО РАН. 2024. № 7 (73). С. 48-53. DOI: 10.19110/1994-5655-2024-7-48-53.

17. Пожирицкая А.Н., Турлакова А.М., Зайнуллин В.Г. Влияние электромагнитного излучения на повышение всхожести семян. Известия Коми научного центра УрО РАН. 2024. № 7 (73). С. 99-101. DOI: 10.19110/1994-5655-2024-7-99-101.

18. Бондарчук Е.В., Овчинников О.В., Турканов И.Ф., Партала А.В., Шульгина Е.А., Селиверстов А.Ф., Казберова А.Ю., Зайнуллин В.Г., Юдин А.А. Слабые импульсные электромагнитные поля повышают урожайность и иммунитет картофеля. Картофель и овощи. 2023. № 4. С. 35-40. DOI: 10.25630/PAV.2023.91.50.004.

19. Зайнуллин В.Г., Шульгина Е.А. Урожайность картофеля после электромагнитной обработки слабыми неионизирующими импульсными полями. Известия Коми научного центра УрО РАН. 2022. № 6 (58). С. 95-100. DOI: 10.19110/1994-5655-2022-6-95-100.

Литература

1. Belyavskaya N.A. Biological Effects Due to Weak Magnetic Field on Plants. *Adv. Space Res*. 2004, 34, 1566-1574. DOI: 10.1016/j.asr.2004.01.021.

2. Araújo Sde S., Paparella S., Dondi D., Bentivoglio A., Carbonera D., Balestrazzi A. Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. *Front Plant Sci*. 2016, 7, 646. DOI: 10.3389/fpls.2016.00646.

3. Baby S.M., Narayanaswamy G.K., Anand A. Superoxide radical production and performance index of Photosystem II in leaves from magneto primed soybean seeds. *Plant Signal Behav*. 2011, 6(11), 1635-1637. DOI: 10.4161/psb.6.11.17720.

4. Pietruszewski S., Martinez E. Magnetic field as a method of improving the quality of sowing material: a review. *Int Agrophys*. 2015, 29(3), 377-389. DOI: 10.1515/intag-2015-0044.

5. Mildažienė V., Aleknavičiūtė V., Žūkienė R. et al Treatment of common sunflower (*Helianthus annus* L.) seeds with radio-frequency electromagnetic field and cold plasma induces changes in seed phytohormone balance, seedling development and leaf protein expression. *Sci Rep*. 2019, 9(1), 6437. DOI: 10.1038/s41598-019-42893-5.

6. Shine M.B., Guruprasad K.N., Anand A. Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 2011, 32(6), 474-484. DOI:10.1002/bem.20656.

7. Bilalis D.J., Katsenios N., Efthimiadou A., Karkanis A., Efthimiadis P. Investigation of pulsed electromagnetic field as a novel organic pre-sowing method on germination and initial growth stages of cotton. *Electromagn Biol Med*. 2012, 31(2), 143-150. DOI: 10.3109/15368378.2011.624660.

8. Radhakrishnan R., Ranjitha-Kumari B.D. Protective role of pulsed magnetic field against salt stress effects in soybean organ culture. *Plant Biosyst*. 2013, 147(1), 135-140. DOI: 10.1080/11263504.2012.717543.

9. Braga Júnior R.A., Azevedo R.L., Guimarães R.M., Reis L.V. Magnetic field in coffee seed germination. *Ciênc Agrotec*. 2020, 44, e003920. DOI: 10.1590/1413-7054202044003920.

10. Isaac A.E., Hernández A.C., Domínguez A., Cruz O.A. Effect of pre-sowing electromagnetic treatment on seed germination and seedling growth in maize (*Zea mays* L.). *Agron Colomb*. 2011, 29(2), 405-411.

11. Teixeira da Silva J.A., Dobránszki J. Magnetic fields: how is plant growth and development impacted? *Protoplasma*. 2016, 253(2), 231-248. DOI: 10.1007/s00709-015-0820-7.

12. Iqbal M., Haq Z., Malik A., Ayoub Ch.M., Jamil Y., Nisar J. Pre-sowing seed magnetic field stimulation: a good option to enhance bitter gourd germination, seedling growth and yield characteristics. *Biocatal Agric Biotechnol*. 2016, 5, 30-37. DOI: 10.1016/j.bcab.2015.12.002.

13. Rathod G.R., Anand A. Effect of seed magneto-priming on growth, yield and Na/K ratio in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. *Ind J Plant Physiol*. 2016, 21, 15-22. DOI: 10.1007/s40502-015-0189-9.

14. Baghel L., Kataria S., Guruprasad K.N. Effect of static magnetic field pretreatment on growth, photosynthetic performance and yield of soybean under water stress. *Photosynthetica*. 2018, 56, 718-730. DOI: 10.1007/s11099-017-0722-3.

15. Abdel Latef A.A.H., Dawood M.F.A., Hassanpour H., Rezayian M., Younes N.A. Impact of the static magnetic field on growth, pigments, osmolytes, nitric oxide, hydrogen sulfide, phenylalanine ammonia-lyase activity, antioxidant defense system, and yield in lettuce. *Biology*. 2020, 9(7), 172. DOI: 10.3390/biology9070172.

16. De Souza A., Garcí D., Sueiro L., Gilart F., Porras E., Licea L. Pre sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. *Bioelectromagnetics*. 2006, 27(4), 247-257. DOI: 10.1002/bem.20206.

17. Javed N., Ashraf M., Akram N.A., Al-Qurainy F. Alleviation of adverse effects of drought stress on growth and some potential physiological attributes in maize (*Zea mays* L.) by seed electromagnetic treatment. *Photochem Photobiol*. 2011, 87(6), 1354-1362. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2011.00990.x.

18. Anand A., Nagarajan S., Verma A.P.S., Joshi D.K., Pathak P.C., Bhardwaj J. Pre-treatment of seeds with static magnetic field ameliorates soil water stress in seedlings of maize (*Zea mays* L.). *Indian J Biochem Biophys*. 2012, 49(1), 63-70.

19. Bhardwaj J., Anand A., Nagarajan S. Biochemical and biophysical changes associated with magneto priming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiol Biochem*. 2012, 57, 67-73. DOI: 10.1016/j.plaphy.2012.05.008.

20. Shu K., Liu X.D., Xie Q. et al. Two faces of one seed: Hormonal regulation of dormancy and germination. *Mol Plant*. 2016, 9(1), 34-45. DOI: 10.1016/j.molp.2015.08.010.

21. Xia Q., Saux M., Ponnaiah M. et al. One way to achieve germination: common molecular mechanism induced by ethylene and after-ripening in sunflower seeds. *Int J Mol Sci*. 2018, 19(8), 2464. DOI: 10.3390/ijms19082464.

22. Dao-liang Y., Yu-qi G., Xue-ming Z. et al. Effects of electromagnetic fields exposure on rapid micropropagation of beach plum (*Prunus maritima*). *Ecol Eng*. 2009, 35(4), 597-601. DOI: 10. 1016/j.ecoleng.2008.04.017.

23. Khashirova S.Yu., Shabaev A.S., Turkanov I.F., Bondarchuk E.V., Gryaznov V.G., Galkina E.A., Bolotskova P.N., Kaigorodova I.M., Kozar E.G., Zainullin V.G. Electromagnetic priming modulates gas exchange during pea seed germination under salt stress. *AgriEngineering*. 2026. 8(4), 120. DOI: 10.3390/agriengineering8040120.

24. Turkanov I.F., Bondarchuk E.V., Gryaznov V.G., Galkina E.A.; Guzenko, A.Y.; Zainullin V.G., Kozar E.G., Kaigorodova I.M. Effects of remote barley seed treatment with weak non-thermal pulsed electromagnetic fields on plant development and yields. *Seeds*. 2025, 4, 35. DOI: 10.3390/seeds4030035.

25. Akdemir Evrendilek G., Yalçın B. Pulsed electric fields-driven enhancement of tomato seed quality and resilience: improving germination, stress tolerance, and microbial disinfection. *Applied Sciences*. 2025, 15(12), 6447. DOI: 10.3390/app15126447.

26. Anand A., Kumari A., Thakur M., Koul A. Hydrogen peroxide signaling integrates with phytohormones during the germination of magnetoprimed tomato seeds. *Sci Rep*. 2019, 9(1), 8814. DOI: 10.1038/s41598-019-45102-5.

27. Hołubowicz R., Kubisz L., Gauza M., Yilin T., Hojan-Jezierska D. Effect of low frequency magnetic field (LFMF) on the germination of seeds and selected useful characters of onion (*Allium cepa* L.). *Not Bot Horti Agrobot*. Cluj-Napoca 2014, 42, 168-172. DOI: 10.15835/nbha4219131.

28. De Micco V., Paradiso R., Aronne G., De Pascale S., Quarto M., Arena C. Leaf anatomy and photochemical behavior of *Solanum lycopersicum* L. plants from seeds irradiated with low-LET ionizing radiation. *Sci World J*. 2014, 10, 428141. DOI:10.1155/2014/428141.

29. Кутис С.Д., Кутис Т.Л., Гак Е.З. Электромагнитная установка для предпосевной обработки семян. Механизация и автоматизация технологических процессов в агропромышленном комплексе. 1989, 2, 35-36.

30. Terziev P., Palov I., Stefanov S., Radev R. Device for pre-sowing electrical treatment of sowing material. *Patent for invention of Bulgaria №30631*, A 01C 1/00, A01 N 21/00, 1994.

31. Зайнуллин В.Г., Пожирицкая А.Н., Турлакова А.М. и др. Влияние предпосадочной обработки слабыми неионизирующими импульсными полями на продуктивность и качество урожая сортов картофеля. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024, 25(5), 794-804. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.794-804.

32. Патент РФ «Способ подавления жизнедеятельности патогенных микроорганизмов и вирусов электромагнитным излучением» №2766002 от 07 февраля 2022 года [Электронный ресурс]. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2766002C1_20220207.pdf. Дата обращения: 16.06.2026.

33. ГОСТ 12038-84. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

34. ГОСТ 12041-82. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения влажности.

35. ГОСТ 12042-80. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.

36. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

37. Методические указания по селекции и первичному семеноводству овощных бобовых культур. М.: ВНИИССОК. 1985. 60 с.

38. Белик В.Ф., Рубин В.Ф., Лукьяненко Д.Е. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. М.: НИИОХ. 1979. 210 с.

39. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М.: Госагропром СССР. 1989. 197 с.

40. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый общая часть. Минсельхоз России, ФГБУ «Госсорткомиссия». М.: 2019. 329 с. https://gossortrf.ru/upload/2019/08/ metodica_1.pdf. Дата обращения: 15.06.2026.

41. Выборочный список широких унифицированных и международных классификаторов СЭВ, разработанных и опубликованных ВИР совместно со странами-членами СЭВ в 1974–1990 гг. 2025, Т.8, №1. DOI: 10.30901/2658-3860-2025-1-o4.

42. Чумаков А.Е. Основные методы фитопатологических исследований. Науч. тр. ВАСХНИЛ. М.: Колос. 1974; 192 с.

43. Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Грязнов В.Г. и др. Отзывчивость капусты на обработку семян слабым неионизирующим нетепловым электромагнитным полем. Приоритетные направления повышения эффективности, конкурентоспособности и устойчивости аграрной отрасли: Материалы международной научной конференции, посвященной 105-летию ТатНИИСх ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, 10–11 июля 2025 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом «Сциентиа», 2025. С. 239-243. DOI: 10.32415/scientia_978-5-907902-43-5(239-243).

44. Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Ушаков В.А., Анисимов М.С., Галкина Е.А., Кузьмина И.В. Влияние дистанционной электромагнитной обработки посевов аппаратом «ТОР» на продуктивность гороха овощного. Научные труды IX Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, 2–4 октября 2024 г. СПб.: ФГБНУ АФИ. С.210-212. ISBN 978-5-905200-53-3.

45. Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Ушаков В.А. и др. Испытание новой технологии «ТОР» на сортах овощных бобовых культур селекции ФГБНУ ФНЦО за Северным полярным кругом. Овощи России. 2025. №1. С. 70-81. DOI: 10.18619/2072-9146-2025-1-70-81.

46. Зайнуллин В.Г., Пожирицкая А.Н., Турлакова А.М., Партала А.В., Овчинников О.В., Бондарчук Е.В., Турканов И.Ф., Галкина Е.А., Грязнов В.Г. Влияние предпосадочной обработки слабыми неионизирующими импульсными полями на продуктивность и качество урожая сортов картофеля Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. Т. 25. № 5. С. 794-804. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.794-804.

47. Turkanov I.F., Bondarchuk E.V., Gryaznov V.G., Galkina E.A., Kuzmina I.V., Oskin A.S., Bolotskova P.N., Kaigorodova I.M., Shabaev A.S., A.G. Vaganov. Agriengineering Applications of Unmanned Aircraft Technologies for Remote Biostimulation of Grain Crops by Electromagnetic Pulses. ACTA SCIENTIFIC AGRICULTURE, 2025;9(10):01-06. ISSN: 2581-365X.

48. Турканов И.Ф., Бондарчук Е.В., Грязнов В.Г. и др. Использование беспилотных авиационных технологий для дистанционного биостимулирования посевов зерновых культур. Вестник АПК Верхневолжья. 2025. № 3(71). С.5-11. DOI: 10.35694/YARCX.2025.71.3.001.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Схема включения/выключения и выбора режима (цикл) обработки у аппарата «ТОР»
(на примере цикла обработка 7 минут / пауза 10 минут)

	
Шаг 1. Подключить аппарат проводом к источнику питания. На задней панели аппарата включить зеленый тумблер	На дисплее появится надпись производителя **«Концерн ГРАНИТ»** и сразу после нее появится окно основного меню
	
Шаг 2. **Настройка режима ЭМИ-обработки.** В окне основного меню стрелочкой опустить курсор на дисплее на пункт «НАСТРОЙКА	Шаг 3. Нажмите кнопку **ВВОД**
	
Шаг 4. На дисплее появится окно «НАСТРОЙКА» с курсором на пункте «ЦИКЛ», снова нажмите кнопку **ВВОД**	Шаг 5. На дисплее появится окно «ЦИКЛ» с курсором на пункте «РАБОТА», нажмите кнопку **ВВОД**



Шаг 6. Курсор переместится к выбору минут (цифра 10). Последовательным нажатием стрелки вверх (▲) увеличиваем количество минут, нажатием стрелки вниз (▼) – уменьшаем.



Шаг 7. На нужной цифре (в данном примере **7** минут**)** нажмите кнопку **ВВОД**



Шаг 8. Курсив вернется в начало к пункту «Работа». Стрелкой вниз (▼) опустить курсив на пункт «ПРИМЕНИТЬ»



Шаг 9. Нажмите кнопку **ВВОД**



Шаг 10. На дисплее опять появится основное окно «НАСТРОЙКА», с курсором на пункте «ЦИКЛ», снова нажмите кнопку **ВВОД**



Шаг 11. На дисплее появится окно «ЦИКЛ», с курсором на пункте «РАБОТА» нажатием стрелки вниз (▼) переместить курсор на пункт «ПАУЗА»



Шаг 12 Курсор на пункте «ПАУЗА», нажмите кнопку **ВВОД**, курсор перемещается к выбору минут (цифра 55)



Шаг 13. Последовательным нажатием стрелки вверх (▲) увеличиваем количество минут, нажатием стрелки вниз (▼) – уменьшаем.



Шаг 14. На нужном значении (например, 10 минут) нажмите кнопку **ВВОД**



Шаг 15. Курсив перейдет в начало пункта «ПАУЗА», стрелкой вниз (▼) опустить курсив на пункт «ПРИМЕНИТЬ»



Шаг 16. Курсив на пункте «ПРИМЕНИТЬ», нажмите кнопку **ВВОД**



Шаг 17. На дисплее опять появится окно «НАСТРОЙКА» с курсором на пункте «ЦИКЛ», нажмите кнопку ОТМ – аппарат настроен на новый режим и готов к работе



Шаг 18. **Включение режима ЭМИ-обработки**. На дисплее появится основное меню с курсором на пункте «НАСТРОЙКА», стрелкой вверх (▲) переместите курсор на пункт «ВКЛЮЧИТЬ»



Шаг 19. Курсив на пункте «ВКЛЮЧИТЬ», нажмите кнопку ВВОД – начнется ЭМИ-обработка





Шаг 20. С началом ЭМИ-обработки на передней панели рядом с надписью **РАБОТА** загорится зеленая лампочка и на дисплее в первом пункте появится слово «ВЫКЛЮЧИТЬ





Шаг 21. После завершения ЭМИ-обработки лампочка на передней панели гаснет и аппарат автоматически переходит в режим паузы, после окончания которого он снова включит режим ЭМИ-обработки (в данном примере по циклу 7/10 минут) до принудительного выключения аппарата вручную



Шаг 22. **Выключение аппарата**: курсив на пункте «ВЫКЛЮЧИТЬ» – нажать кнопку **ВВОД**, аппарат выйдет из режима обработки



Шаг 23. На дисплее в основном меню появится слово «ВКЛЮЧИТЬ»



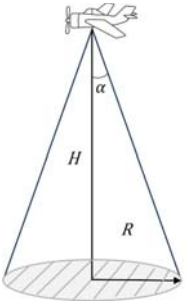
Шаг 24. На задней панели аппарата выключить зеленый тумблер, выдернуть вилку из источника питания (розетки)



Шаг 25. Упаковать аппарат в футляр для хранения или переноски (чемодан)

Приложение 2

Расчет ЭМИ-обработки с использованием БПЛА



$$R = H * tga$$
$$S = \pi * R^2 = \pi * H^2 * (1\text{-}tga)$$

H – эшелон
t – время экспозиции за один проход БПЛА
V – скорость БПЛА
R – радиус конуса покрытия

$$t = \frac{2 * R}{V} = \frac{2 * R * tga}{V}$$

T – полное время экспозиции
N – число проходов

$$T = N * t$$

Пример: $\alpha = 30°$; $V = 30$ м/с; Н = 500 м
Ширина полосы $2R = 2290$ м = 580 м
Число проходов для экспозиции 9 минут или 540 с

$$N = \frac{540 * \text{V}}{2 * H * tga} = \frac{540\text{с}}{580\text{м}} * \frac{30\text{м}}{\text{с}} = 28 \text{ раз над одним местом}$$

На среднее поле 100 га полосой 300 м, длина поля ≈ 3330 м
БПЛА проходит это расстояние 110 с +30 с на разворот, итого: 140 секунд на один проход
28 проходов 140 с = 3920 с или ≈ 1 час 5 минут
За 4 часа полета можно обработать с высоты 500 м – 400 га.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ОВОЩЕВОДСТВА»
(ФГБНУ ФНЦО)

ИНСТРУКЦИЯ ИСПЫТАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ПОСЕВОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ АППАРАТА «ТОР»

Верстка и дизайн обложки Д.А. Зотов
Подписано в печать 02.11.2026. Формат 60×90/16
Гарнитура Newton. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 2.0
Тираж 300 экз.

Отпечатано: ООО “ТРП”
127055, г. Москва, ул. Правды 24, стр. 3
Тел.: (499) 638-27-50
www.tirazhy.ru

