

**ГОСПЛАН КАЗАХСКОЙ ССР
КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Г. П. Дорохов

**ПЕРСПЕКТИВЫ
ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

(Информационное обеспечение научно-технических программ)

Алма-Ата 1984

УДК 631.531.17:631.531.97(088.8)

Перспективы применения электромагнитных полей в растениеводстве. Дорохов Г.П., 1984.

На основе аналитического обзора современных литературных данных и результатов проведенных исследований изложены основные аспекты механизмов взаимодействия внешних электромагнитных полей с биологическими объектами, обосновано экологическое значение электрического поля Земли как реально существующего и жизненно необходимого фактора; показана роль электричества в энергетическом балансе растений и управлении физиологическими процессами. Освещены возможные пути реализации физиологических резервов растений в повышении урожайности и улучшении качества продукции. Обобщены результаты лабораторных и полевых опытов, показывающие возможность применения электрического поля для управления физиологическими процессами в семенах сельскохозяйственных культур, вегетативных органах размножения, плодах и вегетирующих растениях. Многолетними полевыми опытами и результатами широкой производственной проверки обосновано агротехническое и народнохозяйственное значение приема предпосевной электростимуляции семян зерновых культур, риса, овощных культур и клубней картофеля. Показаны реальная возможность создания высокопроизводительных технических средств для внедрения агроприема в производство, пути ускорения научно—технического прогресса в сельскохозяйственном производстве. Обзор рассчитан на специалистов сельского хозяйства, научных сотрудников и инженерно-технических работников.

Библиогр. 128 назв. Табл.7. Ф КазНИИНТИ, 1984 г.

Г.П. Дорохов

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ПОЛЕЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**
Аналитический обзор

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация сельскохозяйственного производства на современном этапе настоятельно требует мобилизации новых ресурсов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Наряду с совершенствованием традиционных приемов агротехники, направленных на создание благоприятной среды обитания возделываемых культур, необходимо широкое внедрение в агрономическую практику научно обоснованных приемов активного воздействия не только на почву, но и на объект возделывания с целью управления физиологическими процессами для мобилизации потенциальных возможностей сортов в конкретных почвенно-климатических условиях. То есть, интенсификация в земледелии должна органически сочетаться с интенсификацией в растениеводстве.

Интенсификация в земледелии (мелиорация, внесение повышенных доз минеральных и органических удобрений, использование средств защиты от вредителей и болезней и т.д.) наряду с повышением урожайности неизбежно ведет к резкому увеличению энергозатрат в процессах производства сельскохозяйственной продукции. Академик ВАСХНИЛ и АН УССР А.А.Созинов отмечает, что "за очень короткий исторический срок... затраты на обработку почвы, удобрения, пестициды, транспортировку, хранение, переработку продукции сельского хозяйства возросли в десятки раз, значительно повысилась энергетическая цена пищевой калории, и, например, во Франции на каждую килокалорию в продуктах питания затрачивается 1,3 ккал ископаемой энергии. В нашей стране с ее суровым климатом эта цифра еще выше" [1]. Именно поэтому за последние годы все больше привлекает внимание отечественной и зарубежной науки разработка методов и средств повышения урожайности, отличающихся малой энергоемкостью технологических процессов.

Интенсификация растениеводства на современном этапе означает наряду с совершенствованием структуры посевных площадей, созданием высокопродуктивных сортов, совершенствованием системы семеноведения широкое использование физиологических резервов повышения урожая, то есть внедрение в агрономическую практику научно обоснованных приемов управления физиологическими процессами, протекающими в растениях, с помощью химических и физических реагентов. К ним относятся использование активаторов и регуляторов роста, научно обоснованное применение в растениеводстве различного вида излучений электромагнитного спектра. Благодаря малой энергоемкости технологических процессов высокой окупаемости трудовых и материальных затрат внедрение этих приемов позволяет резко снизить общую энергоемкость и себестоимость сельскохозяйственной продукции, что является одной из важнейших народнохозяйственных задач биологической и сельскохозяйственной науки.

О предстоящих задачах науки XXVI съездом КПСС особо подчеркнута, что страна крайне нуждается в том, чтобы усилия "большой науки", наряду с разработкой

теоретических проблем, в большей мере были сосредоточены на решении ключевых народнохозяйственных вопросов, на открытиях, способных внести подлинно революционные изменения в производстве.

За последнюю четверть века в биологической науке советскими и зарубежными учёными достигнуты уникальные успехи в исследовании механизма физиологических и метаболических процессов: раскрыты основные принципы биоэнергетики клетки, исследованы источники и формы ее энергетического баланса; установлены причины возникновения, роль и функции биоэлектрических потенциалов; расширены понятия о роли электрофизиологической полярности живых объектов; неопровержимо доказана роль электричества в управлении основными физиологическими процессами во всех живых организмах. Эти открытия являются теоретической основой для нового мощного подъема научно-технического прогресса во многих биологических отраслях народного хозяйства. Практически за последние 20 лет выделилась самостоятельная отрасль биологической науки - электробиология, изучающая влияние электрического поля как фактора внешней среды на жизнедеятельность живых организмов. Академическими науками создан прочный теоретический фундамент и указаны новые пути и возможности использования в народном хозяйстве электричества - самого совершенного вида энергии. В том числе показана реальная возможность использования электричества в агрономии путем направленного воздействия на семена и вегетирующие растения с целью управления физиологическими процессами для повышения урожайности, улучшения качества продукции и снижения потерь при хранении.

В решениях сессии ВАСХНИЛ, посвященной ускорению научно-технического прогресса в механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, указывается, что разработка методов и средств применения электрофизических способов воздействия на биологические объекты с целью повышения их продуктивности и с учетом требований сохранения окружающей среды представляет собой одну из важнейших задач аграрной науки и практики.

СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В АГРОНОМИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Уже на заре рождения технического электричества ученых занимала мысль о влиянии электрического поля на жизнедеятельность растений.

Одним из первых ученых мысль о значении электричества в жизни растений высказал М.В.Ломоносов, отмечая, что "Электрическая сила, сообщенная к сосудам с травами, ращение их ускоряет" [2].

Благодаря космическим исследованиям и уникальным достижениям в области биоэнергетики, электробиологии и других биологических наук проблема применения электрических полей в агрономии приобретает все большую научную основу и признание.

До недавнего времени считалось, что Солнце дает Земле только свет и тепло - жизненно необходимые факторы, обусловившие возникновение жизни и эволюции биологических систем на нашей планете. В сравнительно недавней работе — "Учение о биогеноценозе и его проблемы" ни слова не упоминается о земном электричестве как экологическом факторе [3]. Такая позиция была обусловлена представлением о высокой степени изоляции биосферы от ее космического окружения и что само возникновение биосферы и ее эволюция невозможны без эффективной изоляции от космических излучений.

А.Л.Чижевский - основоположник гелиобиологии (науки о влиянии солнечной деятельности на биосферу) - еще в 30-х годах 20-го столетия писал: "В нас глубоко укоренилась привычка считать, что Солнце чрезвычайно удалено от нас... Однако данный взгляд в корне неверен. Его ошибочность происходит оттого, что мы не учитываем одного важнейшего фактора — размеров самого светила и связанных с этим размером массы тела и величины излучающей поверхности, т.е. силы притяжения Солнца и силы его радиации" [4].

С развитием космонавтики, после запусков первых искусственных спутников Земли, когда стали проводиться непосредственные исследования окружающего космического пространства, гелиобиология получила как бы второе рождение. На основе количественных данных изменений околоземного космического пространства в связи с изменениями на Солнце возникли иные теоретические представления о солнечно-земных связях, показывающие реальную перспективу в недалеком будущем более широкого использования достижений гелиобиологии во многих отраслях народного хозяйства.

По современным представлениям возникновение жизни на Земле - одной из планет, вращающихся вокруг Солнца, стало возможным на определенном этапе эволюции солнечной системы. Солнце - эта звезда, по своим размерам, массе, температуре поверхности, световому потоку принадлежащая к числу наиболее распространенных, типичных для нашей Галактики звезд. Температура поверхности Солнца не превышает 6000 С, в центральных областях она достигает 15... 25 млн. градусов. Каждую секунду Солнце излучает $4 \cdot 10^{33}$ эрг световой энергии, что соответствует превращению 600 млн. т водорода в гелий. Масса Солнца огромна $-2.00 \cdot 10^{27}$ т, или соответствует 333343 массам Земли. Земля удалена от Солнца всего на 107 солнечных диаметров. Следовательно, процесс освобождения и излучения в мировое пространство гигантских количеств лучистой энергии и есть главная предпосылка возникновения и эволюции жизни. В силу сочетания

таких факторов, как соотношение масс Солнца и Земли, расстояние между ними, интенсивность солнечного излучения, прозрачность и состав земной атмосферы и т.п., создались условия для возникновения простейших форм жизни.

Совершенно очевидно, что и в настоящее время солнечно-земные взаимоотношения играют решающую роль в эволюции биосферы.

В настоящее время достоверно установлено, что между Землей и ионосферой, как между пластинами гигантского сферического конденсатора, действуют довольно значительные по силе электрические поля. Средняя напряженность поля находится в пределах 120...150 В/м, она не постоянна и варьирует от сотен вольт на метр в средних широтах до десятков вольт в полярных и экваториальных широтах. Параметры электрического поля изменяются с высотой. На высоте 1 м от земли средняя напряженность поля составляет 130 В/м, а на высоте 6000 м уменьшается в 10 с лишним раз; колебания электрического потенциала непосредственно связаны с метеорологическими явлениями достигая иногда до 1000 В/м. Наличие электричества между верхними слоями атмосферы и поверхностью Земли обусловлены потоком электромагнитных излучений, а циклический характер изменений электричества связан с интенсивностью этого потока, т.е. с активностью Солнца, имеющей периодический характер в силу пока еще труднообъяснимых внутренних и внешних причин, хотя по этому поводу высказано немало различных гипотез. Различают суточные вариации электрического поля (напряженность поля во второй половине дня выше, чем утром), связанные с вращением Земли вокруг оси; 27—дневные циклы — связанные с вращением Солнца; сезонные и годовые циклы, обусловленные движением Земли по орбите вокруг Солнца, а также 11-летние, 22-летние, "вековые" циклы (средний период цикла 80...90 лет), 180—летние и более, зависящие от цикличности активности Солнца.

Многочисленными исследованиями, проведенными в СССР и ряде зарубежных стран, полностью подтвердились идеи А.Л.Чижевского о солнечно-земных связях. Установлена коррелятивная зависимость с 11- и 22-летними циклами активности Солнца и с внезапными магнитными бурями многих явлений в живой природе на самых различных организменных уровнях от одноклеточных до высших, включая человека. Непосредственно после вспышки на Солнце увеличивается число автомобильных катастроф, несчастных случаев, травматизма и общее число смертельных исходов. Существенно возрастает число случаев обострения нервно-психических заболеваний, частота инфарктов миокарда и гипертонических кризов у сердечно-сосудистых больных. Установлена корреляция с активностью солнечного излучения активности вирусов гриппа, полиомиелита, ящура животных, интенсивности размножения и токсичности ряда болезнетворных бактерий, активности целого ряда других микроорганизмов, грибов и водорослей. С циклами развития микроорганизмов связаны периодичность распространения различных болезней у человека, в животном и растительном мире.

Значительно пополнился арсенал наблюдений и экспериментального материала о биологических эффектах электромагнитного поля (ЭМП) в растительном мире. Многочисленные исследования подтверждают, что толщина колец на срезах многолетних деревьев, характеризующая скорость нарастания их живой массы, имеет четкую корреляцию с 11— и 22—летними циклами активности Солнца. Более или менее четко выраженная 11-летняя периодичность наблюдается в урожайности основных сельскохозяйственных культур, в распространении болезней (фитофтороз картофеля, ржавчина и пыльная головня злаковых и др.) и сельскохозяйственных вредителей (саранча, клоп-черепашка, грызуны). Существует связь между 11- и 22-летними циклами солнечной активности и климатическими явлениями.

По данным советских исследователей, распределение засух в Казахстане во времени согласуется с кривой солнечной активности. Как правило, самые жестокие засухи возникали на минимумах солнечного цикла. Колебания урожайности зерновых культур в районах недостаточного увлажнения в СССР составляют 2,2...3,0 ц/га. В целом по стране

эти отклонения составляют 21%. Если в период высокой солнечной активности 1956-1960 гг. прирост урожайности зерно-вых культур в СССР составлял 2,1 ц/га, то в годы минимума - 1961-1966 гг. - только 0,6, а затем в следующий период максимума - 3,3 ц/га; картофеля - соответственно 13,0 и 20 ц/га. Проведенный анализ показал, что в годы с низкой солнечной активностью эффективность осадков (количество урожая на 1 мм осадков) меньше на 11% [5].

Снижение урожайности долгое время пытались объяснить почвенно-климатическими явлениями, связанными с цикличностью активности Солнца. Однако исследования советских космонавтов показали более важную роль магнитного и электрического поля Земли в жизни растений. При наличии в оптимальных размерах света, воды и минерального питания семена пшеницы, гороха, луковицы лука и клубни картофеля прорастали в космических кораблях, но ростки через 3 недели погибали. Причину гибели нашли в отсутствии земного притяжения. Это подтвердилось при выращивании растений на Земле в специальном приборе - клиностате, где растение вместе с горшочком непрерывно поворачивалось по отношению к направлению силы тяжести (относительное моделирование условий невесомости). Однако при наложении на растения искусственного электрического поля - при выращивании в клиностате, опытные растения произрастали нормально, а контрольные погибали в результате дезориентации к магнитному полю Земли и нарушения электрополярности в растительном организме. Таким образом, экспериментально доказано экологическое значение атмосферного электричества в жизни растений.

Доказательством экологической роли ЭМП служат результаты многочисленных экспериментов с экранированием биологических объектов от внешних полей или с наведенными на объект искусственными ЭМП с определенными параметрами. Такие эксперименты проведены в нескольких лабораториях СССР и за рубежом на самых разных организмах (от бактерий до человека) с однозначным результатом - ЭМП непосредственно влияют на жизнедеятельность организмов. Причем основная роль непосредственного биологического влияния отводится многими исследователями электростатическому полю околоземной атмосферы и магнитному полю Земли.

А.С. Пресман [6] считает вероятным 3 вида электромагнитных взаимодействий в живой природе, сформировавшихся в процессе ее эволюции в биосфере: 1) влияние на жизнедеятельность организмов электромагнитных процессов, протекающих в окружающей среде; 2) электромагнитные взаимодействия внутри организмов; 3) электромагнитные взаимодействия между организмами. Для понимания сущности и экологической роли этих взаимодействий необходимо рассмотреть современные представления о механизмах взаимодействия ЭМП с биологическими объектами на мембранном, организменном и популяционном уровнях.

Основу живой материи составляют высокомолекулярные органические вещества - белки, нуклеиновые кислоты и некоторые другие. Их называют биополимерами, а иногда живыми молекулами. Но сама по себе молекула белка или нуклеиновой кислоты так же мертва, как и молекула воды или сахара. "Оживают" биополимеры лишь тогда, когда они пространственно упорядочены и определенным образом взаимодействуют друг с другом. Основные биологические структуры, обеспечивающие такое взаимодействие, называют биологическими мембранами.

Совсем недавно считалось, что мембрана - просто эластичная перегородка, разграничивающая дисперсные системы клетки, различные по своим физико-химическим свойствам (органеллы клетки). Только за последние два десятилетия на стыке многих естественных наук сформировалась новая отрасль биологической науки - мембранология, изучающая строение и функции биологических мембран. С развитием этой науки существенно изменились основные представления в биоэнергетике (область биофизики, изучающая энергетический баланс клетки), нейрофизиологии, электромагнитной биологии и ряда других биологических наук. В корне изменились представления не только о

механизмах, метаболических процессов, протекающих внутри клетки, но и о механизмах сложной саморегуляции биосистем, о возникновении и эволюции всего живого.

Важную роль в развитии мембранологии сыграли технические достижения в области создания микроэлектродной техники, совершенствования электроизмерительной аппаратуры, позволяющей измерять электрический потенциал в любой части клетки, в том числе на мембране клетки.

Любая живая клетка имеет наружную (плазматическую) мембрану, отделяющую содержимое клетки от окружающей среды, и внутриклеточные мембраны, разграничивающие органеллы клетки: ядро, митохондрии, хлоропласты и др. Биомембраны - это очень тонкие структуры, толщиной 0,008 мк, состоящие всего лишь из двух слоев молекул. Характерной особенностью биомембран является постоянное наличие электрического потенциала, поддерживаемого за счет обмена веществ. Разделяя клетку на множество отдельных отсеков, мембраны обеспечивают сохранение в каждом из них специфических физико-химических условий, удерживая различные дисперсные системы за счет электростатических сил. По обе стороны мембраны такие условия среды, как кислотность, температура, концентрация растворенных веществ, электрический потенциал, как правило, неодинаковы. Наличие электрического потенциала на мембране — необходимый процесс. При исчезновении потенциала мембрана разрушается, органеллы клетки по закону диффузии растворяются, клетка погибает. Открытие наличия электрического потенциала на мембране клетки явилось мощным толчком развития всех биологических наук, обеспечило методологический переход от качественного анализа к количественному, от суждений, по большей части основанных на косвенных данных, к точным измерениям.

Абсолютное значение разности потенциалов по обе стороны мембраны нервных клеток составляет всего лишь 0,1 В, однако с учетом толщины мембраны, напряженность поля составляет 100000 В/м. Разница температур всего лишь 0,01°C, но при аналогичном пересчете этого перепада получается огромный градиент.

Общими свойствами биологических мембран является их избирательная способность пропускать вещества из окружающего раствора. Они довольно легко пропускают воду и задерживают ионизированные вещества, несущие электрический заряд. В силу этого в солевых растворах биомембраны являются хорошими изоляторами, удерживающими напряжение до 200...300 мВ. С учетом исключительно малой толщины мембран это напряжение составляет 200...300 кВ/см, что значительно превосходит изоляционную способность лучших материалов, применяемых в электротехнике.

С точки зрения законов физики при рассмотрении механизма воздействия физических факторов на биологические системы особый интерес представляют исключительные диэлектрические свойства биомембран. Основными свойствами диэлектриков является их способность к поляризации под воздействием различных реагентов, т.е. способность переходить в электретное состояние. Электрет — это постоянно наэлектризованный диэлектрик, несущий на одной стороне положительный заряд, а на другой - отрицательный, и благодаря этому способный создавать постоянное электрическое поле в окружающем его пространстве. При деполяризации электреты могут служить кратковременными источниками емкостного тока. Электреты могут возникать при воздействии на диэлектрик самых разнообразных реагентов: температуры (термоэлектреты), света (фотоэлектреты, лазероэлектреты), электрического поля (электроэлектреты, короноэлектреты), α , β , и γ -лучей (радиоэлектреты), магнитных полей (магнетоэлектреты), механической деформации (механоэлектреты), различают также биоэлектреты, вызванные спонтанной поляризацией дипольных комплексов в тканях живого организма за счет энергии

физиологических процессов (энергии дыхания). Характерно, что электретные свойства диэлектриков совершенно одинаковы, независимо от природы их образования, в то же время условия внешней среды (атмосферное давление, температура, влажность) и особенно диэлектрические свойства, форма и размеры диэлектрика оказывают существенное влияние на поведение, величину и стабильность зарядов электретов [7].

В биологических системах функции диэлектриков, переходящих в электретное состояние, выполняют клеточные мембраны. Благодаря своим исключительным диэлектрическим свойствам, полупроницаемости и эластичности мембраны клеток способны переходить в электретное состояние под воздействием физических, химических и механических реагентов.

Значение мембран в жизни клетки велико и разнообразно. Они не просто образуют пограничную зону клетки и ее органелл, а выступают в роли организатора всей ее деятельности, определяющего направленность и интенсивность идущих в клетке процессов. Мембраны координируют множество метаболических процессов в клетке, изменяют активность ферментов, координируют строгую последовательность химических реакций, участвуют в межклеточном обмене веществ и передаче информации. Большинство мембран, кроме общих функций, выполняют и специальные. Мембраны хлоропластов зеленых растений и митохондрий осуществляют трансформацию энергии. Мембраны в нервных клетках генерируют электрические импульсы; в мышечной ткани участвуют в сокращении и расслаблении мышц; в клетках органов чувств специализированные мембраны передают в центральную нервную систему электрическими импульсами информацию об изменении температуры и давления, о запахах и вкусе, световые и звуковые сигналы. Мембрана клеточного ядра защищает хранящийся в ядре генетический материал (хроматин), обеспечивает энергией процессы, происходящие внутри ядра, и двустороннюю передачу информации между ядром и остальной частью клетки.

Известно, что энергетической основой всех метаболических процессов в любой живой клетке являются молекулы аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) - универсального микроаккумулятора энергии в клетке. При окислении одной молекулы АТФ в процессе клеточного дыхания высвобождается большое количество энергии — 8000 кал.

Одним из выдающихся достижений биологической науки в 70-е годы является раскрытие основных принципов механизма синтеза и расщепления АТФ в организмах и роли этих процессов в биоэнергетике клетки. В Институте биологической физики АН СССР экспериментально установлено, что в мембранах митохондрий химическая энергия, выделяемая в процессе окисления органических веществ, трансформируется сначала в электрическую энергию, а затем в энергию АТФ, что подтверждает хемиосмотическую гипотезу английского исследователя П.Митчела.

В настоящее время установлено, что во всех изученных живых клетках электрическая форма энергии является обязательной на пути образования АТФ — универсального химического топлива клетки, используемого при любых жизненных процессах. Экспериментально доказано, что этот процесс обратим, и энергия АТФ, в свою очередь, может превращаться в электрическую, что может служить одним из механизмов передачи энергии на расстояние.

Исследования последних лет с применением микроэлектродной аппаратуры и микроэлектронной техники показали, что световая энергия в хлоропластах зеленых растений и хромофорах бактерий в первую очередь превращается в электрическую энергию (первая стадия - "физическая"), затем электрическая энергия превращается в энергию химических связей - АТФ (вторая стадия - "фотохимическая"), а третья стадия ("энзиматическая") - непосредственный синтез CO_2^+ в органические соединения - уже

не нуждается в освещении и может проходить в темноте. Причем скорость прохождения этих стадий составляет лишь 10^{-12} — 10^{-2} с.

С открытием важной роли электрических полей в мембранах митохондрий, хлоропластов и хроматофорах бактерий существенно изменились основные представления о биоэнергетике клетки. Транспорт электронов лежит в основе организации запасания энергии электронного возбуждения в виде энергии химических связей. В этом отношении фотосинтез и дыхание представляют собой две стороны одного процесса электронного транспорта, лежащего в основе биоэнергетики.

По современным представлениям фотосинтез приравнивается к работе фотоэлектрохимического элемента, осуществляющего трансформацию энергии в последовательности – свет → электричество → химическая энергия (АТФ). Все остальные процессы соответствуют работе электрохимического элемента: химическая энергия (окислительные реакции) → электричество → химическая энергия (АТФ). То есть все основные метаболические процессы происходят с обязательной трансформацией любых других видов энергии в электрическую. Иными словами, живая природа для управления физиологическими процессами избрала электричество - самый совершенный вид энергии.

По мнению академика В. Белицера, в живой клетке большинство белков функционируют в качестве компонентов сложных структур — хорошо сбалансированных и управляемых систем, где каждому белку принадлежит определенное место и определенная доля в общей, уже физиологической функции. Построение, "самосборка" белковых структур в клетке характеризуется строгой избирательностью соединения различных химических групп аминокислот. Одним из основных механизмов избирательного соединения простых белков в сложные макромолекулы является поляризация частиц и электростатические притяжения между группами, имеющими противоположные электрические заряды [8]. Следовательно, электрическое поле в клетке непосредственно участвует в синтезе белков, совершая работу по перемещению и строго упорядоченному построению сложных белковых структур. Американский исследователь Т. Хилл считает теоретически возможным участие электрического поля в процессе деления клеток. Под действием электростатических полей напряженностью 10000 В/см может произойти разделение цепей ДНК, а это может послужить пусковым механизмом для разделения хромосом в клеточном ядре, предшествующего делению клеток [6].

Все внешние воздействия на клетку идут через плазматическую мембрану, и она, преобразовывая их в электрическую энергию, передает их внутрь в виде биоэлектрических потенциалов. Экспериментально установлено, что любой растительный организм генерирует электрические ответы на раздражения внешними воздействиями. Эти сигналы в форме потенциалов действия или волны возбуждения являются своеобразным пусковым механизмом для ряда чисто физиологических процессов - фотосинтеза, дыхания, изменения интенсивности транспортных функций и т.п. Поэтому весьма важна роль ряда биопотенциалов в стимуляции биохимических процессов, принимающих непосредственное участие в механизме передвижения веществ у растений и выполняющих роль координатора физиологических функций пространственно удаленных органов [9,10,11]. *P.Mitchell* высказал гипотезу, что передача биоэлектрического потенциала может осуществляться не только по сопрягающим мембранам растительных клеток, кабелем, проводящим сигнал, могут служить также трубки ретикулума и другие структуры, соединяющие митохондрии друг с другом и с мембраной клетки [12]. Исследованиями советских ученых с применением метода регистрации биопотенциалов целого растения вскрыто существование многоплановой биоэлектрической полярности растений, установлены пути

передачи электрического возбуждения по растению, экспериментально доказана возможность передачи электрического возбуждения от одного растения к другому через контактирующие стебли и корни. Установлено, что скорость распространения и частота импульса строго зависят от вида воздействия (химическое, ожог, надрез, и т.п.). Обнаружена передача возбуждения в совместно прорастающих семенах и в контактирующих зерновках кукурузы, при этом наблюдалось электрическое взаимодействие между семенами, выражающееся в синхронизации и усреднении величины и амплитуд потенциалов членов системы.

На основе результатов этих исследований развиваются представления о наличии пространственно организованной системы биопотенциалов у растений (электрофизиологическая полярность), направленной на обеспечение высокой слаженности многообразных процессов функционирования организма и активно участвующей в его развитии. Развиваются представления о наличии физиологической полярности фитоценозов, реально участвующей в биоэлектрогенезе [13,14,15].

Современные достижения биологических наук имеют неопределимо важное практическое значение, они являются теоретическим фундаментом для разработки новых форм и эффективных технологий применения электричества во многих биологических отраслях народного хозяйства. По мнению академика АН Молдавской ССР Б.Р.Лазаренко, "... всякий живой организм является открытой электрической системой, выявив параметры и динамику которой, можно будет с помощью электрических воздействий управлять жизнедеятельностью организмов" [16]. Наиболее глубоко эти вопросы изучены на высших организмах и уже находят широкое практическое применение в медицине. По мнению многих исследователей, электробиология за последние 20 лет совершила настоящую революцию во всех отраслях медицины (нейрофизиологии, диагностике болезней, анестезии, физиотерапии, хирургии, фармакологии и др.), и эта революция только началась [17, 18,19].

Новые формы применения электричества в сельском хозяйстве, по мнению многих советских ученых, непосредственно занимавшихся изучением проблемы применения электрических полей в растениеводстве, необходимо рассматривать как единый народнохозяйственный план электрификации всей страны, так как вполне реальна перспектива на этой основе совершить "зеленую революцию" в решении продовольственной проблемы [9,16,20].

В настоящее время по этой проблеме сложились следующие научные направления: воздействие электрическим полем на биологический объект в целях управления физиологическими процессами и воздействие на среду обитания для создания оптимальных условий окружающей среды.

К первому направлению относятся исследования по электрообработке семенного (посадочного) материала в целях стимулирования или торможения ростовых процессов; применение электрических полей для очистки семян от трудноотделимых примесей, сортировки на фракции по хозяйственно ценным признакам; воздействие электрическим полем на вегетирующие растения в целях стимулирования или угнетения процессов жизнедеятельности; электрообработка сельскохозяйственной товарной продукции для повышения технологических и пищевых качеств.

Ко второму направлению относятся: электрообработка почвы в целях борьбы с засолением, борьбы с возбудителями некоторых болезней; электрообработка поливной воды, ядохимикатов, озонирование атмосферного воздуха.

Наибольшее число исследований посвящено вопросу предпосевной обработки семенного и посадочного материала.

ПРЕДПОСЕВНАЯ ЭЛЕКТРООБРАБОТКА СЕМЯН

В последние годы особое внимание исследователей обращено на изучение семени, как сложной саморегулирующей живой системы, в которой запрограммировано будущее развитие данной формы растения. Этот интерес связан с разработкой новых приемов воздействия на семена с целью повышения их всхожести и продуктивности. Разрыв между лабораторной и полевой всхожестью семян яровых колосовых культур составляет в условиях степной зоны Украины 15...20%, в условиях среднего Урала — 20...30, а в неблагоприятные годы — до 50% [21],

В настоящее время известно множество физических факторов, при воздействии которых на семена, наблюдается эффект стимулирования ростовых процессов. Многими исследователями отмечалось, что при действии самых разнообразных физических факторов на семена (ионизирующие излучения, ультразвук, лучи лазера, электрическое и магнитное поле и др.) при оптимальных дозах воздействия наблюдается один и тот же комплекс изменений, который выражается единой ответной реакцией, возникающей в результате воздействия на клетки живого организма. По существу и прибавка урожая от различных факторов, стимулирующих прорастание семян, примерно одинакова [22,23,24], что подтверждается сравнительными испытаниями эффективности физических факторов при обработке семян озимой и яровой пшеницы, кукурузы [25] и сахарной свеклы [26] (табл. 1).

Сущность стимулирующего воздействия физических факторов сводится к увеличению энергетического баланса семени посредством трансформации любых других видов энергии в электрическую и повышению электрического потенциала в мембранном комплексе. В естественных условиях в прорастающих семенах потенциал постоянно поддерживается за счет энергии дыхания, и каждая клетка тратит на это солидную долю своего энергетического запаса. Поэтому предпосевная обработка семян физическими факторами в оптимальных дозах, обеспечивающих повышение электрического потенциала в мембранном комплексе клеток, должна привести к значительному увеличению энергетического баланса семени, существенной интенсификации обмена веществ и активации ростовых процессов. Предпосевная электрообработка семян существенно повышает водопоглотительную способность семян, ферментативную активность и интенсивность дыхания проростков, что в конечном итоге положительно сказывается на энергии прорастания, всхожести, интенсификации ростовых процессов и фотосинтеза в ранних стадиях онтогенеза растений [27,28].

Учеными Башкирии установлено, что в пятидневных проростках пшеницы абсолютное содержание ДНК и РНК значительно выше в случае, если семена подвергались электрообработке за 12 дней до посева. Одной из главных причин стимулирующего действия предпосевной электрообработки семян является то, что в ядре клеток увеличивается количество функциональных генов, которые, включаясь в метаболизм растений, ускоряют формирование отдельных тканей и органов, и изменяют структурное состояние и функциональную активность генетического аппарата клетки [27, 29]. Исследователями Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства (ЧИМЭСХ) установлено, что предпосевная электрообработка семян повышает окислительно-восстановительные биопотенциалы в проростках пшеницы и увеличивает электропроводность их физиологического раствора. Стимулирующее действие электрообработки авторы связывают с

повышением активности анионов и катионов в клеточном соке, увеличением их концентрации и электродвижущей силы (ЭДС), что приводит к интенсификации процессов физиологического обмена на ранних этапах онтогенеза [30, 31].

Проведенные нами лабораторные опыты, в которых семена при проращивании замачивали раствором поваренной соли различных концентраций, показали, что предпосевная электрообработка семян существенно повышает солеустойчивость семян при прорастании (табл. 2), что может иметь большое практическое значение при посеве на засоленных землях, поскольку одной из основных причин торможения прорастания семян в условиях засоления, по мнению многих исследователей является торможение поглощения воды семенами и обезвоживание протоплазмы клеток вследствие осмотического действия солей [32].

Научное значение этих опытов заключается в том, что результаты полностью согласуются с современными представлениями о механизмах воздействия электрофизических факторов, и могут служить прямым доказательством повышения осмотического давления в клетках прорастающих семян как следствие электрообработки, что может быть связано с повышением электрического потенциала в мембранном комплексе и изменением проницаемости мембран. Кроме того, способ проращивания семян в осмотическом растворе можно использовать как тест для изучения параметров воздействия физическими факторами и сроков обработки [33].

Известно, что с величиной осмотического давления клеток связаны многие физиологические процессы: водопоглотительная способность тканей, интенсивность набухания семян, усвоение минеральных веществ корнями и транспортировка их в надземной части растений, а также система адаптации растений к неблагоприятным факторам внешней среды (морозоустойчивость, засухоустойчивость, жаростойкость и др.) [34].

Поэтому факт повышения осмотического давления в прорастающих семенах является важным и неоспоримым доказательством агротехнической ценности приема предпосевной электростимуляции семян.

Большой вклад в разработку этого агроприема и технических средств для его применения внесен Челябинским институтом механизации и электрификации сельского хозяйства и Зональным конструкторским бюро НПО "Казсельхозмеханизация" в творческом содружестве с другими научно-исследовательскими учреждениями.

Исследованиями ЧИМЭСХа установлено, что обработка семян зерновых культур в электрическом поле постоянного тока ведет к повышению их всхожести и энергии прорастания, улучшает дальнейшее развитие растений и повышает урожайность в среднем на 10...15% за счет большего количества продуктивных стеблей, повышения озерненности колоса и массы 1000 зерен; значительно влияет на повышение качества зерна нового урожая, способствует сохранению повышенных продуктивных свойств зерна в ряде поколений. Изучены основные параметры электрического поля для обработки семян зерновых культур и сроки обработки перед посевом - сроки отлежки. Наиболее эффективным является обработка в электрическом поле коронного разряда с отрицательным знаком на коронирующем электроде при напряженности поля от 2,5 до 6 кВ/см и продолжительности воздействия 3...5 с. Установлены оптимальные сроки отлежки семян; при посеве сразу после электрообработки стимулирующего эффекта не наблюдается, а при удлинении сроков отлежки свыше 20 дней эффективность резко снижается [35,36,37,38].

Казахским НИИЗемледелия установлена эффективность предпосевной электрообработки семян озимой пшеницы в условиях юга Казахстана. Обработка семян

в поле коронного разряда повышает урожай, улучшает технологические и хлебопекарные качества зерна [39].

Изучение сроков отлежки в лабораторных условиях при увлажнении семян осмотическим раствором в период проращивания показало четкую коррелятивную зависимость между продолжительностью периода "электрообработка — посев" и всхожестью семян. При проращивании семян в благоприятных условиях (замачивание водой) не наблюдается математически достоверной корреляции этих показателей, поскольку и контрольные семена (без обработки) показывают высокую всхожесть (табл. 3). Аналогичные данные получены при изучении сроков отлежки у семян риса [33].

Результаты опытов подтверждают данные ЧИМЭСХа о значении сроков отлежки семян. При посеве сразу после электрообработки не наблюдается стимулирующего эффекта, по-видимому, во влажной среде зерно теряет приобретенный заряд. Между электрообработкой (повышение электрического потенциала в мембранном комплексе клеток) и максимальной активностью ростовых процессов необходим определенный промежуток времени для качественной перестройки белковых соединений. У ячменя сорта Нутанс-970 оптимальный срок отлежки наблюдается в пределах 10..14 дней, а с увеличением продолжительности отлежки отмечается резкое снижение активности ростовых процессов. Поэтому при чрезмерном нарушении оптимальных сроков отлежки семян могут быть получены отрицательные результаты.

Научно-исследовательской лабораторией НПО "Казсельхозмеханизация" совместно с отделом рисосеяния КазНИИЗемледелия в 1978-1980 гг. разработан агроприем предпосевной обработки семян риса в электрических полях высокого напряжения [40,41]. Оптимальным режимом обработки оказалось двукратное воздействие различными электрическими полями, сначала электростатическим полем, затем электрическим полем переменного тока при напряженности поля 3,0...4,5 кВ/см и продолжительности воздействия 3...5 с. Установлено, что стимулирующий эффект усиливается при последующем покрытии семян полиакриламидом. Оптимальный срок отлежки для семян риса составляет от 7 до 14 дней.

Для предпосевной обработки семян зерновых культур Зональным КБ по техническому заданию ЧИМЭСХ разработаны и изготовлены электросемяобработывающая машина транспортерного типа ЭСОМ-Т производительностью до 5 т/ч и по собственным техническим разработкам — электрокоронная установка УЭК-30 производительностью 30 т/ч, обслуживаемая техником-оператором.

За 1976-1980 гг. на опытных образцах УЭК-30 обработано в 20 хозяйствах Казахской ССР семян зерновых культур на площади 186673 га. В среднем за эти годы с каждого гектара посевов обработанными в электрополе семенами получено дополнительно по 1,5 ц зерна, всего 27277 т (табл. 4). Экономический эффект составил более 2 млн.руб., или в среднем 10,8 руб./га. Расчеты показывают, что на 1 рубль, затраченный на электрообработку семян, получено 126 руб. прибыли, а срок окупаемости установки УЭК—30 при расчетной оптовой стоимости 1 600 руб. составляет всего лишь один час работы. При внедрении агроприема на всей площади зерновых колосовых культур в Казахстане можно дополнительно ежегодно получать 20...25 млн.ц зер-на, экономический эффект составляет 220...270 млн.руб.

В передовых хозяйствах внедрение нового агроприема обеспечило более высокую прибавку урожая. В совхозе "Ленинский" Чкаловского района Кокчетавской области за 1978-1981 гг. с общей площади посева 45700 га, обработанных в электрополе семян зерновых культур средняя прибавка урожая составила 2,1 ц/га. Получено дополнительно 98150 ц зерна на сумму более 680 тыс.руб. [42]. В совхозе "Константиновский"

Арыкбалыкского района Кокчетавской области прибавка урожая от внедрения приема предпосевной электростимуляции семян зерновых культур за 1977-1981 гг. составляла от 2,2 до 2,5 ц/га [43,44].

Анализ результатов широкой производственной проверки агроприема на зерновых культурах показал, что большое влияние на эффективность агроприема имеет строгое соблюдение сроков отлежки семян. Как преждевременный посев, так и опоздание приводят к снижению эффективности приема электрообработки семян. При обработке семян повышенной влажности не получено положительного эффекта. По-видимому, при повышенной влажности увеличивается содержание свободной, не связанной воды в зерновках, что приводит к изменению диэлектрических свойств зерна. В ряде случаев наблюдалось снижение эффективности агроприема из-за чрезмерного загущения посевов, что указывает на необходимость пересмотра установленных норм высева при внедрении агроприема.

Нормы высева устанавливались с учетом почвенно-климатических условий зоны и биологических особенностей сорта, но без учета применения каких-либо приемов стимулирования ростовых процессов. Прием электростимуляции семян значительно повышает их полевую всхожесть, продуктивную кустистость и весенне-летнюю выживаемость растений. Все это ведет к существенному увеличению числа растений и продуктивных стеблей на единицу площади, приводя к перегрузке, чрезмерному загущению посевов, особенно в зонах недостаточного увлажнения. Одним из характерных примеров являются результаты хозяйственной проверки приема предпосевной электрообработки семян ячменя о совхоза "Калининский" Гвардейского района Талды-Курганской области (табл.5).

В 1978 г. в совхозе с целью производственной проверки агроприема было посеяно 2440 га семенами, обработанными на электрозернообрабатывающей машине УЭК-30. Для учета эффективности агроприема на нескольких полях половина поля засеивалась обработанными семенами (опыт), а половина — не подвергавшимися обработке (контроль), в том и другом случае с установленной в данной зоне нормой высева 4,5 млн. всхожих зерен на 1 га.

Внешний осмотр полей перед уборкой показал разительные различия между опытными и контрольными вариантами. Опытные варианты отличались сильной полеглостью хлебостоя (на 100%), в то время как в контроле полегание было незначительным (2...3%). Фаза полной спелости зерна в опыте наступила на 10...12 дней раньше, чем в контроле. По результатам снопового анализа число растений на единицу площади увеличилось на 42,7%, а число колосьев - на 09,6%. Однако, находясь в условиях острого недостатка влаги, растения, регулируя свои потенциальные возможности с учетом условий произрастания, вынуждены пойти на снижение озерненности колоса на 12,2% и снижение массы 1000 зерен, что значительно снизило эффективность агроприема. Фактическая прибавка урожая при комбайновой уборке составила всего лишь 1,2 ц/га, или 7,1%.

Очевидно, что такие отрицательные явления, как полеглость хлебостоя, снижение озерненности колоса и массы 1000 зерен следует рассматривать не как прямой результат предпосевной электрообработки семян, а как следствие чрезмерного загущения посевов в результате неправильного пользования этим агроприемом. Аналогичные результаты в несколько менее ярко выраженной форме встречались при производственной проверке агроприема в посевах яровой пшеницы в хозяйствах Кокчетавской и Кустанайской областей. В 1980 г. в Рузаевской и Карабалыкской сельскохозяйственных опытных станциях (СХОС) изучалась эффективность приема предпосевной электростимуляции семян при различных нормах высева (табл. 6).

Результаты наглядно показали, что увеличение густоты всходов за счет повышения полевой всхожести в богарных условиях не всегда приводит к повышению урожайности, возможно даже снижение урожая в связи с чрезмерным загущением посевов. Наиболее существенная прибавка урожая получена в случае снижения нормы высева на 30% при посеве обработанными семенами, что выявляет дополнительные резервы повышения эффективности агроприема за счет меньшей потребности в семенном материале.

Производственная проверка агроприема предпосевной электростимуляции семян риса, проведенная в 1981 г. в совхозах Алма-Атинской области, показала его высокую эффективность. В совхозе "Акдалинский" прибавка урожая составила 4,9 ц/га при урожае на контроле 43,3 ц/га. В совхозе "50 лет Октября" с площади 144 га, засеянной обработанными семенами, получен урожай 32,2 ц/га при урожае в контроле 26,4 ц/га. Прибавка составила 5,8 ц/га, или 22%. Экономический эффект от внедрения агроприема составил 140,8 руб. на 1 га [45,46].

Аналогичные данные по стимулирующему влиянию электрического поля при воздействии на семена сельскохозяйственных культур получены многими исследователями в лабораторных, вегетационных и полевых опытах, а также при проведении производственных проверок агроприема в колхозах и совхозах в различных почвенно-климатических зонах страны [23,47,48,49].

В Иркутской области в полевых опытах предпосевная обработка семян обеспечила прибавку урожая у яровой пшеницы сорта Скала 2,8 ц/га (9,2%), у овса сорта Надежный - 3,0 ц/га (14,2) [50]. В Белокатайском ГСУ Башкирской АССР полевая всхожесть по пяти сортам яровой пшеницы повышалась в результате электрообработки семян на 17...22%, прибавка урожая составила 2,1 ц/га (10,9%), а в Учхозе Башкирского СХИ - 5,3 ц/га (11,5%), [51,52]. В совхозе "Сугоякский" Красноармейского района Челябинской области на пшенице сорта Комета получена средняя прибавка за 1970-1974 гг. 2,4 ц/га (17,0%), в совхозе "Кочердыкский" по сорту Саратовская-29 - 2,0 ц/га (14,7%), Харьковская-46 в 1973 г. - 2,1 ц/га (7,3%). В 1976 г. в области работало 11 электросемяобработывающих машин ЭСОМ-Т, в 7 совхозах с площади 20000 га средняя прибавка составила 2,0 ц/га (12,2%), а чистый денежный доход -19 руб. 60 коп. [53]. В Целинной МИС в 1971 г. прибавка при испытании приема составила 5,1 ц/га (22,9%) [38].

На юге Казахстана в среднем за 5 лет (1970-1974 гг.) озимая пшеница в неполивных условиях обеспечивала прибавку урожая 1,9 ц/га (11,0%) [39]. В колхозе "Коммунистический маяк" Кировского района Ставропольского края в 1976-1977 гг. при производственной проверке агроприема на озимой пшенице получена прибавка 1,7...1,9 ц/га [54].

В опытах по предпосевной электрообработке семян кукурузы отмечалось ускорение развития растений и созревания зерна, повышение урожая зеленой массы от 13,4 до 34,4% и початков - от 8,9 до 33,6% в зависимости от режимов обработки [55].

Весьма важно, что наряду с повышением урожайности у пшеницы наблюдается повышение содержания белка в зерне в среднем на 0,6...0,8% [38,39], а в условиях Иркутской области - на 1,6% [50]. Повышение качества сельскохозяйственной продукции наблюдается и на технических культурах: у хлопчатника [56], льна-долгунца [57], сахарной свеклы [26,38,58]. Характерно, что у сахарной свеклы не наблюдается значительного повышения урожайности корней (в пределах 2...5%), но предпосевная электрообработка семян существенно повышает их сахаристость, и сбор сахара с 1 га увеличивается на 10,0...13,0% [26,38,58].

Большой научный и практический интерес имеют факты снижения поражаемости растений различными заболеваниями: корневыми гнилями [50,59,60], пыльной и твердой головней [42,54,61].

Наиболее ошутимый эффект предпосевной электрообработки семян наблюдается в овощеводстве открытого и закрытого грунтов. Известно, что только отбор наиболее крупных семян для посева обеспечивает повышение урожая овощных на 18...20%. Крупные семена от мелких отличаются в основном не величиной зародыша, а величиной эндосперма. По-видимому, электрообработка семян, увеличивая энергетический баланс семени, повышает их потенциальные возможности продуктивности до уровня полновесных семян.

По данным Казахского НИИ картофельного и овощного хозяйства, электрообработка семян лука и моркови наряду с повышением урожая значительно улучшает качество продукции. За счет повышения урожая на 15% и значительного увеличения содержания основных химических компонентов валовой сбор каротина у моркови с единицы площади возрос на 36,6%, витамина "С" - на 45,8%, у лука при повышении урожая на 16,4% сбор хлорофилла с 1 га возрос на 29,3% и витамина "С" - на 34,8%, в сравнении с контролем. Чистый доход с 1 га от применения приема электростимуляции составляет в посевах лука 449 руб., моркови - 746 руб. [62].

Научно-исследовательской лабораторией Зонального КБ НПО "Казсельхозмеханизация" разработан прием предпосевной электростимуляции семян овощных культур закрытого грунта [63]. Для огурцов и томатов определены оптимальные режимы электрообработки. Предлагаемая технология наряду с повышением урожая на 11,4...12,2% способствует более раннему плодообразованию и за счет реализации ранней продукции по повышенным ценам увеличивает рентабельность отрасли на 20,9%. Кроме того, в плодах томатов повышалось содержание растворимых Сахаров, сухих веществ, витамина "С". Известно, что наилучшие вкусовые качества плодов томатов отмечаются при соотношении сахаров к кислоте 8:1. При электрообработке семян фактически получено соотношение 7,6:1;7,8:1, т.е. почти равное наилучшему стандарту, в то время как в контроле это соотношение составило всего лишь 4,7:1 [69].

Аналогичные данные по эффективности приема предпосевной электростимуляции семян и повышению качества продукции получены другими исследователями [65,66]. При выращивании в закрытом грунте в плодах огурцов сорта Майский содержание сухих веществ составляло 5,09%, сахаров -5,98% и витамина "С" - 3,55 мг/%, в контроле (без обработки) - соответственно 3,10; 5,69; 3,48 [60].

Имеются данные о высоком стимулирующем эффекте при обработке семян многолетних трав и семян кустарников (прутняка простертого, терескена серого и жужгуна безлистого), что может найти практическое применение в улучшении кормовой базы и снижении себестоимости кормов [23, 67].

Применение электрических, электромагнитных и магнитных полей для воздействия на семена все больше привлекает внимание отечественной и зарубежной науки, о чем свидетельствует возрастающий поток патентов и акционерных заявок США, Англии, Франции, ФРГ, Японии [68], а также авторских свидетельств СССР на изобретения способов обработки и технических средств для его осуществления [69].

В Канаде успешно внедряется в производство способ магнитной обработки семян по разработкам опытной станции провинции Альберта. Опыты с яровой и озимой пшеницей, рожью, овсом, кукурузой и огурцами показали, что урожай в результате магнитной обработки семян повышается в среднем на 20%, при этом ядохимикатами не

пользуются. В 1975 г. в штате Альберта подвергалось обработке 1 млн. бушелей семян зерновых культур [70] (на площади около 300000 га). Однако исследователи ЧССР считают метод обработки семян слабыми магнитными полями малонадежным, дающим неустойчивые результаты и предполагают, что это связано с взаимодействием с магнитными и электростатическим полем Земли [71], а применение сильных магнитных полей считают экономически невыгодным, поскольку уровень стимулирующего действия не выше, чем при электрообработке [72].

Прием предпосевной обработки семенного и посадочного материала электрическим полем высокого напряжения имеет большую перспективу. Устойчивое повышение урожая, возможность полной механизации процесса обработки, ничтожно малые трудовые и материальные затраты по сравнению с другими приемами позволяют сделать прием предпосевной электростимуляции семенного материала общедоступным для применения в широкой практике. Несмотря на то, что за последние 20 лет накоплен значительный экспериментальный материал, показывающий важное агрономическое значение приемов предпосевной обработки семян электрическими полями, практическое внедрение новых технологических процессов все еще сдерживается из-за недооценки важности агроприема и недопонимания сущности биофизических механизмов. Поэтому не уделяется должного внимания организации разработки и производства технических средств для внедрения. Имеются высказывания ряда ученых, что широкое применение электромагнитных полей в практике растениеводства преждевременно, поскольку не изучено их влияние на генетическую основу.

Является ли это серьезным основанием, препятствующим внедрению в производство приема предпосевной электрообработки семян? Во-первых, электрическое поле, как постоянно существующий и жизненно необходимый фактор при воздействии на семенной материал, включаясь в энергетическую систему, только интенсифицирует обмен веществ, не изменяя направленность физиологических процессов, которые контролируются генетическими системами. Следовательно, воздействие электрополями в оптимальных стимуляционных дозах не может вызывать генетических эффектов. Во-вторых, экспериментально установлено влияние электрообработки семян на повышение продуктивных свойств в ряде последующих поколений. То есть, если даже у генетиков имеются обоснованные опасения за отрицательные последствия электрообработки семян, то это может служить лишь ограничением применения агроприема в селекционно-опытных посевах и звеньях первичного семеноводства в элитно-семеноводческих хозяйствах, занимающих лишь около 1% всей посевной площади.

Поэтому высказывания о "преждевременности" внедрения приема электрообработки семян не имеют никаких оснований. Наоборот, следовало бы учитывать недобор урожая в результате запаздывания массового внедрения этого агроприема.

В целом по Казахстану, например, каждый год опоздание внедрения этого агроприема влечет за собою недобор зерна в размере его годового производства Кокчетавской области, даже если взять в расчет самую минимальную гарантированную прибавку — 1 ц/га

ЭЛЕКТРООБРАБОТКА ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ РАЗМНОЖЕНИЯ

Исследования последних 20 лет показали, что воздействие электрическими полями на вегетативные органы растений изменяет интенсивность проходящих в них физиологических процессов, что может быть с успехом использовано в агрономии. Наиболее полно исследовано воздействие электрического поля на клубни картофеля.

Сотрудниками ЧИМЭСХ установлено стимулирующее влияние электрического поля постоянного тока на клубни картофеля [73] и предложено техническое решение для разработки электроклубнеобрабатывающей установки [74]. Казахским НИИ картофельного и овощного хозяйства совместно с Зональным КБ в 1969-1973 гг. разработана технология предпосадочной электростимуляции клубней картофеля [75,76,77,78,79]. Определены оптимальные параметры электрообработки, оказывающие стимулирующее влияние на ростовые процессы в клубнях, выраженное в повышении интенсивности дыхания и активности физиологически важных ферментов, значительном уменьшении доминирующего значения верхушечной почки, увеличении числа ростков на один клубень, массы ростков и корней [80,81]. Растения имеют большее число стеблей и лучшую облиственность. Ускоряются процессы клубнеобразования и формирования урожая [82,83,84,85].

Установлено, что предпосевная электрообработка клубней повышает иммунитет к возбудителям болезней, повышает функциональную деятельность защитных механизмов самого организма, направленных на подавление жизнедеятельности патогена. Это имеет значительные преимущества в сравнении с химическим обеззараживанием клубней картофеля, так как способствует противостоять возбудителям болезней, находящимся не только на поверхности клубней, но и в почве [86,87,88]. Снижение распространенности болезней улучшает продуктивные свойства клубней нового урожая, в последующей репродукции урожай повышается на 16...18% без дополнительной электрообработки [78,88,89].

По техническим разработкам ЧИМЭСХ Зональное КБ разработало и изготовило опытные образцы электроклубнеобрабатывающей машины ЭКМ-ТБ, производительностью 5 т клубней в час [90,91].

Производственная проверка агроприема проводилась в 7 хозяйствах Казахстана (см. табл. 4), средняя прибавка урожая от этого приема 33 ц/га, или 26,0%. Характерно, что эффективность агроприема в северных широтах выше, чем в условиях юга Казахстана [78,85], и значительно выше в производстве раннего картофеля, особенно в сочетании с приемом опрыскивания вегетирующих растений стимулирующими растворами [83,92].

Результаты производственных проверок комплекса агроприемов, проведенных в Алма-Атинском табаксовхозе (табл.7) показывают, что трудоемкий агроприем - предпосадочное проращивание клубней при выращивании раннего картофеля с успехом может быть заменен на комплекс менее трудоемких агротехнических мероприятий: предпосадочную электростимуляцию клубней с последующим опрыскиванием растений раствором 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты совместно с микроэлементами. Трудозатраты на 1 га сокращаются в 14,7 раза, материальные - в 5,8 раза.

Электрообрабатывающие машины ЭКМ—ТБ испытаны в Пермской, Челябинской, Ленинградской и Московской областях, где подтверждена высокая эффективность приема предпосевной электростимуляции клубней. Ордена Октябрьской Революции совхоз

"Красная Балтика" Ленинградской области в 1977 г. получил картофеля по 209,4 ц/га при урожае в контроле (без электрообработки) 156,9 ц/га; в 1978 г. -соответственно 252,4 и 212,8 ц/га. В совхозе "Мысовский" Краснокамского района Пермской области в 1973 г. получена прибавка урожая 51 ц/га (27%) [93]. В учхозе ЧИМЭСХ, совхозах "Канашевский" и "Муслюмовский" Челябинской области прибавка урожая составляла от 9,5 до 27,0% по сравнению с посадкой необработанными клубнями [38]. В большинстве случаев отмечалось существенное повышение в клубнях содержания крахмала и витамина "С" [23, 38,89,93].

По результатам производственных проверок агроприема в Казахстане трудовые затраты на 1 га, связанные с электростимуляцией клубней, составляют 0,8 чел.-ч., при световом проращивании - 30,8 чел.-ч, материальные затраты составляют соответственно 4 руб. 28 коп. и 44 руб. 29 коп. Дополнительная чистая прибыль с 1 га за счет применения приема электростимуляции клубней в товарных посадках картофеля, при урожае 120...150 ц/га составляет 313 руб. [76-78].

Однако ЭКМ-ТБ не удовлетворяла требованиям производства из-за низкой производительности и некоторых конструктивных недостатков. В 1982 г. Зональным КБ изготовлен улучшенный образец электроклубнеобрабатывающей машины [94], которая в агрегате с картофелесортировальными пунктами и загрузчиком клубней ТЗК-30 обеспечивает производительность 25 т/ч. Обслуживается одним техником-оператором. За агротехнический срок 12...15 дней обеспечивает обработку на площади 400...600 га, то есть рассчитана для удовлетворения потребностей крупных специализированных хозяйств. При расчетной оптовой стоимости машины 2000 руб. срок ее окупаемости составляет 4...5 ч работы. Хозяйственные испытания, проведенные в совхозе "Агротехника" Госненского района Ленинградской области, показали, что машина обеспечивает пропускную способность 25 т/ч. Прибавка урожая в 1981 г. составила 23,9 ц/га при урожае в контроле 186,3 ц/га, в 1982 г. получено дополнительно 23,2 ц/га при урожае в контроле 150,4 ц/га, экономический эффект - от 260 до 531 руб. в зависимости от размеров сортовых надбавок.

Прием предпосадочной электрообработки клубней картофеля привлек внимание зарубежной науки и получил признание в Болгарии, где при проверке рекомендованного нами режима электрообработки клубней на сорте Остара получена прибавка урожая 25% к урожаю от клубней, не подвергавшихся электрообработке, а в варианте, предложенном Болгарскими учеными (световое проращивание в течение 19 дней после электрообработки), прибавка составила 38% [95].

Эффективность приема электростимуляции клубней во многом зависит от их физиологического состояния, воздействие электрическим полем на свежесобранные клубни вызывает не стимулирование, а наоборот, значительное торможение ростовых процессов. Многие исследователи отмечали, что воздействие физическими факторами усиливает те процессы, которые в данный момент являются преобладающими [22,23]. В свежесобранных клубнях картофеля, только что оторванных от материнского растения, интенсивно завершается синтез белковых соединений, относящихся к ингибиторам роста (клубни готовятся к естественному покою) [96]. Воздействие электрическим полем улучшает условия прохождения этого процесса, поскольку удлинение периода естественного покоя, наблюдаемое в опытах, можно объяснить лишь относительно большей концентрацией ингибиторов роста [96,97].

Химические стимуляторы роста (гиббереллин, тиомочевина и др.) разрушают ингибиторы роста, и из продуктов их распада синтезируются ростоактивирующие вещества [96], то есть химические стимуляторы роста изменяют направление физиологических процессов. В случае, когда клубни подвергали обработке раствором гиббереллина с тиомочевинной (изменение направленности физиологических процессов), а затем через 24 ч - воздействию электрическим полем (интенсификация уже идущих процессов), наблюдался наибольший эффект стимуляции по количеству проросших глазков, среднему числу и мощности развития ростков. При обратном воздействии эффект стимуляции был значительно меньше, чем при обработке одними химическими стимуляторами [79].

Клубень картофеля не генеративный, а вегетативный орган, представляющий собой как бы обособленное целостное растение, его зимующую форму. Поэтому ответную реакцию клубней на внешние воздействия электрическим полем, по-видимому, следует рассматривать как специфическую, присущую вегетативным органам и растениям.

В ГрузНИИМЭСХ разработан способ стимулирования приживаемости привитого черенкового винограда, электрообработка усиливает каллюсообразование и ускоряет сращивание подвоя и привоя. Производственная проверка агроприема, проведенная на установке ВСУ—1, разработанной Зональным КБ, показала его высокую эффективность [23].

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ВЕГЕТИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ И ИХ ОРГАНОВ

Фотосинтез пока остается единственным биоэнергетическим механизмом, поставляющим энергию Солнца для процессов жизнедеятельности человека и всего живого мира. Практически современный технический прогресс и цивилизация человечества обязаны этому биоэнергетическому механизму, который в течение нескольких миллионов лет накапливал энергию Солнца в виде угля, нефти, торфа и т.п.

Все люди на земле ежегодно используют в пищу 700 млн. т органических веществ, выделяя в виде тепла в окружающую среду около 3 квадриллионов ($3 \cdot 10^{15}$) ккал тепла. Это количество энергии превышает годовую продукцию 350 электростанций, подобных Волжской ГЭС им. В.И. Ленина. В процессе фотосинтеза растениями на Земле за год в виде углекислоты усваивается около $33 \cdot 10^9$ т углерода и накапливается 10^{18} ккал энергии, что в 13 раз превышает общие энергетические затраты такой страны, как США. Зеленый покров Земли связывает и использует всего 0,3% падающего солнечного света, при хороших условиях растения способны усваивать 5...10%. В специальных опытах у отдельных листьев растений "КПД" достигал 20%. Это показывает, какими огромными резервами располагает человечество для решения продовольственной и энергетической проблемы [98, 99, 100, 101].

В исследованиях суточного хода фотосинтеза и ростовых процессов сельскохозяйственных культур выявлены многочисленные "простои" или периоды резкого спада их интенсивности, что ведет к снижению суточных приростов биомассы и урожая [102]. Установлена корреляция суточных ритмов интенсивности фотосинтеза с напряженностью электростатического поля Земли [103]. Именно этим можно объяснить более высокие урожаи в годы максимума солнечной активности, в которые электростатическое поле Земли повышается до 30%, в то время как интенсивность светового потока практически не меняется [5].

Недоброр урожая в годы минимума солнечной активности составляет в среднем по СССР 21% [5]. Генетически закрепленный потенциальный уровень продуктивности сельскохозяйственных культур остается далеко не полностью исчерпанным в силу законов равнозначности, незаменимости и закона совокупности действия факторов жизни растений.

О влиянии электрического поля на рост и развитие вегетирующих растений известно давно. Еще в 1764 г. итальянский ученый Ф. Гардини наблюдал, что состояние растений, выращиваемых под редкой металлической сеткой, резко ухудшается [2]. Указанный опыт повторялся многими исследователями с однозначным результатом. Объясняется это явление тем, что металлические сетки отводят от растений атмосферное электричество. Установлено, что если на сетку подавать положительный заряд, рост и развитие растений сильно угнетаются [104], при подаче отрицательного заряда растения повышают интенсивность развития, ускоряют плодоношение и повышают урожайность [103].

Еще И.В. Мичурин в 90-х годах 19-го века отмечал "... что удобрение дает поразительные результаты, если подвергать гряды с растениями электризации, но при условии, чтобы напряжение тока не превышало двух вольт" [105]. Известны также

опыты ТСХА 1924-1925 гг., в которых наблюдалось повышение урожая картофеля на 30% при выращивании его под проволочной сеткой, через которую пропускался электрический ток высокого напряжения. Сетки коро-нировали и растения орошались потоком отрицательных ионов [106]. Исследования, выполненные в Институте физиологии растений АН СССР, показали, что разность электрических потенциалов между почвой и атмосферой заметно влияет на интенсивность фотосинтеза: чем более отрицательно заряжена почва по отношению к атмосфере, тем выше интенсивность фотосинтеза. При подаче на растение положительного потенциала интенсивность фотосинтеза немедленно падает [107].

При выращивании растений в искусственно созданном электромагнитном поле наблюдаются стимулирование роста развития растений, ускорение плодоношения, снижение распространенности заболеваний [108,109]; саженцы вишни ускоряли плодоношение на 2 года, урожай повышался на 15,0% [108]. Металлические конструкции теплиц отводят атмосферное электричество, значительно ухудшая условия произрастания тепличных культур, поэтому искусственно создаваемые ЭМП, ионизация или озонирование атмосферного воздуха в условиях закрытого грунта дают высокий эффект [110], что находит применение во многих зарубежных странах [111, 112].

Учеными Японии предложен способ выращивания растений в горшочках, устанавливаемых между электродными пластинами, где создается постоянное электрическое поле, стимулирующее рост растений [113], или стимулирование роста растений путем пропускания электрического тока через электроды, устанавливаемые вблизи корневой системы [114]. Институтом ботаники и институтом почвоведения АН Казахской ССР предложен способ стимулирования роста растений риса после залива чеков водой, путем подачи электрических потенциалов на почву и на воду [115].

Некоторые ученые считают более эффективным чередование в импульсном режиме воздействий на растения электрическим полем и светом [116, 117]. Однако все эти способы из-за большой сложности технологического процесса не имеют перспективы широкого использования в практике растениеводства за исключением применения в закрытом грунте и электропитомниках для выращивания рассадных культур.

Наиболее перспективным по технологичности применения представляется использование лазерных излучений для воздействия на вегетирующие растения. Лазерный луч, обладая свойством поляризации, способен повышать электрический потенциал в мембранном комплексе клеток, тем самым увеличивая разность потенциалов между почвой и листьями. Экспериментально доказана способность излучений гелий-неонового-лазера активировать процессы фотосинтеза, ростовые и биоэлектрические процессы [15].

Практическая проверка способа лазерного облучения растений (патент Великобритании [118]) в нашей стране показала положительные результаты при досвечивании растений в теплицах [119] и в открытом грунте. В колхозе имени "Ленина Энбекшиказахского района Алма-Атинской области в результате лазерной активации посевов озимой пшеницы, кукурузы, сои получено значительное ускорение созревания зерна (на 7... 10 дней) и существенное повышение урожайности [120].

Возможность применения электрического поля для ускорения созревания плодов проверена на зеленых плодах томатов. Результаты показали полную коррелятивную зависимость между дозой воздействия электрическим полем и интенсивностью процесса созревания. При лучшем режиме обработки уже через 5 дней

все плоды достигли технической спелости, потерь от гнили не наблюдалось, а потери массы от увядания составляли 2,5%. В контрольном варианте (без обработки) все плоды созрели только на 20-й день, а отходы от гнили и увядания составили более 15% [121].

Известно, что созревание плодов связано с синтезом этилена [96, 122]. По-видимому, электрообработка способствовала улучшению условий этого синтеза. Значение этих опытов заключается в том, что они еще раз подтверждают возможность использования кратковременных электрических воздействий для интенсификации идущих процессов в вегетативных органах и целых растениях, значительно ускорять физиологические процессы и сокращать сроки прохождения фаз развития.

Перспективно применение электрических полей в борьбе с вредителями. В садах Молдавии применение электрофизических методов защиты растений от насекомых позволило сократить количество применяемых химикатов [23]. К числу опосредованного применения электрических полей в агрономии относятся также электрообработка поливной воды [24,25].

Имеются сведения о положительном действии электрического поля в стимулирующих дозах на развитие микроорганизмов, что может быть использовано в промышленном приготовлении микроудобрений [126, 127, 128].

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Одним из основных путей повышения полевой всхожести семян является предпосевная активация ростовых процессов агротехническими приемами. Однако многие известные способы стимулирования прорастания семян химическими или физическими факторами не находят широкого распространения в агрономической практике из-за большой сложности и трудоемкости технологических процессов и в связи с этим низкой эффективности.

Прием предпосевной обработки семенного материала электрическими полями высокого напряжения рекомендуется к широкому внедрению в сельскохозяйственное производство. Внедрение этого агроприема в Казахстане на зерновых культурах обеспечит: повышение урожайности на 1,5...2,0 ц/га, в поливном земледелии / на 5...6 ц/га; сокращение потребности в семенном материале на 15...20%; в овощеводстве и картофелеводстве - повышение урожайности на 15...20% при значительном улучшении качества продукции.

Приведенные данные исследований показывают, что применение электромагнитных полей в растениеводстве не может быть ограничено только обработкой семенного материала. Не менее перспективны воздействия электрофизическими факторами на вегетирующие растения и их органы с целью управления физиологическими процессами, повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции.

До сих пор традиционно сложившиеся приемы земледелия направлены на улучшение условий корнеобитания, тогда как фотосинтетический аппарат и генеративные органы растений находятся в воздушной среде, где реально существуют и действуют электрическое, магнитное поле и другие физические факторы, оказывающие влияние на биологические процессы. По современным представлениям растения (как и другой живой мир) необходимо рассматривать как открытую электрическую систему, изменяющую свои электрические параметры во взаимодействии с естественным электрическим полем Земли и искусственными электрофизическими факторами.

К сожалению, экспериментальных работ, посвященных технологии применения внешних воздействий электрическими полями на вегетирующие растения, на сегодняшний день еще очень мало. Назрела необходимость всестороннего изучения взаимосвязи между естественными и искусственными электрическими полями, биохимическими и физиологическими процессами в растениях, разработки технических средств для практического применения электромагнитных полей.

В целях ускорения научно-технического прогресса в практическом использовании физических факторов в растениеводстве и внедрения современных достижений науки в сельскохозяйственное производство целесообразно решить следующие организационные вопросы:

- организовать производство опытной партии электрозернообрабатывающих и электроклубнеобрабатывающих машин по технической документации Зонального конструкторского бюро НПО "Казсельхозмеханизация" на одном из промышленных предприятий Казахстана;

- обеспечить ими отраслевые научно-исследовательские институты, областные сельскохозяйственные опытные станции и передовые хозяйства для изучения вопросов, связанных с совершенствованием технологии применения агроприема в различных почвенно-климатических зонах;
- провести государственные испытания этих машин в машиноиспытательных станциях;
- определить головное специализированное конструкторское бюро по разработке машин с применением электрофизических факторов в технологических процессах растениеводства;
- решить вопрос о серийном производстве электрозернообрабатывающих и электроклубнеобрабатывающих машин;
- рассмотреть вопрос об организации научно-производственного объединения "Биофизика", имеющем в своем составе научно-исследовательскую часть, специализированное конструкторское бюро и экспериментальный завод.

Организация такого объединения концентрирует решение всех взаимосвязанных научных, технических и производственных вопросов в одном научном подразделении. Это позволит более полно вскрыть ранее не используемые, чисто физиологические резервы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур; разработать высокоэффективные, совершенные технологии применения физических факторов в растениеводстве, не требующие больших капиталовложений; оперативно решать вопросы связанные с созданием новых технических средств и внедрением их в сельскохозяйственное производство.

Положительное решение этих вопросов обеспечит ускорение научно-технического прогресса и на этой основе обеспечит значительно больший вклад достижений науки в реализацию продовольственной программы страны.

Литература

1. Созинов А.А. Предисловие к работе И.И.Свентицкого "Биоэнергетика и продуктивность". - Сельское хозяйство, 1982, № 6, с. 3.
2. Калмыков К.Ф. Из истории электрофизиологии растений. - Сб. работ Пермского отделения Всесоюзного ботанического общества. - Пермь, 1965, Вып. 2.
3. Дылис Н.В. Учение о биогеоценозе и его проблемы. - М.: Знание. - Серия "Биология", № 6, 1975. - С.1-64.
4. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. - М.: Мысль, 1973. - С.1-352.
5. Космические циклы и ритмы жизни. - М.: Знание. -Серия "Биология", - № 8, 1971. - С.3-62.
6. Пресман А.С. Электромагнитные поля в биосфере. - М.: Знание, 1971.
7. Губкин А. Н. Электреты. /АН СССР "Наука и технический прогресс". - М.: Наука, 1987. - С. 1-186.
8. Белицер В. Как строятся белковые структуры. - Наука и жизнь, 1970, № 1.-С. 28-32.
9. Гунар И.И., Маслов А.П., Паничкин Л.А. Доклады ВАСХНИЛ, № 9, 1971. - С.7.
10. Опритов В.А., Крауз В.О., Треушников В.М. Роль электрической реакции возбуждения в осуществлении функциональной связи между надземной частью и корнями при действии на верхушки проростков внешних раздражителей. - Физиология растений, т.19, 1972, № 5. С.961-967.
11. Горчаков В. В., Соколова В. А. Электрическая активность тканей (растений) с различной селективностью к калию и натрию. — В кн.: Ботаника тропических культур. - М., 1982, - С.38-47.
12. Mitchell P. *Prokaryotic and Eukaryotic Cells*. XX Symp. Gener. Microbiol., 1970 p. 121.
13. Ерзин Л.П., Синюхин А.М. Влияние видовой специфичности клеток проводящего пучка на характеристику потенциала действия у высших растений. - Электронная обработка материалов, 1972, № 3. - С. 78-81.
14. Маслоброд С.Н. Электрофизиологическая полярность растений. — Кишинев: Штиинца, 1973. — С.1—154.
15. Маслоброд С.Н., Лысинов В.Н., Духовный А.И., Олоер Ф.Г. Электрофизиология кукурузы. — Кишинев: Штиинца, 1978. — С.1—121.
16. Лазаренко Б.Р., Болога М.К. Новые применения электричества - составная часть электрификации. - Электронная обработка материалов, 1970, № 2. -С. 3-9.
17. Шапоров В.Н. Медицина сегодня. / Сборник. Вып.2. - М.: Знание, 1977. - С.1-64. (Серия "Медицина", № 1).
18. Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. - М.: Наука, 1982. - С. 1-120. Сер. "Человек и окружающая среда".
19. Костюк П.Г. Все живое в глубоком родстве. -Знание - сила, 1982, № 2. - С.20-22.
20. Лазаренко Б.Р., Лазаренко Н. И, Изыскание новых применений электричества. - Электронная обработка материалов, 1977, № 5. - С.5-19.
21. Овчаров К. Е., Кошелев Ю. П. Почему семена стареют. - М.: Знание, 1978, № 4. - С.1-63.
22. Батыгин Н.Ф., Потапова С.М., Кортава Т.С., Алиев И. М. Перспективы использования факторов воздействия в растениеводстве. (Обзорная информация). - М.: ВНИИТЭИСХ, 1978. - С. 1-52.
23. Тезисы докладов совещания Всесоюзного координационного совета по проблеме "Электронно-ионная технология процессов сельскохозяйственного производства" 15-17 февраля 1979 г. - Тбилиси, с. 1-70.
24. Пилюгина В.В., Регуш А.В. Электромагнитная стимуляция в растениеводстве. (Обзорная информация). М.: ВНИИТЭИСХ, 1980. - С.1-49.
25. Заключительный отчет КазНИИЗемледелия ВО ВАСХНИЛ по теме РМСХ 003;:02. п. Алмалыбак, 1980 (рукопись).

26. Отчет Киргизской ордена Трудового Красного Знамени Государственной зональной машиноиспытательной станции по теме 03.01. Раздел 4, пгт Кант, 1978 (рукопись).
27. Хасанова З.М., Ахметов Р.Р., Гилялетдинов Ш. Я., Галеев Н. А. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы в электрическом поле постоянного тока. — Электронная обработка материалов, 1972, № 4. - С.71-77.
28. Блонская А.П., Окулова В.А., Миронова А.Н. Изучение активности каталазы и пероксидазы после обработки семян яровой пшеницы в поле коронного разряда. Тр. ЧИМЭСХ, вып.97. - Челябинск, 1975. -С. 133-137.
29. Хасанова З.М., Ахметов Р.Р., Галеев Н.А., Смирнова А.И., Вахитов В.А. Влияние предпосевной обработки семян в электрическом поле постоянного тока на функциональную активность хроматина клеточных ядер проростков яровой пшеницы. Тр.ЧИМЭСХ, вып.75. - Челябинск, 1973. - С. 149-153.
30. Блонская А.П., Окулова В.А. Влияние электрического поля на электропроводность проростков и растений пшеницы. Тр.ЧИМЭСХ, вып.97. - Челябинск, 1975. - С.129-132.
31. Блонская А. П., Окулова В. А. Влияние электрического поля на биопотенциалы в проростках и растениях пшеницы в начальный период фотосинтеза. Тр. ЧИМЭСХ, вып.109. - Челябинск, 1976. - С, 84-87.
32. Тур Н.С. Особенности возделывания риса на засоленных землях. - Краснодар: кн. изд-во, 1978. С.1-112.
33. Авторское свидетельство СССР № 967316. Бюлл. изобр.№ 39, 1982.
34. Либберт Э. Физиология растений (перевод с немецкого под редакцией В.И. Кефели). - М.: Мир, 1976.- С.454-458.
35. Блонская А. П. Влияние предпосевной обработки семян в электрическом поле коронного разряда на урожайность яровой пшеницы. Автореферат канд. дисс. - Челябинск, 1969. - С.1-22.
36. Окулова В.А. Влияние электрического поля постоянного тока на посевные и урожайные качества семян яровой пшеницы в ряде поколений. Автореферат канд. дисс. — Челябинск, 1972. - С. 1-24.
37. Изаков Ф.Я., Климов Ю.М., Блонская А.П. Исследование влияния предпосевной электрообработки семян на урожайность методом активного планирования экспериментов. Тр. ЧИМЭСХ, вып. 67. - Челябинск, 1972. - С.146-150.
38. Басов А.М. Влияние рабочего органа ЭИТ на формирование новых агроприемов и технологических процессов. Тр.ЧИМЭСХ, вып. 97. - Челябинск, 1975. - С.8-16.
39. Кириенко А. Г. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от предшественников, сроков, норм посева и электростимуляции семян на необеспеченной богаре Алма-Атинской области. Автореферат канд.дисс. — П.Алматыбак, 1980. - С.1-22.
40. Авторское свидетельство СССР № 880286. Бюлл.изобр. № 42, 1981.
41. Авторское свидетельство СССР № 912093. Бюлл.изобр. № 10, 1982.
42. Бурковский Н., Шарахимбаев Ш., Джалмурзаев О. Электростимуляция семян. - Сельское хозяйство Казахстана, 1982, 8. - С.11.
43. Шутов Э. Электростимуляция семян зерновых культур в электрическом поле коронного разряда. -ИЛ № 241 (3594), Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1979.
44. Маркграф Х.Г., Комаристый Н.М. Опыт выращивания высоких урожаев зерновых культур. -ИЛ № 214(3567). - Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1979.
45. Дорохов Г. П., Егоричев Г.А., Абдигулов Б.У., Сподыряк Л.Н. Предпосевная электрообработка семян. - эффективный агроприем в рисоводстве. - ИЛ № 91. - Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1982.
46. Егоричев Г.А., Дорохов Г. П., Абдигулов Б.У. Эффективность предпосевной электр. обработки и полимеризации семян риса при различных способах посева. - ИЛ № 41. - Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1983.
47. Тетюев В.А., Булатов В.А. Неоднородное электростатическое поле - стимулятор посевных качеств семян зерновых культур. — Электронная обработка материалов. - Кишинев, Штиинца, 1972, № 3. - С.76-77.

48. Маренков Н.А., Быков В.Г. Влияние обработки семян в электростатическом поле на урожай. -Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. - М., 1975, № 10.
49. Басов А. М. Результаты и дальнейшее направление работ проблемной лаборатории ЭИТ. Труды ЧИМЭСХ, вып.109. - Челябинск, 1976. - С.5-8.
50. Филиппов А. С. Изучение эффективности приемов предпосевной обработки семян зерновых культур в условиях Иркутской области. Труды ЧИМЭСХ, вып.109. — Челябинск, 1976. - С.81-83.
51. Хасанова З.М., Наумов Л.Г. Влияние электрического поля на рост, развитие и урожай яровой пшеницы в условиях северо-восточной зоны Башкирии. Труды БашСХИ. - Уфа, 1973. - С. 216-217.
52. Хасанова З.М. Предпосевная обработка семян в электрическом поле - резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Труды БашСХИ, вып.7. - Уфа, 1973, - С. 213-216.
53. Арнольд Л.Э., Блонская А.П., Окулова В.А. Производственная проверка метода предпосевной обработки семян зерновых культур в электрическом поле. Труды ЧИМЭСХ, вып.145. - Челябинск, 1978. С.69-73.
54. Рапутов Б.М., Цопанов Н.В. и др. Предпосевная обработка семян в электрическом поле коронного разряда. - Техника в сельском хозяйстве, 1979, № 3.-С.21-22.
55. Усова А.В., Меньшакова Л.В. и др. Влияние обработки семян в электростатическом поле на всхожесть и развитие растений кукурузы. Труды ЧИМЭСХ, вып. 85. - Челябинск, 1974. - С. 147-152.
56. Мустафаев С.А. Повышение скороспелости и урожайности хлопчатника путем обработка семян в элект- рическом поле высокого напряжения. Труды ЧИМЭСХ, вып.97.-Челябинск, 1975. - С.121-124.
57. Пономарева М.И., Голдаев В.С. Влияние предпосевной обработки высоковольтными электроимпульсными разрядами семян льна-долгунца на его продуктивность. - Электронная обработка материалов. — Кишинев: Штиинца, 1976, № 3(69). - С.68-71.
58. Иляллетдинов Ш.Н., Мирзалиев К. Влияние обработки семян в ЭПКР и облучения ОКГ лазера на продуктивность сахарной свеклы. - Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1978, № 7. — С.42-44,
59. Шмигель В.Н., Айдаров Ш.Г., Юсубалиев А. О возможности повышения резистентности семян хлопчатника к заболеваниям после их обработки электрическим полем. Труды ЧИМЭСХ, вып. 145. - Челябинск, 1978. - С.80-82.
60. Сальников А.И., Касаткина М.Г. Влияние предпосевной обработки семян огурцов электрическим полем на рост, развитие и урожай растений. - Электронная обработка материалов. - Кишинев: Штиинца, 1978, № 2. С.76-79.
61. Каменир Э.А., Знаев А.С., Дятченко Т, И. Некоторые результаты использования электрического поля для борьбы с головневыми заболеваниями. Труды ЧИМЭСХ, вып.145. -Челябинск, 1978. - С.74-79.
62. Боголепова Н.И. Влияние предпосевного облучения семян моркови и лука на урожай и качество продукции в условиях Алма-Атинской области. Автореферат канд. дисс. - Ленинград-Пушкин, 1977. - С.1-22.
63. Авторское свидетельство СССР № 660612. Бюлл. изобр. № 17, 1979.
64. Дорохов Г.П., Краденов В.П., Сподыряк Л.Н. Предпосевная электрообработка семян овощных культур закрытого грунта. - ИЛ № 1(3788).-Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1980. - С.1-8.
65. Никонова Н.Д. К вопросу о влагопоглощающей способности семян капусты после воздействия электромагнитного поля высокой частоты. - Электронная обработка материалов. 1980, № 4.
66. Махарашвили Г.М. Обработка семян огурцов в электрическом поле переменного тока высокого напряжения. - Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1970, № 11. - С.13-15.

67. Исмаилов К.Я. Результаты использования электрических полей для предпосевной обработки семян кустарников. Труды ЧИМЭСХ, вып.97,- Челябинск, 1975. -С.138-140.
68. Акционерные заявки и патенты зарубежных стран: США - А01 С 1/00; А01G 67/04 № 238204, 1943 г.; №2712713, 1955 г.; № 3765125, 1973 г.; № 3822505, 1974 г.; № 4020590, 1977 г.; Англии - А₂Q; А01 Cf 2 1/02 № 1090011, 1969 г.; А01 С 1/00 № 1271545, 1972 г.; № 1349835, 1974 г.; № 1353316, 1974 г.; № 1422366, 1976 г.; Франция А 01 С 1/100; А 01 h 21/00 № 2014342, 1970 г.; № 2192441, 1974г.; № 2237399, 1975 г.; № 2335143, 1977 г.; А01 С 1/06, А 01 67/04 № 2309129, 1976 г.; № 2328382, 1977 г., ФРГ А01 С 1/00 № 1302383, 1964 г.; № 2234005, 1975 г.; № 2264730, 1976 г.; № 2551579, 1977 г.; № 2556631, 1978 г.; № 26469 01, 1977 г.; Япония А01С 1/00 № 51-16321, 1976 г.
69. Авторские свидетельства СССР. Класс А01С 1/00: 1960 г. № 130724; 1968 г., № 206235, 211931; 1972 г., № 328849; 1973 г. № 366833; 1977 г. № 563938, 578027, 709032; 1978 г. № 622430; 1979г. № 656571, 665834, 680680; 1981 г., № 818521, 880287, 880288; 1982 г. № 908261, 913965, 917735, 961582, 973052; 1983 г. № 1009302.
70. Пестрякова С. Магнитная обработка семян. / Сельскохозяйственная ЭИ, № 25. - С., 1977.
71. Румлова Л., Румл М., Брож Ф., Станек З. Применение слабых магнитных полей при предпосевной обработке семян. - *Zemed. Techn.* 28, № 3. - Прага-Ржепы,.. 1982. - С. 155-156.
72. Румл М., Румлова Л., Станек З. Использование сильных магнитных полей для предпосевной обработки семян. - *Zemed. Techn.* 27, № 10. - Прага-Ржепы, 1981. - С.623-628.
73. Шмигель В.Н., Потанина Н.Д. Влияние обработки клубней картофеля электрическими полями на некоторые показатели урожая. Труды ЧИМЭСХ, вып.25. Челябинск, 1967.
74. Авторское свидетельство СССР № 321951, 1968.
75. Бобров Л.Г., Дорохов Г.П. Стимулирующее влияние предпосадочной обработки клубней картофеля электрическим полем коронного разряда. Информация о работах НИИКОХ МСХ Казахской ССР, вып.12. - Алма-Ата: Кайнар, 1981. - С.7-8.
76. Бобров Л.Г., Дорохов Г.П., Гиринский В.В. Рекомендации по внедрению новых приемов и технологий предпосадочной подготовки клубней картофеля. -Алма-Ата: Кайнар, 1973. - С. 1-16.
77. Дорохов Г.П. Влияние режимов предпосадочной обработки клубней картофеля в электрическом поле. Труды ЧИМЭСХ, вып.75. - Челябинск, 1974. - С.154-158.
78. Дорохов Г. П., Боголепова Н. И. Перспективы применения предпосевной обработки клубней картофеля и семян овощных культур электрическим полем высокого напряжения. Труды КазСХИ, т.ХХ1, вып.5. - Алма— Ата, 1978. - С. 269-276.
79. Авторское свидетельство СССР № 946428, 1982. Бюлл.изобр. № 28.
80. Дорохов Г.П. Электрическое поле - стимулятор роста картофеля. - "Сельское хозяйство Казахстана", № 4. - Алма-Ата, 1973. - С. 18.
81. Бобров Л.Г., Дорохов Г.П. Стимулирование прорастания клубней картофеля электрическим полем высокого напряжения. Труды КазНИИКОХ, т.V. - Алма-Ата: Кайнар, 1976. - С.11-27.
82. Бобров Л.Г., Дорохов Г.П. Влияние предпосадочной электростимуляции на урожай клубней картофеля. Труды НИИКХ, вып. XXIV. - М., 1975. - С. 64-74.
83. Дорохов Г.П. Производство раннего картофеля по новой технологии. ЭИ, вып.1(754), сер.21.04. -Алма-Ата: КазНИИТИ, 1980.
84. Басов А.М., Коваленко А. Ф., Миронова А. Н. Влияние предпосевной обработки в клубней картофеля в электрическом поле на повышение продуктивности растений. Труды ЧИМЭСХ, вып.97. - Челябинск, 1975. - С.117-120.

85. Бобров Л. Г., Капустин В. М. Влияние предпосадочной обработки клубней электрическими полями на урожай и качество картофеля. - Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1976, № 2. - С.31-33.
86. Дорохов Г. П., Фирсов В.Ф. Предпосадочная электрообработка клубней в борьбе с ризоктониозом картофеля. - Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1973, № 5. - С.109-111.
87. Фирсов В.Ф., Дорохов Г.П. Новое в борьбе с ризоктониозом. Труды КазСХИ, т. XVI, вып.1, ч.2,-Алма-Ата, 1973. - С.154-156.
88. Дорохов Г.П. Повышение иммунитета и улучшение семенных качеств картофеля путем электрообработки клубней. - Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1982, № 10. - С. 47-51.
89. Миронова А. Н. Влияние электрического поля на урожай картофеля в поколениях. Труды ЧИМЭСХ, вып.109 -Челябинск, 1976. - С.88-91.
90. Дорохов Г.П., Гирицкий В.В., Северский В.С. Результаты предпосадочной обработки клубней картофеля на электроклубнеобрабатывающей машине ЭКМ-ТБ. Труды ЧИМЭСХ, вып.61. - Челябинск, 1972. -С.209-215.
91. Гирицкий В.В., Северский В.С., Дорохов Г. П., Шмигель В. Н. Эксплуатационные особенности машин для предпосадочной обработки клубней картофеля электрическим полем. Труды ЧИМЭСХ, вып.65. -Челябинск, 1972. - С. 52-55.
92. Дорохов Г.П. Регулирование процессов формирования урожая картофеля опрыскиванием растений химикатами. Труды КазНИИКОХ, т.IV. - Алма-Ата: Кайнар, 1972. - С.42-46.
93. Сальников А.И., Тетюев В.А., Касаткина М.Г. Стимуляция клубней картофеля электрическим полем. - Электронная обработка материалов, № 1. - / Кишинев: Штиинца, 1975. - С. 66-69.
94. Авторское свидетельство СССР № 986311, Бюлл. изобр. № 42, 1981.
95. Палев И., Стефанов С., Иванов С. Върху възможностите за увеличаване на добива от картофи чрез използване на електротехнологията. Научни трудове на ВИММЭСС, т.ХХI, сер. 7. - Електроснабдяване и елект-рификация на производствените процеси. — Русе, 1979. — С.107-110.
96. Метлицкий Л.В. Биохимия плодов и овощей. М.: Экономика, 1979. - С.1-270.
97. Леопольд А. Рост и развитие растений. -М.: Мир, 1968. - С.328-353 (перевод с англ.).
98. Барабой В. А., Солнечный луч. - М.: Наука, 1976, - С.1-240.
99. Ясайтис А.А. От солнечного луча до нашего сознания. - М.: Знание, 1979. - С. 1-64. - Сер. "Биология",
100. Lelitch I. Improving the efficiency of photosynthesis. - Science, 1975. Vol. 188, № 4188, p.626-633.
101. Продовольственные проблемы населения мира. -М.: Знание, 1982.- С.1-48. Сер."Науки о Земле" № 9.
102. Шевелуха В. С. Физиологические резервы повышения урожайности сельскохозяйственных культур. - М.: Колос, 1980.
103. Шаповалов Л. В. Знакомьтесь: агро-элект-рификация. - М.: Колос, 1982, - С.1.-127.
104. Mirr L.E. Plant growth response in a stimulated electric field - environment. - Nature. Vol. 200. November, 2, 1963.
105. Мичурин И. В. Стимуляторы в жизни растений. Соч., т.1. - М.: Госиздат с.-х.лит. 1948.
106. Евреинов М. Г. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. - М.: Сельхозиздат, 1958.
107. Галактионов С. Г., Юрик В. М. Ботаники с гальванометром. - М.: Знание, 1979. - С.1-142.
108. Бельский А.И. Влияние электромагнитного поля на рост и развитие растений. - Электронная обработка материалов, 1977, № 6. - С. 69-71.

109. Авторское свидетельство СССР № 648165. Бюлл.изобр. № 7, 1979.
110. Авторское свидетельство СССР № 917786. Бюлл.изобр. № 13, 1982.
111. Treshow M., Stewart D. *Ozone sensitivity of plants in natural communities.* - *Biol. Conserw.*, 1973, Vol. 5, № 3 p. 209-214.
112. Oshima R.I., Taylor O.C., Braegelmann P.K., Baldwin D.W. *Effect of ozone on the yield and plant biomass of a commercial variety of tomato.* - *J. environm. Qual.*, 1975, Vol. 4, № 4, p. 463-464.
113. Япония, Патент № 48-6253. 1973, № 1-157.
114. Япония, Патент № 48-6861. 1969.
115. Авторское свидетельство СССР № 913981.
116. Гопьдберг Б. Свето-электрическая стимуляция роста. - Изобретатель и рационализатор, 1979, № 9,-С.17-18.
117. Авторское свидетельство СССР № 570342. Бюлл. изобр. № 32, 1977.
118. Universiti of Adelaide and L.Y. Paleg. Patent Specification № 1326229. A Method of kontrolling Plant Growth by Means of a Laser.
119. Китлаев Б.М. Применение лазерного светоимпульсного досвечивания растений в теплицах. Тезисы докладов к совещанию 27—30 октября 1980. г.Владимир.
120. Доклады на научно-практическом семинаре "Лазерная агротехника". - Алма-Ата, ВДНХ Казахской ССР, 28-30 октября, 1981.
121. Авторское свидетельство СССР № 869673. Бюлл. изобр. № 37, 1981.
122. Abeles F.B. *Ethylene in Plant Biology*, New York, San Francisco, London, 1973.
123. Абрамова Н. В. Изучение действия электрофизических факторов на биологические объекты. — Электронная обработка материалов, 1980, № 5. - С.57-60.
124. Авторское свидетельство СССР № 478784. Бюлл. изобр. № 28, 1975.
125. Авторское свидетельство СССР № 499865. Бюлл. изобр. № 3, 1976.
126. Евтушенко А. Д., Нечет В. А., Баха р е в а Л. И. Влияние постоянного тока на свойства микроорганизмов. Труды ЧИМЭСХ, вып.97. - Челябинск, 1975. - С.141-144.
127. Авторское свидетельство СССР № 259026. Бюлл. изобр. № 2, 1970.
128. Родионова Л. В. Влияние электрического поля на дрожжевые клетки *Candida tropicalis* ск-4. Сб.тр.КазГУ "Биологические науки", вып. 10. - Алма-Ата, с.172-179.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	2
СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В АГРОНОМИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ	4
ПРЕДПОСЕВНАЯ ЭЛЕКТРООБРАБОТКА СЕМЯН	12
ЭЛЕКТРООБРАБОТКА ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ РАЗМНОЖЕНИЯ	19
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ВЕГЕТИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ И ИХ ОРГАНОВ	22
ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ	25
ЛИТЕРАТУРА.....	27
Приложения.....	34

Таблица 1

Эффективность различных способов предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур

Вариант опыта	Озимая пшеница Безостая-1, 1976-1979 гг.		Яровая пшеница Казахстанская-126, 1977-1979 гг.		Кукуруза гибрид Южная-3, 1977-1979 гг.		Сахарная свекла Киргизская односеменная-25, 1978 г.				
	урожай, ц/га	% к конт- ролю	урожай, ц/га	% к конт- ролю	урожай зерна, ц/га	% к конт- ролю	урожай корней, ц/га	% к конт- ролю	сахар- ристость, %	сбор сахара, ц/га	% к конт- ролю
Контроль	14,8	100	21,4	100	90,1	100	681,1	100	16,2	110,3	100
Электрообработка	17,1	115,5	26,5	123,8	106,3	118,0	726,1	106,6	17,1	124,2	112,6
Лазерная обработка	15,7	106,1	25,6	119,6	100,6	111,7	697,8	102,4	17,9	124,9	113,2
У - лучи	-	-	25,6	119,6	108,4	120,4	715,3	105,0	17,1	122,3	110,9
Дегазированная вода	16,0	108,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НСР _{0,95} , ц/га ¹	0,9		2,6		7,1		51,4		1,2	8,0	
м, %	2,7		3,9		2,9		2,5		2,5	2,3	

Примечание: Озимая и яровая пшеница и кукуруза - по данным Казахского НИИ земледелия; сахарная свекла - по данным Киргизской машиноспытательной станции.

Таблица 2

Влияние предпосевной электрообработки семян на солеустойчивость при прорастании

Концентрация NaCl, в молях	Осмотическое давление, ат	Взошло семян, %					
		пшеница Саратовская-29		ячмень Нутанс-196		рис Дубовский-129	
		без обработки	электрообработка	без обработки	электрообработка	без обработки	электрообработка
0	0	84,5	90,8	86,3	88,5	80,2	78,5
0,1	4,4	59,8	73,6	81,5	85,0	63,3	79,2
0,125	5,5	-	-	61,5	71,3	47,0	70,7
0,15	6,6	42,5	54,8	61,5	64,8	1,2	57,2
0,175	7,6	-	-	50,0	59,3	0	12,3
0,2	8,7	18,3	36,5	34,0	49,5	0	0
НСР _{0,95} %		8,0		6,3		5,4	

Т а б л и ц а 3

Влияние продолжительности периода "электрообработка - посев" на всхожесть семян при увлажнении водой и осмотическим раствором (ячмень Нутанс-970)

Вариант опыта	Увлажнение			
	водой		раствором NaCl 0,2M	
	взошло семян, %	\pm к контро- лю	взошло се- мян, %	\pm к конт- ролю
Без электрооб- работки (контроль)	86,3	-	34,0	-
Электрообработка 1	91,2	4,9	42,6	8,6
с отлежкой, 3	93,8	7,5	46,9	12,9
7 сут	88,5	2,2	49,5	15,5
10	91,5	5,2	66,3	32,3
14	96,0	9,7	85,5	61,5
17	90,2	3,9	58,7	24,7
22	94,0	7,7	57,0	23,0
НСР _{0,95} , %		10,2		10,7

Т а б л и ц а 4

Результаты производственных проверок агроприема предпосевной электрообработки семенного и посадочного материала в хозяйствах Казахской ССР. за 1969-1981 гг.

Культура	Число хозяйств	Общая площадь, га	Прибавка урожая		Дополнительная чистая прибыль, руб./га
			ц/га	%	
Озимая пшеница	3	6140	2,5	17,5	
Яровые зерновые	19	180533	1,4	10,8	
Зерновые в среднем	20	186673	1,5	11,5	10,8
Рис	2	147	5,3	15,4	140,8
Картофель в среднем	7	102	33	26,0	313,0
В том числе в элитно-семеноводческих посадках	1	6	36	19,1	1241,0
Картофель: ранний	2	11	51	33,2	834,0
продовольственный					
поздний	4	85	30	24,7	178,0
Овощные (в теплицах)	1	0,2			
огурцы	1		2,3... 2,5 кг/м ²	16,8... 18,2	-
помидоры	1		1,3... 1,5 кг/м ²	11,4... 12,2	39 руб./м ²

Примечание. Согласно актам производственной проверки агроприема по зерновым культурам за 1976-1980 гг., по рису - за 1981 г., картофелю - за 1969-1977 гг., овощным культурам - за 1978 г.

Т а б л и ц а 5

Структура урожая ячменя сорта Черниговский-5 в производственных посевах совхоза "Калининский" Гвардейского района Талды-Курганской области, 1978 г.

	Без электро- обработ- ки (конт- роль)	Электро- обработ- ка се- мян	Результаты к конт- ролю	
			±	%
Число растений, шт./м ²	307	438	+131	142,7
Общее число стеблей, шт./м ²	503	833	+330	165,5
Из них продуктив- ных	448	760	+312	169,6
Продуктивная кустис- тость	1,48	1,73	10,25	116,9
Число зерен, шт.				
в колосе	14,7	12,9	-1,8	87,8
на 1 растение	21,8	22,4	+0,6	102,8
на 1 м ²	6546	9874	+3328	150,8
Масса 1000 зерен, г	37,6	27,4	-10,2	72,9
Продуктивность, мг				
1 колоса	555	352	-203	63,4
1 растения	824	608	-216	73,8
Биологический урожай, г/м ²	243	267	+24	109,9

Наибольшая часть годовых осадков в этом районе приходится на ранневесенний период, а период формирования и налива зерна проходит в основном в условиях острого дефицита влаги в сочетании с высокой температурой и низкой относительной влажностью воздуха.

Т а б л и ц а 6

Эффективность приема предпосевной электростимуляции семян пшеницы
Саратовская-29 при различных нормах высева, 1980 г.

Вариант опыта	! Норма высева ! семян, млн.шт/ га	! Густо- та ! всходов, шт/м ²	! Поле- вая ! всхо- жесть, %	! Урожай- ность, ц/га	! Сбор зерна с ! вычетом ! нормы высева, ц/га	! Результат к контролю		! Масса 1000 ! зерен, г
						+ ц/га	!	
Карабалыкская СХОС Кустанайской области								
Без обработки (контроль)	4,0	251	62,7	15,3	13,8	-	100	36,3
Электрообра- ботка	4,0	276	69,0	15,9	14,4	+0,6	104,3	36,7
	3,4	213	62,5	17,0	15,7	+1,9	113,8	36,2
	2,8	211	75,5	18,3	17,2	+3,4	124,6	37,3
Рузаевская СХОС Кокчетавской области								
Без обработки (контроль)	3,5	264	75,3	27,0	25,7	-	100	38,1
Электрообра- ботка	3,5	305	82,7	24,5	23,1	-2,6	89,9	37,7
	3,0	274	83,5	27,0	25,9	+0,2	100,8	38,1
	2,5	215	80,5	28,2	27,1	+1,4	105,4	39,1

Таблица 7

Влияние комплекса агроприемов на урожай раннего картофеля
в Алма-Атинском табаксовхозе

Способ обработки		На 7 июля			На 25 июля		
		Урожай		Стандартная продукция, %	Урожай		Стандартная продукция, %
клубней	растений	ц/га	%		ц/га	%	
		Без подготовки (контроль)	Без опрыскивания	85	100	70	150
Опрыскивание	96,4		113,5	75,4	170	113,3	92,2
Световое проращивание	Без опрыскивания	110,0	129,4	84,0	169,2	112,8	94,5
	Опрыскивание	125,6	147,8	88,5	250,8	166,8	93,9
Электрообработка	Без опрыскивания	105	123,5	80,0	189,6	126,4	95,8
	Опрыскивание	153,6	168,6	89,6	270,4	180,3	98,1