



Качественный рост российского агропромышленного комплекса: возможности, проблемы и перспективы

Санкт-Петербург
2018

Доктор техн. наук **И.В. ЮДАЕВ**
(ФГБОУ ВО Донской ГАУ)
Доктор техн. наук **В.С.ШКРАБАК**
(ФГБОУ ВО СПбГАУ)
Аспирант **Р.Г.КОКУРИН**
(ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА – ОСНОВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АПК И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Современный этап развития АПК характеризуется необходимостью использования современных технических средств и технологических решений для снижения себестоимости выращиваемой продукции, увеличения ее сбора, улучшения качества, реализации ресурсо- и энергосберегающих мероприятий. Реализовать перечисленные операции можно, используя для этих целей электрическую энергию, определяя конкретное действие – применяя электроимпульсные воздействия.

Применение импульсных высоковольтных воздействий или импульсных электрических полей с высокой интенсивностью является основой инновационных технологий обработки растительного сырья и материалов в перерабатывающей и пищевой промышленности, а также обработки растений и трав в растениеводческой отрасли сельского хозяйства и т.п. В большинстве случаев целью таких технологических операций является достижение необратимого повреждения внутренних (клеточных) структур растительной ткани обрабатываемых объектов за счет их нетеплового разрушения, что характеризуется минимальными затратами энергии и времени обработки, высокой технологической эффективностью, экологической и пищевой безопасностью.

Импульсный подвод энергии к объекту обработки позволяет при использовании источника питания сравнительно малой мощности выделить в самом объекте значительную мгновенную мощность. Именно такая концентрация импульсной мощности и даёт возможность интенсифицировать многие технологические процессы, снижая их энергоёмкость, и в некоторых случаях получая результаты, которые невозможны при традиционных формах непрерывного подвода энергии. Сегодня технические средства и компоненты позволяют в электротехнологических установках создавать импульсы тока и напряжения с разнообразными формами, регулировать как амплитуду воздействующих импульсов, так и их длительность, добиваться с высоким КПД непосредственного преобразования в объектах обработки электрической энергии в механическую, химическую, биологическую и другие виды энергии.

В технологических процессах растениеводства электроимпульсные высоковольтные воздействия применяются при уничтожении сорной и нежелательной растительности [1,2], прореживании посевов

сельскохозяйственных культур [2], предуборочной обработке подсолнечника и табака [1, 3], предварительной обработке сенных трав перед сушкой [4] и т.п.

При переработке сельскохозяйственного сырья и производстве пищевых продуктов электрические воздействия применяются для инактивации вредных микроорганизмов, бактерий и ферментов [5]. Электроимпульсные высоковольтные воздействия с напряженностью поля более 10 кВ/см используются в процессе производства фруктовых и овощных соков, позволяя максимально эффективно инактивировать бактерии при незначительном ухудшении вкуса получаемых продуктов, а также их аромата, цвета и пищевой ценности [6]. Применение этой электротехнологии также позволяет решать технологические задачи, связанные с обратимой и необратимой пермеабиллизацией клеток растительных тканей [7]. Импульсные электрические поля высокой интенсивности с напряженностью поля менее 10 кВ/см в пищевой промышленности позволяют получать высокоценные метаболиты [8], увеличивают выход фруктовых и овощных соков [9, 10], ускоряют массоперенос в процессе сушки пищевых продуктов [11] и т.п. Рассмотрим некоторые электроимпульсные технологии.

Практический интерес представляет процесс электроимпульсного уничтожения сорной и нежелательной растительности. Сущность метода заключается в следующем. К растению подводится электрический импульс напряжения, под действием которого по стеблю и корню сорняка протекает электрический ток, прекращающий жизнедеятельность растительных клеток и в стебле, и в корневой системе. Степень повреждения сорняка («убиения» растительных клеток) определяется значением протекающего тока. Поэтому одной из задач было определить минимальное значение тока, полностью повреждающего растительную ткань. Превышение этого значения будет приводить к неоправданным расходам энергии, то есть к снижению энергетических показателей технологического процесса.

Значение тока зависит от напряжения, подведенного к растению, и от сопротивления цепи протекания тока, то есть суммы сопротивлений стебля и корневой системы. Результаты исследований и практический опыт показывает, что сумма сопротивлений достаточно высока (до 1,5 МОм). Поэтому для получения в цепи необходимого значения тока требуется напряжение 20-30 кВ.

Для подведения такого напряжения к каждому сорному растению необходима система рабочих электродов. Один электрод представляет собой, например, нож – щелеватель или вращающийся диск луцильника. Он обеспечивает контакт установки с почвой и, тем самым, с корневой системой всех близко расположенных сорняков, подвергающихся обработке. Другой – навесная конструкция в виде, например, металлического жесткого прута с режущими кромками, располагаемого параллельно плоскости поверхности земли обрабатываемого поля. Он обеспечивает электрический контакт с надземной листостебельной массой обрабатываемых сорняков, а за счет режущих кромок обеспечивает снижение переходного сопротивления в месте контактирования электрода с сорным растением.

Исследования показали, что наиболее эффективен при уничтожении сорной растительности не постоянный и не переменный, а импульсный ток. Поэтому в установках для электропрополки необходим преобразователь наиболее широко применяющихся постоянного и переменного напряжений в импульсное.

Для реализации на практике рассматриваемого метода уничтожения сорной растительности необходима мобильная установка, состоящая из следующих основных блоков: 1) силовая установка перемещения на основе двигателя внутреннего сгорания (например, колесный трактор); 2) источник электрической энергии (синхронный генератор), приводимый от вала отбора мощности трактора или от дополнительного двигателя внутреннего сгорания; 3) преобразователь электрической энергии (повышающий трансформатор, генератор импульсного напряжения, коммутатор и т.д.); 4) система рабочих электродов, обеспечивающих подведение импульсов высокого напряжения к листостебельной части сорных растений.

Основные электрические параметры такой установки определяются шириной захвата обрабатываемой зоны и засоренностью массива (количеством сорных растений на единицу площади). Например, при скорости перемещения установки 4,4 км/ч, ширине захвата 7,2 м и средней засоренности 15 шт./м² мощность электрического генератора установки должна быть 35 кВт.

Затраты электрической энергии на уничтожение различных видов сорной растительности различны и определяются чувствительностью конкретного вида сорняков к электрическому воздействию. Проведенные исследования при средней засоренности массива 10 шт./м² дали следующие результаты (табл. 1).

Сравнение электроимпульсного уничтожения сорняков с другими традиционными способами борьбы с сорняками по совокупным энергетическим затратам, например, при прополке паров под озимую пшеницу показало, что затраты снижаются на 5% против механической культивации и на 13% против химической обработки.

Таблица. Расход электрической энергии (кВт·ч/га) в зависимости от преобладающего вида уничтожаемых сорных растений

Щирица запрокинутая (<i>Amaránthus retrofléxus L.</i>)	1,92
Дурнишник обыкновенный (<i>Xánthium strumárium L.</i>)	4,42
Марь городская (<i>Chenopódium úrbicum L.</i>)	2,60
Конопля сорно-полевая (<i>Cánnabis ruderalis L.</i>)	2,94
Осот розовый (<i>Cirsium arvense L.</i>)	3,28
Осот полевой (<i>Sónchus arvensis L.</i>)	4,44
Вьюнок полевой (<i>Convólulus arvensis L.</i>)	5,30
Молокан татарский (<i>Lactúca tatárica L.</i>)	2,33
Молочай лозный (<i>Euphórbia virgáta L.</i>)	18,19

Технологической операцией, позволяющей максимально использовать скрытые в растительном сырье ресурсы, является электроимпульсный плазмолиз, который применяют при подготовке фруктов, плодов и овощей к экстрагированию, бахчевых культур и плодов к сушке и т.п. Технологическая

эффективность этой электротехнологии определяется такими показателями как: скорость ввода электрической энергии во внутриклеточные компоненты обрабатываемого растительного сырья, необратимая пермебилизация мембранных компонентов клеток, ограничение температурных режимов, минимизация затрат энергии на процесс и др. [10, 12].

Изучив процесс электроимпульсной обработки растительного сырья: яблок сорта «Гала» и тыквы сорта «Грибовская зимняя», можно говорить о наблюдаемой зависимости выхода сока и изменения сопротивления растительной ткани обрабатываемых объектов от параметров электроимпульсной обработки. Наиболее интенсивное соковыделение наблюдается в начальный период обработки, когда подводится число воздействующих высоковольтных импульсов до 100 единиц, количество выделяемого сока увеличивается, если соотносить с количеством сока, полученного от необработанной массы яблок, при напряженности электрического поля в растительной ткани 5 кВ/см в 9,7 раза, 10 кВ/см – в 15,6 раза, 15 кВ/см – в 16,7 раза, 20,0 кВ/см – в 15,3 раза. Если продолжать обработку и увеличивать количество поглощенной энергии (числа воздействующих импульсов), то повышение сокоотдачи будет меньше, так при напряженности 5 кВ/см в 1,6 раза, 10 кВ/см – в 1,4 раза, 15 кВ/см – в 1,5 раза, 20,0 кВ/см – в 1,8 раза. Подобная закономерность прослеживается и при изучении изменения сопротивления растительной ткани образцов тыквы, только в направлении уменьшения, что справедливо, так как при электрическом повреждении повышается проводимость растительных тканей.

Кроме перечисленных электротехнологий, в сельскохозяйственном производстве импульсы высокого напряжения нашли достаточно широкое применение при обеззараживании природных и сточных вод, а также технической воды перерабатывающих предприятий; при пастеризации молока, сока и других продуктов питания; при пастьбе скота, при его выгуле на пастбищах; при подготовке растений подсолнечника и табака к уборке, а также для ускорения сушки сенных трав; при активизации почвенных процессов, способствуя переходу минеральных веществ почвы из нерастворимых форм в легкорастворимые и легкодоступные для усвоения растениями и др. Все перечисленные операции используют основные достоинства высоковольтной импульсной технологии, такие как: обеззараживающий и бактерицидный эффект; стерилизация без выделения тепловой энергии; шоковое воздействие, не травмирующее животных; нетепловое разрушение клеточных структур растительных тканей и т.п.

Техническая реализация процесса электроимпульсной обработки продуктов и сырья сельскохозяйственного назначения может быть организована как стационарно, с питанием имеющихся линий электропередач, так и разместив электроимпульсные комплексы на мобильной, передвижной технике с питанием от автономных и возобновляемых источников энергии, что в свою очередь технологически выгодно, особенно при наличии разнесённых на достаточно большие расстояния производственных сельскохозяйственных

площадей, где непосредственно выращивают и убирают сырьё и возможна организация его первичной переработки.

Литература

1. **Baev V.I., Yudaev I.V., Petrukhin V.A., Baev I.V., Prokofyev P.V., Armianov N.K.** Electrotechnology as One of the Most Advanced Branches in the Agricultural Production Development / Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development (ed. by V. Kharchenko and Pandian Vasant). – Hershey PA: IGI Global, 2018. – Pp. 283-310.
2. **Vincent C., Panneton B., Fleurat-Lessard F.** Electrical weed control: theory and applications, in physical control methods in plant protection / C. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2001. – 321 p.
3. **Баев В.И., Бородин И.Ф.** Электроимпульсная предуборочная обработка подсолнечника и табака: монография. – Волгоград: Станица-2, 2002. – 231 с.
4. **Червяков Д.М.** Механизм воздействия электрических разрядов на растения // Электронная обработка материалов. – 1979. – №5 – С.70-71.
5. **Toepfl S., Heinz V., Knorr D.** Overview of pulsed electric field processing for food. / In: Emerging Technologies for Food Processing (D.W. Sun, ed.). – Oxford, U.K.: Elsevier, 2005. – Pp. 67-97.
6. **Aguiló-Aguayo I., Oms-Oliu G., Soliva-Fortuny R., Martin-Belloso O.** Flavour retention and related enzyme activities during storage of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat Food chemistry. – 2009. – 116(1). – Pp. 59-65.
7. **Angersbach A., Heinz V., Knorr D.** Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2000. – 1. – Pp. 135-149
8. **Fincan M., Devito F., Dejmek P.** Pulsed electric field treatment for solid-liquid extraction of red beetroot pigment / M. Journal of food engineering. – 2004. – 64. – Pp.381-388
9. **Bouzrara H., Vorobiev E.** Beet juice extraction by pressing and pulsed electric fields International sugar journal. – 2000. – 102(1216). – Pp.194-200.
10. **Попова Н. Папченко А.Я., Болога М.К.** Электроплазмолиз винограда с применением биполярных импульсов // Электронная обработка материалов. – 2014. – №50(6). – С. 83-91.
11. **Ade-Omowaye B.I.O., Angersbach A., Taiwo K.A., Knorr D.** The use of pulsed electric field in producing juice from paprika (*Capsicum annum L.*) / B.I.O. Ade-Omowaye, A. Angersbach, K.A. Taiwo, D. Knorr // Journal of food processing preservation. – 2001. – 25. – Pp.353-365.
12. **Юдаев И.В., Кокурин Р.Г.** Электроимпульсный плазмолиз растительного сырья как способ подготовки сырья к экстрагированию // Сельский механизатор. – 2017. – 9. – С.28-31.

Савельев А.П., Шкрабак В.С., Скворцов А.Н., Шкрабак Р.В. Использование звукопоглощающей ячеистой конструкции для снижения шума на предприятиях мясоперерабатывающей отрасли	286
Шпиганович В.И., Герасимова В.Е. Обоснование алгоритма настройки орудий для дифференцированной обработки почвы	289
Юдаев И.В., Шкрабак В.С., Кокурин Р.Г. Электроимпульсная обработка – основа энергоэффективных технологий в АПК и перерабатывающей промышленности	292
Ерошенко Л.И., Рожков Г.А. Анализ конструктивных и технологических особенностей сушилок высоковлажного зерна	297
Дианов В.А., Ключников А.С. Универсальная модульная сушилка для сельскохозяйственного производства	301
Смелик В.А., Кубеев Е.И. Экологичность работы дражиратора семян.....	303
Новиков М.А., Павлов С.Б. Технологии и машины для ресурсосберегающей технологии уборки льна-долгунца	307
Смелик В.А., Новиков М.А., Ерошенко Л.И., Перекопский А.Н. Принципы комплектования комплексов послеуборочной обработки зерна и семян	310