

УДК 631.531.011.3:53

**ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ
КАЧЕСТВА СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**
**Е. А. Городецкая, Ю. К. Городецкий, Е. Т. Титова, А. С. Качалко,
А. Д. Сыч**

УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»

г. Минск, Республика Беларусь

(Республика Беларусь, 220023, Минск, пр. Независимости, 99; e-mail:
helgorod2003@mail.ru)

***Ключевые слова:** качество семян, чистота, всхожесть, энергия прорастания, пряноароматические культуры, лекарственные растения, семейство Зонтичные (Apiaceae), нативные семена, диэлектрическая сепарация, обработка в ультразвуковом поле, Республика Беларусь, экологизация растениеводства, снижение нагрузки на высевальные аппараты, продовольственная независимость.*

***Аннотация.** Предложено и исследовано применение диэлектрической сепарации как метода получения семян высшей категории, т. к. их очистка на механических ситах становится все более неэффективной. Одновременно этот способ позволяет снизить нагрузку на высевальные агрегаты. Показаны результаты исследования влияния воздействия электрического поля, создаваемого бифилярной обмоткой диэлектрического сепаратора, на посевные свойства обработанных семян. Концепция улучшения качества семян была развита шире и затронула использование ультразвуковой обработки в комбинации с диэлектрическим разделением. Статья рассчитана на интерес специалистов семеноводства, растениеводства, инженерно-технических специалистов АПК; преподавателей, студентов и аспирантов биологического и сельскохозяйственного профиля.*

**ELECTROPHYSICAL METHODS FOR IMPROVING SEED
QUALITY OF CROPS**

**E. A. Gorodecka, Y. K. Gorodecki, E. T. Titova, A. S. Kachalko,
A. D. Sych**

EI «Belorussian State Agrarian Technical University»

Minsk, Republic of Belarus

(Republic of Belarus, 220023, Minsk, 99 Nezavisimosti av.; e-mail:
helgorod2003@mail.ru)

***Key words:** seed quality, purity, germination, germination energy, spicy-aromatic crops, medicinal plants, Umbrella family (Apiaceae), native seeds, dielectric separation, processing in the ultrasonic field, the Republic of Belarus, greening of crop production, reducing the load on the sowing machines, food independence.*

Summary. *The application of dielectric separation as a method of obtaining seeds of the highest category is proposed and investigated, since their purification on mechanical sieves is becoming increasingly inefficient. At the same time, this method allows to reduce the load on the sowing units. The results of the study of the influence of the electric field generated by the bifilar winding of the dielectric separator on the sowing properties of the treated seeds are shown. The concept of improving the quality of seeds was developed more widely and affected the use of ultrasonic treatment in combination with dielectric separation. The article is designed for the interest of specialists in seed production, crop production, engineering and technical specialists of agriculture; teachers, students and postgraduates of biological and agricultural profile.*

(Поступила в редакцию 25.04.2019 г.)

Введение. Увеличение количества и повышение качества продукции растениеводства является главной задачей в развитии агропромышленного комплекса нашей страны [1]. Важным рычагом в решении этой проблемы является семеноводство, ведь семена являются носителями биологических свойств растения. Не менее важны технологические приемы выведения семян и посадочного материала из состояния покоя для получения ранних и выровненных всходов, закладывающих основу увеличения урожая, получения высококачественной продукции. Ученые и специалисты сельского хозяйства постоянно совершенствуют и разрабатывают новые агроприемы и технические средства для предпосевной обработки семян с целью улучшения их посевных качеств и энергии прорастания.

Целью работы стала разработка и исследование электрофизических методов обработки семян сельскохозяйственных (и пряноароматических) растений, обеспечивающих более полную реализацию их генетического потенциала. Актуальность развития подобных исследований определяется существующим несоответствием физиологического качества посевного материала требованиям интенсивных технологий растениеводства. Когда условия прорастания оптимальны, полевая всхожесть коррелирует с лабораторной и сила роста семян может не иметь определяющего значения в дружности и полноте всходов. На практике редко встречаются идеальные условия для прорастания и стрессорные условия окружающей среды (например, низкая или высокая температура и/или влажность, нарушение агротехники) приводят к появлению различий в полевой всхожести в зависимости от силы роста семян. В связи с этим на практике применяют комплекс мероприятий для повышения продуктивности растений [2].

Материалы и методика исследований. Для оценки влияния предпосевных обработок на физиологические качества семян их тестируют на всхожесть. Это основной общепринятый параметр оценки

жизнеспособности как способности к прорастанию (т. е. живое семя или мертвое). Методология определения всхожести хорошо развита и непрерывно совершенствуется в сторону повышения воспроизводимости и статистической достоверности результатов [2]. Применение стимуляторов дает хорошие результаты у семян, находящихся в неглубоком покое, чего нельзя утверждать о семенах в глубоком морфофизиологическом покое или твердокаменных. Особую актуальность приобретают поиски *физического и электрофизического* воздействия на семена, и наши исследования подтверждают необходимость их дальнейшего углубления и расширения, т. к. кроме абиотических факторов существует целый ряд инфекционных, бактериальных и смешанных инфекций, поражающих семена и сами растения. В наших опытах мы сталкивались на стадии пророщивания семян с появлением на их поверхности смешанной инфекции: гриба *Penicillium sp.* в виде серого налета и прозрачной слизи. Отмечен положительный эффект при использовании нетрадиционных микро-, радиоволновых и плазменных методов обработки семян [3]. Перспективность применения таких методов обусловлена высокой биологической активностью электромагнитных полей во всех частотных диапазонах, а также специфическими физико-химическими свойствами плазмы. Полученные к настоящему времени результаты показывают перспективу данных методов изменения посевных свойств семян. Так, например, в работах [4, 5] выявлено повышение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян пшеницы, кукурузы и ячменя после их обработки слабым (величина магнитной индукции $B \approx 3-15$ мТл) низкочастотными (НЧ) и сверхвысокочастотными (СВЧ) магнитными полями.

Электротехнологии основаны на преобразовании электромагнитной энергии в другие виды и их целенаправленном использовании для воздействия на предметы труда в технологических процессах. Особый интерес представляет выявление качественной и количественной связи между показателями электрофизических воздействий и технологическими свойствами семян. Повышение посевных качеств семян, урожайности культур и качества урожая происходит только при определенных параметрах электромагнитных полей, таких как длительность воздействия, частотный диапазон, плотность мощности, пространственные характеристики электромагнитного и ультразвукового полей. Кроме этого, каждая сельскохозяйственная культура имеет свой оптимум этих параметров [6].

Существующие технологии, обеспечивающие очистку и сортирование семян, основаны на различии их (семян) свойств: по удельному весу, плотности, размеру, форме, аэродинамическим, физико-

механическим и химическим свойствам. Однако семена – потенциально живые организмы, их нельзя травмировать, нагревать и помещать в агрессивные среды. При электрических способах сепарации семенных смесей используют различие свойств электропроводности, диэлектрической проницаемости, поляризуемости, способности воспринимать и отдавать заряд. Электрические свойства обрабатываемого семенного материала находятся в тесной взаимосвязи с их другими физическими и биологическими свойствами. В БГАТУ ведутся исследования диэлектрического разделения смесей и влияния его на посевные качества семенного материала. Его суть заключается в различии значений и направлений сил, создаваемых системой заряженных электродов – бифилярной обмоткой, на разделяемые сухие сыпучие смеси. Рабочий орган диэлектрических сепарирующих устройств (ДСУ) – это бифилярная обмотка, которая формирует неоднородное электрическое поле, а семена рассматриваются как неоднородный диэлектрик.

В ДСУ поляризационная сила (сила притяжения), действующая на частицу, складывается из сил, обусловленных взаимодействием поляризованного заряда частицы, зарядов электродов и зарядами поляризованной изоляции [6]. Соотношением указанных сил в ДСУ можно управлять, что позволяет изменять режимы их работы и устанавливать наиболее оптимальные режимы для получения фракций семян заданного качества. Недостаток бифилярной обмотки ДСУ, заключающийся в просыпании мелких частиц в межэлектродный зазор и забивании его эффективной рабочей зоны, может быть успешно устранен установкой пленочного покрытия обмотки [7].

Нами было начато исследование комбинированного электрофизического воздействия – диэлектрической сепарации и ультразвуковой предпосевной обработки. Характер действия ультразвука на прорастание семян зависит от их вида, состояния, времени применения, а также доз [8, 9], которые следует устанавливать для каждой культуры. Тем не менее ультразвуковая предпосевная обработка семян имеет неоспоримое преимущество, которое повышает ее ценность: после ультразвуковой обработки семян урожайность стабильно возрастала на 15...30%. Нами была проведена ультразвуковая обработка сухих семян кабачков цуккини (*Cucurbita pepo ssp. Zucchini*) сорта Лайконик в ванне, подключенной к генератору ультразвуковых колебаний УЗУ-0,25. По стандартным методикам [2] были рассчитаны основные энергетические показатели обработки: приближенное значение акустической мощности $P_{ак}$, плотность энергии W , поглощенная водой и семенами, интенсивность ультразвука I (таблица). Влажность семян была стандартной (13-14%), повторность опытов 4-кратная, статистическую обработку

результатов проводили с помощью программы STATISTIKA 5.0, достоверность оценивали по критерию Стьюдента при уровне значимости 0,5.

Результаты исследований и их обсуждение. Метод диэлектрического разделения показал высокую эффективность при получении однородных фракций семян сельскохозяйственных культур, лекарственных, пряноароматических и красиво цветущих коллекционных растений. Это возможно с использованием диэлектрических сепараторов, обладающих научной и практической оригинальностью, реализующих конкурентоспособные технологии. Они разделяют сухие сыпучие смеси, в т. ч. семенной ворох, с учетом электрических свойств частиц на фракции гарантированного качества и нужных свойств (рисунок). В результате электросепарации в первой фракции собираются качественные семена категории «Экстра».



Рисунок 1 – Результаты электросепарации семенного вороха календулы: А – исходный материал-смесь; В – 1-я фракция – чистые семена после диэлектрического сепаратора; С – 3-я фракция – отход, остатки семенного вороха

Очевидно, что при использовании диэлектрического сепаратора можно в несколько раз повысить эффективность использования сеялок при промышленном возделывании культур, значительно снизив процент невсхожей массы семян.

Кроме четкого разделения на фракции, мы наблюдали улучшение фитосанитарного состояния семян после диэлектрического сепарирования (исследования семян хурмы *Diospyros kaki Thunb.* сорта «Королек», подвергшихся электрофизическому воздействию на рабочем органе диэлектрического сепаратора: на контрольных семенах наблюдался розросшийся *Penicillium spp.*, на опытных – нет).

Результат исследования режимов ультразвуковой обработки семян укропа стал модельным для семян пряноароматических культур с низкой всхожестью из-за высокого содержания эфирных масел (укроп

(*Anethum graveolens* L.), тмин (*Carum carvi* L.) и кориандр (*Coriandrum Sativum*) семейства Зонтичные (*Apiaceae*).

Таблица – Ультразвуковая обработка семян укропа

Образец (режим обработки)	Всхожесть, %	Длина проростков, среднее значение, мм	Акустическая мощность ультразвука, $P_{\text{ак}}$, Вт	Плотность энергии ультразвука, W , кДж/м ³	Интенсивность ультразвука, I , кВт/м ²
Контроль	40,0	11,2	-	-	-
Ультразвук 5 мин	60,0	14,8	49,39	7 961 000	11 901 695
Ультразвук 10 мин	90,0	23,3	76,68	24 721 000	36 957 895
Ультразвук 15 мин	80,0	16,0	90,11	43 576 000	65 146 120

Как видно из данных таблицы, из выбранного нами диапазона ультразвукового воздействия на семена (5, 10 и 15 мин) среднее его значение (10 мин) оказалось наиболее приемлемым. Семена показали высокую всхожесть при средних значениях технологических параметров: акустической мощности, плотности энергии и интенсивности ультразвука. Лабораторные исследования и фенологические наблюдения подтвердили факт повышения агрономических качеств обработанных ультразвуком семян укропа в течение 10 и 15 мин. Для пряноароматических культур можно рекомендовать такие режимы в качестве промышленной подготовки семян. Анализ работ многих авторов показал, что под действием электрофизической обработки мобилизуются силы и высвобождаются энергетические резервы семени, активизируются физиолого-биохимические процессы на ранних этапах прорастания. Электрофизическая обработка, по сравнению с целым рядом других методов, не оказывает вредного воздействия на обслуживающий персонал как химическая, радионуклидная обработка или использование пестицидов.

Заключение. Предложено и исследовано применение диэлектрической сепарации как высокоэффективного метода получения семян высшей категории, что позволяет повысить эффективность работы высевающих агрегатов. Основная масса семян сельскохозяйственных культур относится к группе мелкосемянных, и их очистка на механических ситах становится все более неэффективной. Концепция улучшения качества семян была развита шире и затронула использование методов электрофизического воздействия.

В результате исследований установлены следующие виды электрофизического воздействия на семена в качестве предпосевной обра-

ботки для промышленного возделывания и перед закладкой на хранение: получение партий выполненных, кондиционных семян методом диэлектрического сепарирования и дальнейшее воздействие ультразвуком. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования методов электрофизического воздействия на семенной и посадочный материал с целью его предпосевной обработки, повышающих всхожесть и продуктивность семян в полевых условиях. Таким образом, в наших исследованиях встречаются интересы дальнейшего развития фундаментального и прикладного направлений. Все работы выполнялись в соответствии с Договорами с БРФФИ Б11-013, Б14-017 и Б18-016.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная Программа инновационного развития Республики Беларусь на 2016-2020 гг.
2. Корко, В. С. Электрофизические методы стимуляции растительных объектов / В. С. Корко, Е. А. Городецкая. – Минск: БГАТУ, 2013. – 232 с.
3. Городецкая, Е. Электросепарация и плазменно-микроволновое воздействие на семена и растительные объекты / Е. А. Городецкая, В. Н. Решетников, В. В. Ажаронек // *Inżynieria i aragatura chemiczna, Республика Польша* – № 1-2, – 2006. – С. 66-67.
4. Корко, В. С. Предпосевная доработка семян злаковых культур электрофизическими методами / В. С. Корко, А. Е. Лагутин, Е. А. Городецкая // *Агропанорама*. – 2009. – № 5. – С. 16-19.
5. Казакова, А. С. Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя электромагнитным полем переменной частоты на их посевные качества / А. С. Казакова, М. Г. Федорищенко, П. А. Бондаренко // *Технология, агрохимия и защита с.х. культур: межвузовский сборник научных трудов. Зерноград, 2005. Изд. РИО ФГОУ ВПО АЧГАА*. – С. 207-210.
6. Gorodecka, A. Поведение агрономических показателей семян под влиянием диэлектрической сепарации / A. Gorodecka, Y. Gorodecki. – *Bydgoszcz, Республика Польша: Ekologia i Technika*, nr 4 (137), 2015. – 214 p.
7. Диэлектрический сепаратор для получения чистой фракции семян пряно-ароматических растений: пат. 22195 Респ. Беларусь, МПКВ03С7/02, А01С1/00 / Е. А. Городецкая, Ю. К. Городецкий, В. П. Степанцов, Е. Т. Титова / заяв. Белор. гос. аграрн.-технич. ун-т. – № а2000170003; заявл. 04.01.17; опубл. 30.10.18 // *Афіцыйны бюл.* – 2018. – № 5. – С. 58-59.
8. Эльпинер, И. Е. О действии ультразвуковых волн на растительные клетки / И. Е. Эльпинер. – М.: Наука, 1964.
9. Корко, В. С. Активация жидких сред и предпосевная обработка семян ультразвуковым полем / В. С. Корко, Е. А. Городецкая, Ю. К. Городецкий. – Минск: БГАТУ: Журнал «Агропанорама», 2017. – № 3. – 30 с.