

УДК 631.5:631.8

Кернер В.Д.

студент

Научный руководитель: Емелин А.В., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени

И.Т. Трубилина»

**ЭЛЕКТРОКУЛЬТУРА КАК ПЕРСПЕКТИВА
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В
КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ**

Аннотация: В статье рассматривается актуальность применения методов электрокультуры как инновационного направления повышения эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства в Краснодарском крае. Проведен анализ теоретических основ воздействия электрических и электромагнитных полей на физиолого-биохимические процессы в растениях. Особое внимание уделено потенциальным возможностям использования электростимуляции для повышения продуктивности и качества основных сельскохозяйственных культур края в условиях различных почвенно-климатических зон.

Ключевые слова: электрокультура, электростимуляция, электромагнитное поле, растениеводство, предпосевная обработка, устойчивость растений.

Kerner V.D.

Student

Scientific supervisor: Emelin A.V., Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor,

FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

**ELECTROCULTURE AS A PROSPECT FOR IMPROVING
AGRICULTURE IN THE KRASNODAR REGION**

Abstract: The article examines the relevance of using electroculture methods as an innovative way to increase the efficiency and sustainability of

agricultural production in the Krasnodar Territory. An analysis of the theoretical foundations of the impact of electric and electromagnetic fields on physiological and biochemical processes in plants was carried out. Particular attention is paid to the potential of using electrical stimulation to increase the productivity and quality of the main agricultural crops of the region in different soil and climatic zones.

Keywords: electroculture, electrical stimulation, electromagnetic field, plant growing, pre-sowing treatment, plant resistance

Краснодарский край является одним из ведущих аграрных регионов Российской Федерации, обеспечивающим значительную долю в производстве зерна, подсолнечника, сахарной свеклы, риса, овощей и плодов. В условиях усиления конкуренции на мировом рынке, ужесточения экологических требований и климатической изменчивости, характеризующейся увеличением частоты засух и экстремальных погодных явлений, перед сельским хозяйством края стоит задача перехода на ресурсосберегающие технологии [1 с. 9].

Сельское хозяйство – важнейшая отрасль экономики Краснодарского края, являющимся лидером в производстве аграрной продукции в России. В крае на сегодняшний момент развиты зернопроизводство, овощеводство, животноводство, плодоводство, виноградарство [2 с. 305].

Одним из перспективных, но еще недостаточно изученных и апробированных в производственных масштабах направлений является электрокультура – использование дозированных воздействий физических факторов на семена и растения с целью управления их ростом, развитием, устойчивостью к стрессам и, в конечном счете, продуктивностью [3 с. 42]. Интерес к этому направлению обусловлен его потенциальной нехимической природой, возможностью снижения нагрузки на агроценозы.

Несмотря на наличие значительного массива экспериментальных данных, накопленных как в России, так и за рубежом, электрокультура остается на стыке науки и практики. Отсутствие унифицированных методик, воспроизводимых результатов в полевых условиях и четких экономических расчетов сдерживает ее широкое внедрение. Целью данной статьи является комплексный анализ потенциала методов электрокультуры применительно к агроклиматическим особенностям и структуре растениеводства Краснодарского края.

Электрокультура – направление, изучающее влияние электричества и электромагнитных полей на биологические объекты. Еще в XVIII-XIX вв. проводились первые эксперименты, демонстрирующие влияние атмосферного электричества на растения [4 с. 86]. Однако систематическое научное изучение влияния контролируемых электрических воздействий началось во второй половине XX в. и активно продолжается в настоящее время.

Погружаясь в исследование электрокультуры, мы оказываемся на стыке сельского хозяйства и физики, где электрические поля становятся невидимыми катализаторами роста и жизнеспособности растений. По своей сути электрокультура использует естественную реакцию растений на электрические поля [5 с. 11]. Эти поля, невидимые, но мощные, влияют на различные аспекты физиологии растений – от скорости прорастания до скорости роста и даже реакции на стресс и метаболической эффективности.

Фундамент электрокультуры основывается на универсальном свойстве всего живого – биоэлектричестве [6 с. 233]. На клеточном и мембранном уровнях ключевым является модуляция трансмембранного потенциала, который служит основой энергетики клетки.

По своей сути электрокультура использует естественную реакцию растений на электрические поля. Эти поля, невидимые, но мощные,

вливают на различные аспекты физиологии растений – от скорости прорастания до скорости роста и даже реакции на стресс и метаболической эффективности.

Электрофизиологические параметры растений описывают активность электрических сигналов и явлений, связанных с передачей электрических импульсов в растениях. Эти параметры представляют интерес для исследования сигнальных механизмов, ответов на стрессовые условия и взаимодействий между различными частями растений [6 с. 239].

Кальций, в частности, выступает в роли универсального вторичного мессенджера, запуская целый каскад биохимических реакций. Электромагнитные поля, особенно крайне низкой частоты, индуцируют в тканях растения микротоки, оказывая сходное влияние. Помимо этого, под действием поля могут происходить конформационные изменения в крупных биомолекулах, таких как ферменты и компоненты цитоскелета, что временно меняет их активность.

Наблюдается активация антиоксидантных систем, синтеза хлорофилла, нуклеиновых кислот и белков. Происходит сдвиг гормонального баланса в сторону стимуляторов роста – ауксинов и цитокининов, что ускоряет клеточные деления и растяжение клеток. Кроме того, внешние факторы могут модулировать естественные электрические сигналы растения – потенциалы действия, распространяющиеся по проводящим тканям, влияя тем самым на системные реакции целого организма.

Важным первичным звеном являются и электрохимические реакции во внеклеточном пространстве – апопласте, где может изменяться редокс-потенциал и рН [7, с. 234], а также генерироваться сигнальные количества активных форм кислорода. Эти первичные изменения запускают вторичные физиологические ответы, которые и обуславливают практический эффект. Умеренное воздействие воспринимается растением

как слабый стресс-фактор, эустресс, который мобилизует его адаптационные резервы. Активируются стресс-сигнальные пути, сопровождающиеся выбросом гормонов – абсцизовой, салициловой, жасмоновой кислот, что, ведёт к усилению синтетических процессов [8 с. 85].

Многообразие методов электрокультуры можно систематизировать по нескольким ключевым признакам. Класс методов электростимуляции включает как контактное воздействие постоянным или импульсным током (Рис. 1.), когда электроды помещаются непосредственно в почву, на семена или стебли, так и бесконтактное, основанное на создании высоковольтного электростатического поля, поляризующего ткани растения или поток семян [9 с. 72].

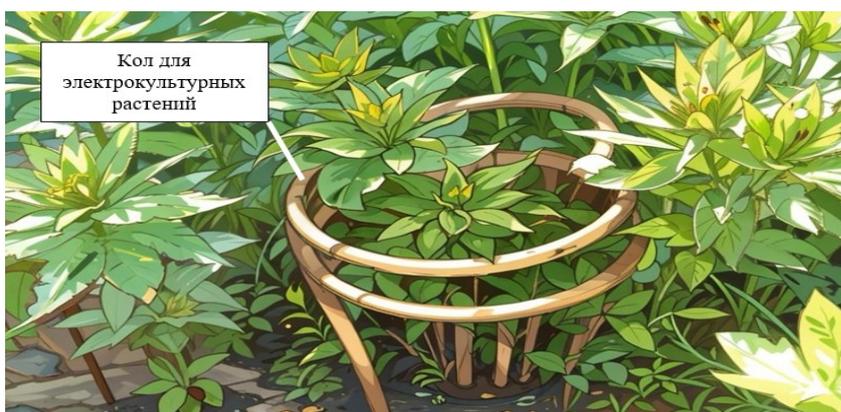


Рисунок 1 – Контактное воздействие током.

Другой крупный класс – методы воздействия электромагнитными полями. Сюда относится магнитная обработка семян или поливной воды с помощью постоянных или переменных магнитных полей, а также более сложная электромагнитная стимуляция импульсными или высокочастотными полями, которая позволяет воздействовать на посевы без прямого контакта.

На стыке технологий и агрономии ведутся революционные исследования, нацеленные на трансформацию растениеводства. Разработана самодостаточная система, использующая всепогодной трибоэлектрический наногенератор (AW-TENG) для улавливания и конвертации механической энергии среды в электричество (Рис. 2.).

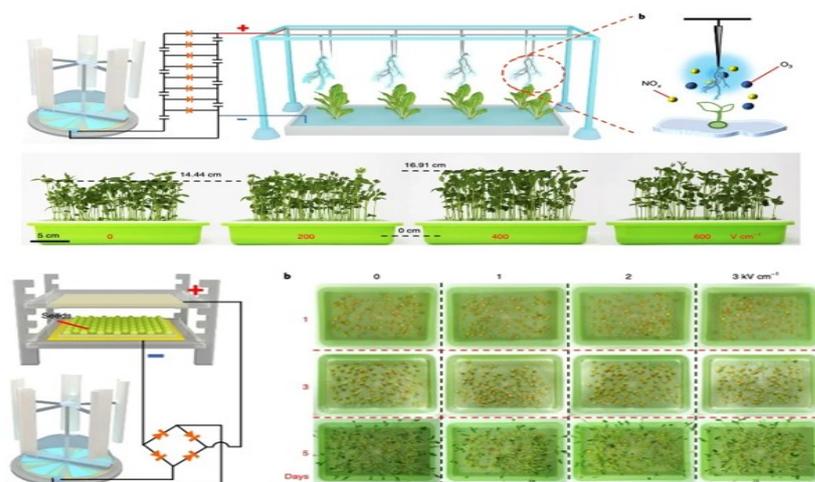


Рисунок 2 – Система AW-TENG.

Предпосевная электрообработка семян – наиболее распространенный и технологичный метод. Семена перед посевом подвергают воздействию постоянного электрического поля или импульсных разрядов [10 с. 47]. Исследования показывают, что такая обработка приводит к повышению энергии прорастания и лабораторной всхожести семян на 10-30% у таких культур, как пшеница, ячмень, горох, морковь [3 с. 39].

Применение слабых постоянных токов или низкочастотных переменных полей к вегетирующим растениям стимулирует деление и растяжение клеток. В опытах на бобовых и злаковых культурах отмечено увеличение длины побегов и корней, площади листовой поверхности и общей сырой и сухой биомассы на 15-40% по сравнению с контролем [4 с. 130].

Электрическое поле изменяет трансмембранный потенциал, что влияет на работу ионных каналов, в частности, для ионов водорода, кальция и калия [3 с. 47]. Вхождение ионов кальция в цитоплазму служит вторичным посредником, запускающим биохимические реакции. Отмечается повышение активности дегидрогеназ, пероксидаз, нитратредуктазы, что ускоряет энергетический и азотный обмен растений.

Одним из ключевых первичных эффектов является стимуляция H^+ -АТФ-азы плазмалеммы. Этот фермент, используя энергию АТФ, выкачивает протоны водорода из клетки, создавая электрохимический градиент. Возникающий градиент используется для вторичного активного транспорта ионов и метаболитов, критически важных для фотосинтеза. Стимуляция фотосинтеза осуществляется через два основных взаимодополняющих механизма: оптимизацию ионного транспорта и прямую активацию ферментативных систем.

Усиленный приток калия в клетки охранительной паренхимы регулирует тургорное давление и открывание устьиц. Улучшение калийного питания напрямую увеличивает число функционирующих устьиц и ширину устьичной щели, что снижает диффузионное сопротивление для углекислого газа и облегчает его поступление в хлоропласты – ключевой субстрат для темновой фазы фотосинтеза.

Магний является центральным атомом в молекуле хлорофилла. Интенсификация его транспорта в цитоплазму и хлоропласты обеспечивает субстрат для синтеза новых молекул пигмента. Также магний выступает кофактором для основного фотосинтетического фермента – оксигеназы.

Электрическое поле может вызывать кратковременное увеличение концентрации цитозольного кальция, который действует как универсальный вторичный посредник. Кальций модулирует активность

ряда ферментов, участвующих в метаболизме хлорофилла и работе фотосинтетических цепей.

Важным практическим аспектом является способность электростимуляции повышать устойчивость растений к абиотическим стрессам, таким как засоление, засуха, низкие температуры. Предполагается, что это связано с индукцией синтеза осмопротекторов и антиоксидантных систем, помогающих растению нейтрализовать окислительный стресс [4 с. 91].

Несмотря на обнадеживающие результаты, широкому внедрению электрокультуры препятствует ряд серьезных ограничений. Главной проблемой является отсутствие стандартизированных, воспроизводимых технологических регламентов. Небольшое отклонение может привести к отсутствию эффекта или даже к угнетению роста. Кроме того, наблюдается дефицит масштабных, строго контролируемых полевых испытаний, проведенных по всем правилам доказательной агрономии. На Кубани возделывается более 100 различных видов сельскохозяйственных культур [1 с. 2].

Для Краснодарского края, обладающего мощной научно-исследовательской базой (Кубанский государственный аграрный университет, ВНИИ риса, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия), путь внедрения электрокультуры видится в организации многолетних программ на базе ведущих научных центров по тестированию различных методов на ключевых для края культурах с обязательным проведением полевых опытов в почвенно-климатических зонах.

Однако путь от понимания механизмов к стабильному агротехническому эффекту сопряжён с существенными сложностями. Главная научная проблема – нелинейность и полимодальность ответа растения. Также для разработки эффективного метода для

электростимуляции, необходимо проводить количественный анализ экспериментов для получения более точных данных. Нельзя забывать, что метод, подходящий для одного вида растений, может не подойти для другого, что в свою очередь говорит о проведении исследования для каждого растения по отдельности [11, с. 27].

Таким образом, электрокультура представляет собой перспективное, но сложное и наукоемкое направление для интенсификации сельского хозяйства Краснодарского края. Ее потенциальные преимущества в области повышения стрессоустойчивости растений, качества продукции и снижения химической нагрузки хорошо вписываются в современные тренды «зеленой» агрономии. Однако переход от экспериментальных данных к коммерческим технологиям требует преодоления существенных научно-методических и инженерно-экономических барьеров.

Использованные источники:

1. Мельников, А. Б. Актуальные задачи развития сельского хозяйства Краснодарского края / А. Б. Мельников, В. В. Сидоренко, П. В. Михайлушкин // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 116. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-zadachi-razvitiya-selskogo-hozyaystva-krasnodarskogo-kрая>
2. Гурнович, Т. Г. Современное состояние АПК Краснодарского края и перспективы его развития на основе организации взаимодействия предприятий / Т. Г. Гурнович, Э. С. Сахацкая, Д. М. Малхасян // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 6 (65). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-apk-krasnodarskogo-kрая-i-perspektivy-ego-razvitiya-na-osnove-organizatsii-vzaimodeystviya-predpriyatiy>
3. Войтович, В. А. Электростимуляция растений: Физические основы и практическое применение / В. А. Войтович. – Минск: Белорусская наука, 2010. – 207 с.

4. Гудин, А. Н. Электрические методы в агротехнике и агрофизике / А. Н. Гудин, С. С. Шульгин. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. – 152 с.

5. Богатина, Н. И. Влияние электрических полей на растения / Н. И. Богатина, Н. В. Шейкина // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2011. – № 1 (63). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-elektricheskikh-poley-na-rasteniya>

6. Опристов, В. А. Электрические сигналы высших растений: распространение и физиологическая роль / В. А. Опристов, С. С. Пятыгин, В. Г. Ретвин // Успехи современной биологии. – 2002. – Т. 122, № 3. – С. 231–243.

7. Барышева, Н. Н. Обзор результатов исследования биоэлектрических сигналов в растениях / Н. Н. Барышева, С. П. Пронин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-rezultatov-issledovaniya-bioelektricheskikh-signalov-v-rastenyah>

8. Яхин, О. И. Физиологическая активность биостимуляторов и эффективность их применения / О. И. Яхин, А. А. Лубянов, И. Ф. Яхин // Агрохимия. – 2016. – № 6. – С. 72-94. – EDN WHGKJP.

9. Савенко, А. В. Итерационный алгоритм определения места установки и мощности компенсирующих устройств в сложных электрических сетях / А. В. Савенко, Р. А. Амерханов, А. В. Емелин // Энергосбережение и водоподготовка. – 2022. – № 4(138). – С. 71-74. – EDN СУТУМН.

10. Богатина, Н. И. Влияние магнитных полей на растения / Н. И. Богатина, Н. В. Шейкина // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2010. – № 4

(62). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-magnitnyh-poley-na-rasteniya>

11. Пивоваров, М. В. Необходимые аспекты изучения для выявления эффектов электростимуляции на рост и развитие растений / М. В. Пивоваров, Е. А. Козлова, В. В. Зажигина // Агротехника и энергообеспечение. – 2023. – № 4 (41). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neobhodimye-aspekty-izucheniya-dlya-vyyavleniya-effektov-elektrostimulyatsii-na-rost-i-razvitie-rasteny>