

УДК 632.935.9+631.348.8.

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ПРОЛОЖИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

И.В. ЮДАЕВ<sup>1</sup>; Т.П. БРЕНИНА<sup>1</sup>; А.И. БЕЛЕНКОВ<sup>2</sup>

О ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА;<sup>2</sup> Кафедра земледелия и агрометеорологии  
РГАУ - МСХА имени КА. Тимирязева)

**В качестве альтернативы существующим традиционным способам борьбы с сорными травами предлагается использовать электроимпульсную прополку. Проведённые исследования (2001-2008) по изучению технологических характеристик этой операции и влиянию на экологию электрических воздействий позволяют считать её экологически безвредной и технологически эффективной. Основой для технического задания при проектировании электроимпульсной установки, агрегируемой со стандартным колёсным трактором, явились экспериментально полученные данные о значениях повреждающих доз электрической энергии для различных видов сорных растений.**

*Ключевые слова:* электроимпульсная прополка, повреждающая доза электрической энергии, степень повреждения сорных растений.

Борьба с сорняками является очень важной проблемой современного земледелия. Для уничтожения нежелательной растительности, засоряющей посадки и посева культурных растений, применяют различные способы борьбы, основной целью которых является истребление сорняков и снижение их численности до экономического порога вредоносности. Традиционный механический способ имеет высокую эффективность (до 70-95%) при огромном сложившемся историческом опыте использования подручных и технических средств, но является достаточно энергоёмким и в регионах с повышенными ветровыми нагрузками приводит к почвенной эрозии и обеднению слоя гумуса микроорганизмами и полезной микрофлорой. Химический способ характеризуется, прежде всего, избирательностью действия и ещё более высокой эффективностью (до 100%), но он дорог, а главное — экологически не всегда безопасен. В России и зарубежных странах разрабатываются другие достаточно эффективные и экологически чистые способы уничтожения сорняков, основанные на их физическом истреблении. Одним из перспективных как с точки зрения уменьшения затрат совокупной энергии, так и с точки зрения экологической безопасности является вариант уничтожения сорной растительности при помощи электрической энергии [3].

Использование электрической энергии для истребления сорняков можно рассматривать как: 1) применение более экологически чистых технологий в земледелии; 2) попытку подавления и уничтожения наиболее вредоносных, трудноискоренимых,

корнеотпрысковых сорняков; 3) возможность избирательного уничтожения очагов карантинных сорных растений; 4) внедрение современных систем автоматического контроля и управления при технической реализации разрабатываемых агрегатов (систем спутникового контроля очагов засорённости, автоматическое дозирование энергии воздействия в зависимости от вида и возраста сорных растений и др.).

Основная масса исследовательских работ в США, Франции, Англии, СССР была посвящена разработке электротехнологических установок (LW-5, l'AgriChoc, Эрпик и др.) для борьбы с сорными травами при помощи переменного тока высокого напряжения. Изучалось также влияние и импульсов высокого напряжения на сорняки. При сравнении этих двух направлений можно с уверенностью констатировать, что импульсное воздействие более перспективно, так как требует меньших затрат энергии для необратимого повреждения тканей (для некоторых сорняков это различие может составлять целый порядок), что сказывается: на уменьшении мощности применяемого оборудования и, следовательно, его громоздкости; на снижении амплитуды воздействующего напряжения, что, в свою очередь, позволяет повысить безопасность проведения такого рода работ; на уменьшении затрат совокупной энергии по этой традиционной для земледелия технологической операции [1,2, 3,4].

На современном этапе развития с.-х. техники пока ещё нет чётко сформулированных требований к агрегату, реализующему вариант электроимпульсного уничтожения сорняков; нет глубокого и полного объяснения процесса электроимпульсного повреждения растительных тканей; не полностью исследованы режимы работы электрооборудования пропольщиков при работе на нагрузку — растительную ткань сорняков; не разработана концепция электробезопасности эксплуатации такого рода установок; нет обоснования оптимальной формы поверхности электродных систем и варианта исполнения электродной системы в целом. В Волгоградской ГСХА на факультете электрификации сельского хозяйства проводятся исследования именно варианта электроимпульсной культивации, с дальнейшим проектированием и разработкой электроимпульсного агрегата для реализации этой технологической операции в растениеводстве [2, 4].

Для получения наилучших экономических показателей применения электроимпульсного уничтожения сорняков, прежде всего, необходимо, чтобы предлагаемая электротехнологическая операция была технологически эффективной, энергетически экономичной и выполнялась простыми и дешёвыми техническими средствами. Технологическая эффективность истребления сорных растений в первую очередь определяется необратимым повреждением их растительных тканей. Энергетические показатели такой операции зависят от минимальных количеств (доз) электрической энергии, которые необходимо затратить, для того чтобы величина повреждения тканей сорняков и особенно корневой системы достигла своего предельного значения. Сложность конструкции электротехнологического устройства и его стоимость в значительной мере определяются напряжением обработки: чем ниже напряжение, тем проще, дешевле установка и безопаснее её эксплуатация.

### **Методика**

Для определения значений доз энергии, надёжно повреждающих растительную ткань корнеотпрысковых сорных растений, а также для исследования вариантов подведения энергии к растениям в 2003-2005 гг. были проведены экспериментальные исследования в условиях естественного произрастания сорняков. Электриче-

ская энергия подводилась к сорнякам одним из перечисленных способов: 1) «навесной электрод — стебель растения — корень растения — заглубленный электрод»; 2) «один навесной электрод — стебель одного растения — корень первого растения — почва — корень второго растения — стебель другого растения — другой навесной электрод». В качестве навесных электродов использовались неполяризующиеся иммерсионные электроды в виде накладных зажимов, а заглубленные электроды изготавливались в виде стержней длиной 20-25 см из нержавеющей проволоки диаметром до 5,0 мм. Генератор импульсного напряжения (ГИН) был собран на основе измерительного высоковольтного трансформатора, а в качестве накопительной ёмкости разрядного контура использовалась высоковольтная конденсаторная батарея. Энергия воздействующих импульсов изменялась путём регулирования выходного напряжения высоковольтного трансформатора при неизменном значении накопительной ёмкости.

Электроимпульсному воздействию подвергались наиболее трудноискоренимые корнеотпрысковые сорные растения: бодяк полевой (*Cirsium corymbosum* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), молочай лозный (*Euphorbia wulfenii* L.), молокан татарский (*Lactuca tatarica* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.). Все сорняки находились примерно в одинаковом периоде развития, соответствующего фазе окончания цветения — начала плодоношения. Следует заметить, что обработка импульсами высокого напряжения осуществлялась в тот период, когда сорняки имели достаточно большое по значению сопротивление растительных тканей. Это обстоятельство требует больших затрат энергии на уничтожение сорняков по сравнению с другими фазами их развития. Но одновременно с этим следует подчеркнуть, что в экспериментах были определены значения таких доз воздействия, которые надёжно повреждают сорняки, находящиеся в любом периоде раннего развития. Для определения значений летальных доз электрической энергии при обработке сорняков импульсами высокого напряжения проводились серии опытов для каждого растения. Целью этих экспериментов был подбор минимального количества (доз) электрической энергии, необходимой для надёжного повреждения растительной ткани и последующей за этим гибели сорного растения. Каждое корнеотпрысковое сорное растение, которое подвергалось электрическому воздействию, маркировали при помощи навесной бирки, а данные по его обработке заносили в журнал и затем в течение одной-двух недель за растениями проводили визуальное наблюдение.

### Результаты и их обсуждение

При электрическом воздействии на растения бодяка полевого (*Cirsium arvense* L.) и осота полевого (*Sonchus arvensis* L.) (ток проходил по корневой системе — первый способ подведения электрической энергии) надёжное повреждение и последующая за этим гибель сорняков наблюдалась при энергии воздействия  $W = 102-134$  Дж и  $W = 134-186$  Дж, амплитуде импульсов  $U_0 = 18-20$  кВ и частоте их следования  $f = 1-2$  Гц и степень повреждения тканей (отношение сопротивления тканей растений до обработки электрическими импульсами и после неё) достигала значения  $S_n = 8-10$  (рис. 1). При этом существенной разницы между вариантами с заглубленным электродом (способ 1) и без него (способ 2) не зафиксировано: повреждающие дозы энергии как с заземлённым электродом, так и без него были практически одинаковыми по значению. Корневая система обработанных сорных растений в рассматриваемых вариантах подведения энергии к сорнякам отмерла на глубину 10-19,5 см (рис. 2).



а



б



в



г

**Рис. 1.** Электроимпульсная обработка растений бодяка полевого: а — до начала обработки; б — сразу после обработки (заметно потемнение наружных тканей стебля ниже крепления электрода); в — через три дня после обработки; г — через неделю после обработки



а



б



в



г

**Рис. 2.** Электроимпульсная обработка: а — растения осота розового (на фотографии видно, что корень повредился на глубину почти 20 см); б — растения осота розового (заметно потемнение наружных тканей стебля ниже крепления электрода и утончение стебля); в — растения осота розового: полностью повреждённое; живое (выкопанное с плантации); повреждённое, но не летальной дозой; г— растения вьюнка полевого, молочкана татарского и осота розового

Следует также отметить, что суммарные значения летальных доз энергии для участков стеблей и корневой системы растительных тканей осота розового и осота полевого, которые найдены при лабораторных исследованиях, составляли диапазон значений от 100 до 250 Дж.

Полевые эксперименты по электроимпульсному уничтожению молокана татарского (*Lactuca tatarica* L.) и молочая лозного (*Euphorbia wctldsteinii* L.) позволили также определить значения электрической энергии, необходимой для повреждения этих сорных растений. При этом расход энергии на повреждение молокана татарского составил  $W=64-104$  Дж при амплитуде импульсов  $U_0=18-20$  кВ, частоте их следования  $f=1-2$  Гц и степени повреждения сорняков  $S_n=7-10$ , а для повреждения молочая лозного —  $W=570-740$  Дж,  $U_0=18-25$  кВ,  $f=1-2$  Гц,  $S_n=4-6$ . Следует отметить, что растения молочая лозного находились в фазе развития цветения — начало плодоношения, чем были обусловлены повышенные затраты электрической энергии на повреждение их растительных тканей. Количество энергии, которое установлено при лабораторных исследованиях для повреждения молокана татарского и молочая лозного, достигало значений  $W=50-100$  Дж и  $W=600-1020$  Дж. Полученные во время полевых экспериментов результаты подтверждают выводы, сделанные после лабораторных исследований о том, что растительные ткани молочая лозного наименее чувствительны к электрическим воздействиям и для их надёжного повреждения требуется затратить большие по сравнению с другими сорняками дозы электрической энергии. Во время обработки визуально можно было наблюдать как стебель молокана татарского изменял свою зелёную окраску на коричневую, что свидетельствует о начале необратимых процессов разрушения внутри растительной ткани.

Полевые эксперименты по электроимпульсному уничтожению вьюнка полевого (*Convolvulus ctrvensis* L.) позволили также определить значения электрической энергии, необходимой для повреждения этих сорняков (рис. 2 г). При этом расход энергии на повреждение вьюнка полевого составил  $W=172-212$  Дж при амплитуде импульсов  $U_0=18-20$  кВ, частоте их следования  $f=1-2$  Гц и степени повреждения растительной ткани  $S_n=3-4$ . Следует отметить, что эти сорные растения также менее чувствительны к электрическим воздействиям и для их надёжного повреждения требуется затратить большее количество электрической энергии.

Практический интерес также представляет информация о том, как изменяется степень повреждения растительной ткани сорняка, находящегося в естественных условиях произрастания, после электрического воздействия от времени. Для того чтобы проследить, как реагируют сорняки на различные по значению энергий электроимпульсные воздействия, были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых изучалось такое влияние на отдельные растения молокана татарского (первый вариант подведения энергии). При проведении этих опытов одна пара растений оставалась не обрабатываемая электрическими разрядами (растения № 7-7)  $W_{\Sigma 1}=0$  Дж, а на другие (растения № 3-3 и № 4-4) воздействовали импульсами с суммарной энергией, равной  $W_{\Sigma 2}=202,24$  Дж;  $W_{\Sigma 3}=101,12$  Дж. Разрядный контур опытной установки имел следующие параметры:  $C_k=3,95$  нФ;  $L_{\Pi} \approx 200$  мкГн;  $U_0=18-20$  кВ. Продолжительность непрерывного контроля сопротивления цепи протекания тока после электрической обработки составляла несколько часов. Результаты изменения степени повреждения растительной ткани во времени в зависимости от энергии повреждения приведены на рисунке 3.

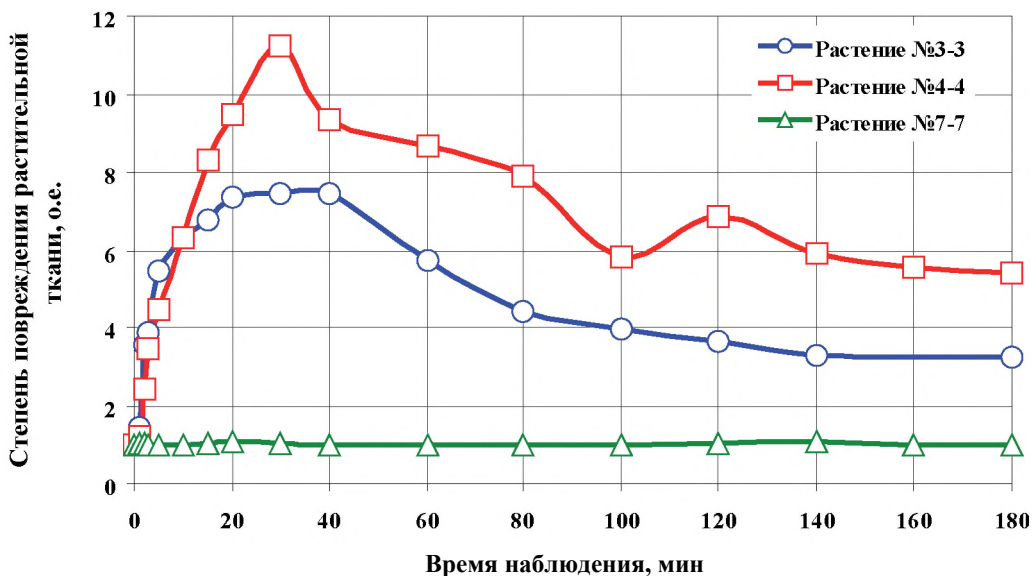


Рис. 3. Зависимость степени повреждения ( $S_n$ ) растительной ткани молокана татарского от времени электроимпульсной обработки

Сорные растения молокана татарского, которые не подвергались электроимпульсному воздействию (растения № 7-7), не имеют повреждения ( $S_n = 1,0$ ).

Практически сразу после обработки степень повреждения растительных тканей обработанных сорняков начинает уменьшаться. Фактически происходит снижение влажности (высыхание) повреждённой ткани, уменьшение её электрической проводимости или возрастание сопротивления и, следовательно, уменьшение степени повреждения (растения № 3-3 и № 4-4). При этом большая энергия обработки создаёт более высокую степень повреждения растительной ткани.

Необходимо также отметить, что чем больше энергия воздействия, тем степень повреждения ткани ближе к предельной для обрабатываемого сорного растения.

Через двенадцать часов проведённые измерения показали, что степень повреждения начинает резко уменьшаться, достигая значения, равного единице.

### Заключение

Выполненные эксперименты по электроимпульсному уничтожению сорняков, в т.ч. корнеотпрысковых, в местах их естественного произрастания позволили подтвердить заключение исследователей о том, что эффективность повреждения сорняков при помощи электрической энергии соответствует 90-96%. При этом следует отметить, что спящие почки на корневой системе с глубины 10-15 см начали пробуждаться и давать отростки в среднем по истечении полутора недель (см. рис. 2), которые через неделю появились на поверхности почвы. Следовательно, можно заключить, что электроимпульсная прополка с воздействующими параметрами позволяет освободиться от зарослей трудноискоренимых сорняков на период до одного месяца. С повышением показателей электроимпульсного воздействия, и в первую очередь энергии повреждающего импульса, этот период можно увеличить.

## Библиографический список

1. *Баев В.И.* Электроимпульсная предуборочная обработка растений подсолнечника и табака. Монография [Текст] / В.И. Баев, И.Ф. Бородин. Волгоград: Станица-2, 2002.
2. *Бретта Т.П.* Технологические аспекты электроимпульсной прополки корнеотпрысковых сорняков [текст]. Монография / Т.П. Бренина, И.В. Юдаев; ВГСХА. Волгоград: ВГСХА, 2008.
3. *Тверитин А.В.* Состояние и тенденции развития электрических способов и оборудования для борьбы с сорняками / А.В. Тверитин, Н.Б. Трофимова, Л.И. Исаева. Обзорная информация. М.: ВНИИТЭИСХ, 1984.
4. *Юдаев И.В.* Сорные растения как объект электрической прополки: биологические особенности и электрофизические свойства. Монография / В.И. Баев, Т.П. Бренина, Д.С. Елисеев, И.В. Юдаев; ВГСХА. Волгоград: Станица-2, 2004.
5. *Diprose M.F.* The use of high voltage electricity for weed beet control / M.F. Diprose, F.A. Benson. N.W. Turner. Proceedings British Crop Protection Conference. Weeds (15 th Brit. Weed Control Conf.). 1980. № 2. P. 545-548.
6. *Dykes W.O.* Principles and practices of electrical weed control / W.Q. Dykes. American Society of Agricultural Engineers, 1980. Paper № 80-1007.

*Рецензент* — д. б. н. Н.И. Лунёв

## SUMMARY

An alternative to traditional ways of weed control - electroimpulse weeding has been suggested in the article. Research done in 2001 - 2008 into technological characteristics of this very operation allows to consider it as both ecologically harmless and effective one. The basis for this technical project when designing electroimpulse device, linked to a standard wheel tractor, is experimentally obtained data on electric energy damaging doses for various weeds.

**Key words**, electroimpulse weeding, electric energy damaging dose, plant tissue damage rate.

**Юдаев Игорь Викторович** — к. т. н. Тел. (8442) 41-16-04.

Эл. почта: etsh1965@inail.ra

**Бренина Татьяна Павловна** — к. т. н. Тел. (8442) 41-16-04.

Эл. почта: etsh1965@mail.ru

**Беленков Алексей Иванович** — д. с.-х. н. Тел. (499) 976-08-51.

Эл. почта: mazirov f/ timacad.ru