

УДК 581.1

## БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ И ПОДСОЛНЕЧНИКА НА НИЗКОЧАСТОТНОЕ ЭЛЕКТРОПОЛЕВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Бойченко А. П.<sup>1</sup>

BIOELECTRICAL REACTION SHOOTS WHEAT AND SUNFLOWER ON LOW-FREQUENCY ELECTROFIELD INFLUENCE HIGH-VOLTAGE TRANSMISSION LINES

Boychenko A. P.

The results of electrophysiological researches 30-day's shoots of sunflower (*Helianthus annuus* L.) grade "Foreman" and wheat (*Triticum aestivum* L.) grades "Batko" and "Krasnodar-99", subjected to action of a low-frequency electrical field in 50 Hz and intensity 3 kV/m, created by high-voltage transmission lines are submitted. Established, that the local action of this field on a trailer part leaf of plants causes in them answer-back electrophysiological reaction as change of bioelectrical potentials. And the potentials take aside from their average part, always exceed on amplitude from take aside in bottom.

Keywords: bioelectrical potentials, low-frequency electro-field influence, wheat, sunflower.

Первые места сельскохозяйственного производства Кубани занимают пшеница (*Triticum aestivum* L.) и подсолнечник (*Helianthus annuus* L.). Более половины пахотных земель Краснодарского края отводятся на их культивацию. По природно-климатическим условиям наиболее подходящими для этого являются земли центральной зоны края. Однако на указанной территории сосредоточена и энерготранспортная составляющая региона, в частности, высоковольтные линии электропередачи (ВЛЭП), нередко пролегающие или пересекающие агрофитоценозы перечисленных культур. Согласно данным ОАО «Кубаньэнерго» максимальная величина переменного напряжения частотой 50 Гц, подаваемого на ВЛЭП, составляет 220 кВ. При указанном напряжении величина напряженности поля под высоковольтными проводами на уровне земли может достигать порядка ~3 кВ/м, а если учесть, что в ходе роста растений расстояние до проводов уменьшается на величину их высоты (около 1 м для пшеницы и до 4 м — для подсолнечника [1]), то увеличивающаяся при этом напряженность поля способна повлиять и на морфологию растений, вплоть до некроза тканей [2]. Особенно это касается их верхних

частей с заостренными краями, на которые приходится максимум интенсивности низкочастотного электрополевого воздействия (НЧ ЭПВ) [2]. Поэтому оценка его влияния на физиологические процессы функционирования пшеницы и подсолнечника является актуальным аграрно-технологическим и экологическим вопросом.

### 1. Методика

С учетом физической природы названного фактора воздействия наиболее подходящим для выяснения поставленного вопроса является электрофизиологический метод регистрации биоэлектрических потенциалов (БЭП) [3]. В настоящей работе они отводились с помощью неполяризующихся хлорсеребряных электродов по общепринятой методике [4] от листьев среднего и нижнего ярусов 30-дневных проростков подсолнечника сорта «Мастер» и пшеницы двух сортов «Батько» и «Краснодарская-99», а НЧ ЭПВ подвергалась окраина концевой листа их верхнего яруса. Исследования велись в ноябре 2010 г. Для получения статистически достоверных результатов использовались по десять растений каждого сорта, а у каж-

<sup>1</sup>Бойченко Александр Павлович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры оптоэлектроники физико-технического факультета Кубанского государственного университета; e-mail: bojchenko@yandex.ru.

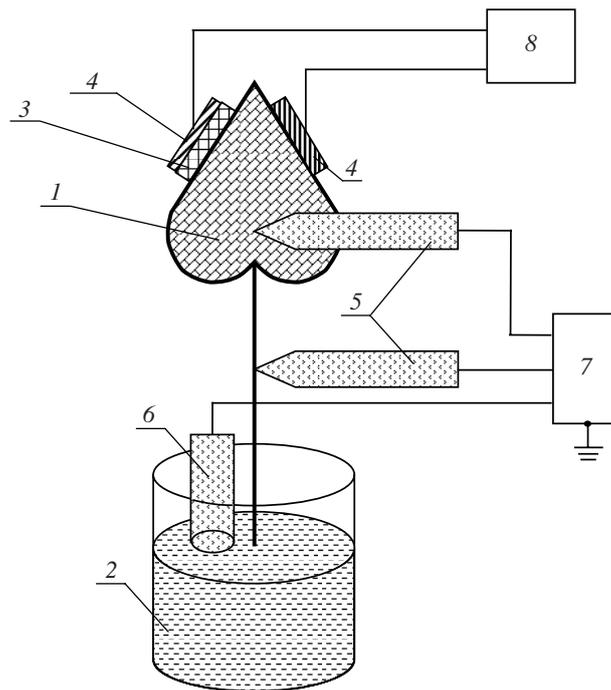


Рис. 1. Схема установки для регистрации БЭП у высших растений в условиях НЧ ЭПВ

дого проростка измерялась разность БЭП в пяти повторностях. При этом время измерения для каждого растения и, соответственно НЧ ЭПВ, не превышало 2 с, а пауза между ними составляла не менее 5 мин. Схема организации эксперимента представлена на рис. 1. Здесь 1 — лист верхнего яруса исследуемого растения, корневая система которого погружена в стакан 2 с 0,1% водным раствором KCl; 3 — полимерная пленка, моделирующая диэлектрические свойства воздуха; 4 — металлические высоковольтные электроды для создания переменного электрического поля; 5 — отводящие БЭП индифферентные хлорсеребряные электроды; 6 — референтный хлорсеребряный электрод; 7 — регистрирующее устройство (двухканальный виртуальный осциллограф PCS500 фирмы “Velleman”); 8 — высоковольтный генератор, вырабатывающий переменное напряжение частотой 50 Гц и регулируемое от 0,2 до 15 кВ [5].

С помощью последнего на электроды 4 прикладывалось такое напряжение, при котором в листовой пластинке создавалась указанная напряженность электрического поля 3 кВ/м. При этом регистрировалось изменение стационарной разности БЭП проростков от наведенного полем потенциала. Его амплитудная величина, усредненная по каждому виду и сорту растений, а также области отведения приведена в таблице, а примеры

осциллограмм — на рис. 2а и 2б. Верхняя осциллограмма соответствует отведению БЭП от листа среднего яруса, а нижняя — от нижнего. Как видно из таблицы, величины наведенного переменным электрическим полем БЭП на порядок превосходят стационарные, что особенно выражено для среднего яруса растений. В свою очередь величина наведенного БЭП на среднем ярусе почти на порядок и более превосходит наведенные БЭП на нижнем ярусе исследованных растений.

## 2. Результаты и обсуждение

Различия амплитуды наведенных потенциалов на разных участках растений говорит о том, что большему электрополевному воздействию подвергается их верхняя часть, а вызванный в результате этого процесс электрофизиологического возбуждения с ослаблением распространяется по всему организму [6], независимо от первоначальных величин стационарной разности БЭП. Подтверждением сказанного является тот факт, что до момента электрополевого воздействия на среднем ярусе пшеницы регистрировались самые минимальные БЭП по сравнению с нижним ярусом, тогда как при наложении внешнего поля наблюдаемая закономерность сменилась на противоположную. Описанная картина полностью согласуется с

Характеристики БЭП (мВ), вызванные НЧ ЭПВ на 30-дневные проростки пшеницы и подсолнечника различных сортов

Характеристики БЭП	Ярус растения с отводимыми БЭП	Подсолнечник «Мастер»	Пшеница	
			«Батько»	«Краснодарская-99»
Стационарная	Средний	9,00±0,80	4,21±0,31	5,50±0,27
	Нижний	11,00±0,43	10,60±0,42	20,00±1,00
Вызванная НЧ ЭПВ	Средний	975,50±43,89	484,52±14,51	1200,00±72,00
	Нижний	28,85±1,18	150,35±4,54	12,00±0,48

известными электрофизиологическими процессами, связанными с жизнедеятельностью различных организмов [2–6]. Однако в переменном электрическом поле большой напряженности НЧ ЭПВ на растения имеет свою особенность. Она выражается в величинах наводимых БЭП.

Как было сказано выше, их амплитуда на порядок превосходит стационарную разность потенциалов, что однозначно говорит о существенном перераспределении градиентов ионных концентраций по обе стороны клеточных биомембран. Действительно, в силу своей физической природы электрическое поле воздействует на электрические заряды и/или электрически заряженные частицы. Таковыми в организме растений могут быть, например, неорганические ионы  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$  и пр. В отсутствие поля их транспорт через клеточные мембраны носит электродиффузионный характер, создаваемый градиентом концентраций [7]. При НЧ ЭПВ не только меняется концентрационный градиент по обе стороны мембран, но и интенсифицируются различные биохимические реакции за счет дополнительной ускоряющей силы со стороны внешнего электрического поля, действующей на ионы. Это действие способно изменить энергетическое состояние, как самих ионов, так и любых других электрически заряженных компонент клеточной организации растений, например, ионных каналов мембран [7]. Если такое действие оказывается длительным и непрерывным, то итогом функционирования и жизнедеятельности растений возможно три исхода: а) приспособление их организмов за счет существенной перегруппировки клеток в процессе роста и формирования их тел; б) частичной или полной атрофии отдельных органов растений (чаще всего, листовых пластинок); в) гибели всего растения. В первом случае обычно наблюдаются морфологические изменения. Пример результата этого процесса у листьев березы повислой и клена

при НЧ ЭПВ приведен на рис. 1 и 4а работы [8]. Во втором случае растение чаще всего лишается каких-либо органов или их элементов (например, частей листьев или целых листовых пластинок). Третий случай очевиден и не нуждается в комментариях. Здесь лишь можно отметить факт уменьшения урожайности для той или иной сельхоз культуры.

Обобщая результаты проведенных исследований, можно сделать следующие основные выводы:

1. С помощью электрофизиологического метода отведения БЭП на среднем и нижнем ярусах 30-дневных проростков подсолнечника «Мастер» и пшеницы сортов «Батько» и «Краснодарская-99» зарегистрированы наведенные потенциалы от переменного электрического поля напряженностью 3 кВ/м и частотой 50 Гц, воздействующего на окраину концевой листа верхнего яруса растений. При этом установлено, что амплитуда наведенного потенциала для среднего яруса исследованных растений на порядок и более превосходит его стационарные значения.

2. При экспериментальном моделировании воздействия НЧ электрического поля от высоковольтных линий электропередачи на проростки пшеницы и подсолнечника показано, что максимум его напряженности приходится на верхнюю часть растений, а вызываемое при этом электрофизиологическое возбуждение с ослаблением распространяется по всему телу их организма.

### Литература

1. *Майсурия Н. А.* Практикум по растениеводству. М.: Колос, 1970. 446 с.
2. *Чехов В. И.* Экологические аспекты передачи электроэнергии. М.: МЭИ, 1991. 44 с.
3. *Опритов В. А., Пятыхин С. С., Ретивин В. Г.* Биоэлектrogenез у высших растений. М.: Наука, 1991. 216 с.
4. Практикум по физиологии растений / Под ред. Н. Н. Третьякова. М.: Колос, 1982. 271 с.

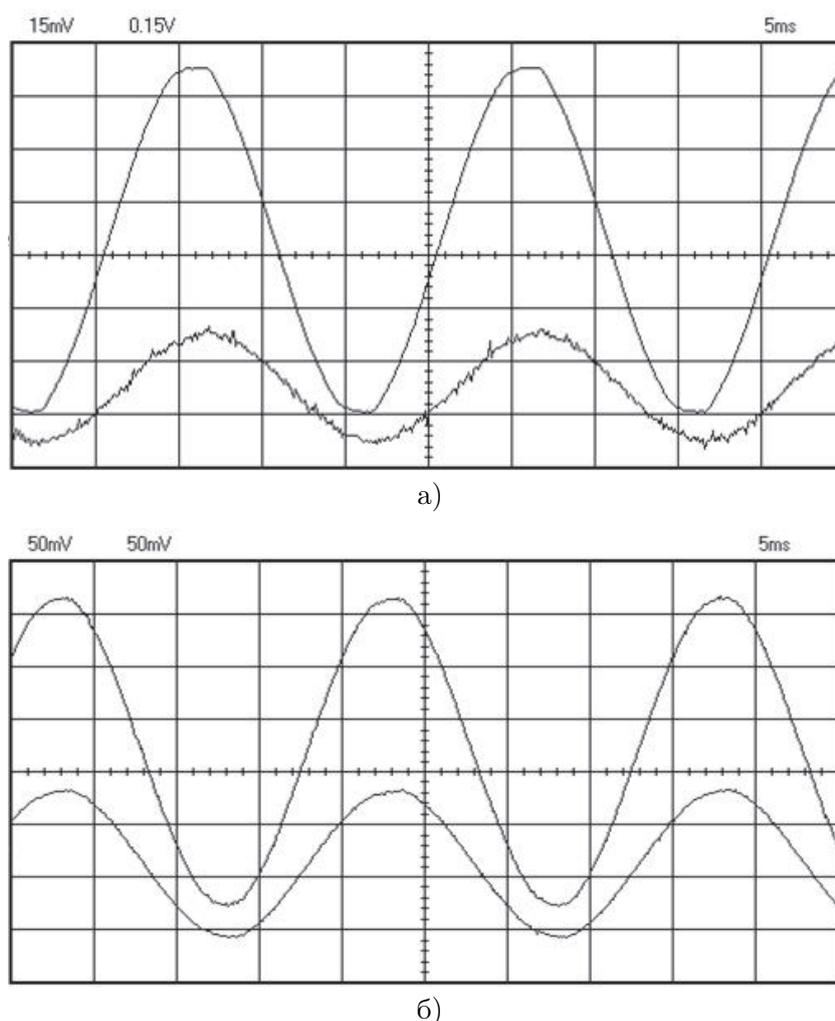


Рис. 2. Осциллограммы БЭП, вызванные у проростков подсолнечника сорта «Мастер» (а) и пшеницы сорта «Батько» (б) в результате НЧ ЭПВ: верхняя осциллограмма — средний ярус; нижняя — нижний ярус. Обозначения (масштабы по одной клетке): первое значение слева — амплитуда БЭП для нижней осциллограммы, второе слева — то же для верхней осциллограммы; значение справа — время развертки экрана осциллографа (по оси абсцисс)

5. Бойченко А. П. Люминесцентно-фотографические исследования реакции проростков пшеницы на низкочастотное электрополевое воздействие // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2011. № 4. С. 5–10.
6. Гунар И. И., Синюхин А. М. Распространяющаяся волна возбуждения у высших растений // ДАН. 1962. Т. 142. С. 954–956.
7. Маркин В. С., Чизмаджев Ю. А. Индуцированный ионный транспорт. М.: Наука, 1974. 252 с.
8. Бойченко А. П., Кравченко А. А. Форма листовой пластинки растений как индикатор напряженности внешнего электрического поля // Экологические проблемы природных и антропогенных территорий: Сб. научных статей I Международной научно-практической конференции. Чебоксары: «Новое время», 2011. С. 5–6.

Ключевые слова: биоэлектрические потенциалы, низкочастотное электрополевое воздействие, пшеница, подсолнечник.