

УДК 631.53.011.2, 001.891.5

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-252-10-81-86

А.Г. Зрюмова, С.П. Пронин, А.А. Пилецкий,  
В.И. Беляев, Р.Е. Прокопчук  
A.G. Zryumova, S.P. Pronin, A.A. Piletskiy,  
V.I. Belyaev, R.E. Prokopchuk

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЛАБОРАТОРНОЙ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

### STUDY OF THE RELATIONSHIP OF WHEAT SEED ELECTROPHYSICAL PROPERTIES AND LABORATORY GERMINATION

**Ключевые слова:** семена пшеницы, электрофизические свойства, лабораторная всхожесть, переменный потенциал, потенциал покоя, электрофизические свойства семян пшеницы.

Предложен метод оценки лабораторной всхожести семян пшеницы сорта Буран. Анализируя фазу потенциала покоя в переменном потенциале у различных сортов пшеницы, установлено, что потенциал покоя не может служить общим признаком, по которому можно оценить лабораторную всхожесть семян. Для исследований лабораторной всхожести использовали стандартный метод, приведенный в ГОСТ 12038-84, и электрофизический метод, основанный на замачивании семян в дистиллированной воде и измерении переменного потенциала у каждого семени. Количество семян составляло 50 шт. Замачивание семян производилось в дистиллированной воде 20 ч. Далее фиксировали переменный потенциал, и эти семена снова закладывали в термощкаф для проращивания на 6 сут. Представлены графики изменения переменного потенциала, полученные с помощью платы сбора данных ЛА50-USB, с последующей обработкой прикладными математическими программными пакетами. В завершении экспериментального исследования проведено сопоставление показателей всхожести семян, определенных в соответствии с ГОСТ 12038-84, с характеристиками переменного потенциала семян по отдельным параметрам. Установлено, что уровень максимального значения переменного потенциала у нормально проросших семян превышает 48 мВ, у ненормально проросших лежит в диапазоне от 15 до 30 мВ, у непроросших семян максимальное значение составляет менее 15 мВ. У ненормально проросших и непроросших семян дополнительно было зафиксировано появление двух групп высокочастотных ком-

понентов в переменном потенциале. Первая группа характеризуется колебаниями в диапазоне частот 10-40 Гц с удвоенной амплитудой 1,5-3,5 мВ, 2-я группа имеет частоты 1,2-1,8 Гц при удвоенной амплитуде 3-5 мВ. Таким образом, по установленным признакам в переменном потенциале можно оценить лабораторную всхожесть. Предложенный метод может быть полезен фермерам для экспресс-анализа лабораторной всхожести семян в период предпосевной подготовки.

**Keywords:** wheat seeds, electrophysical properties, laboratory germination, variable potential, resting potential, wheat seed electrophysical properties.

A method to evaluate the laboratory germination of wheat seeds of the Buran variety is proposed. When analyzing resting potential phase in the variable potential of different wheat varieties it was found that the resting potential cannot serve as a general character by which the laboratory germination of seeds may be evaluated. For laboratory germination studies, the standard method given in the GOST (Russian National Standard) 12038-84 and the electrophysical method based on soaking seeds in distilled water and measuring the variable potential of each seed were used. There were 50 seeds under study. The seeds were soaked in distilled water for 20 hours. Next, the variable potential was recorded and these seeds were again placed in a germination chamber (heating cabinet) for germination for 6 days. The graphs of variance of the variable potential obtained using the LA50-USB data acquisition board with subsequent processing by applied mathematical software packages are presented. At the end of the experimental study, the germination indices of seeds determined in accordance with the GOST 12038-84 were compared with the characteristics of the variable potential of seeds

according to individual indices. It was found that the level of the maximum value of the variable potential in normally germinated seeds exceeded 48 mV; in abnormally germinated seeds, it was in the range from 15 to 30 mV; in ungerminated seeds, the maximum value was less than 15 mV. In addition, two groups of high-frequency components in the variable potential were recorded in abnormally germinated and ungerminated seeds. The first group was characterized by fluctuations in the fre-

quency range of 10-40 Hz with doubled amplitude of 1.5–3.5 mV, and the second group had frequencies of 1.2–1.8 Hz with doubled amplitude of 3-5 mV. Thus, the laboratory germination may be evaluated based on the determined characteristics in the variable potential. The proposed method may be useful for farmers for rapid test of seed laboratory germination during the pre-sowing preparation.

**Зрюмова Анастасия Геннадьевна**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой информационных технологий, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: zrumovaag@altgtu.ru.

**Пронин Сергей Петрович**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sppronin@mail.ru.

**Пилецкий Александр Андреевич**, аспирант, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: ap10111997.alex@yandex.ru.

**Беляев Владимир Иванович**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственной техники и технологий, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

**Прокопчук Роман Евгеньевич**, к.т.н, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: prokopchuk.roman@yandex.ru.

**Zryumova Anastasiya Gennadevna**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: a.zrumova@mail.ru.

**Pronin Sergey Petrovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: sppronin@mail.ru.

**Piletskiy Aleksandr Andreevich**, post-graduate student, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: ap10111997.alex@yandex.ru.

**Belyaev Vladimir Ivanovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

**Prokopchuk Roman Evgenevich**, Cand. Tech. Sci., Asst. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: prokopchuk.roman@yandex.ru.

Лабораторная всхожесть является одним из ключевых параметров для оценки посевных качеств зерна, влияющим на урожайность и экономику сельского хозяйства. По лабораторной всхожести оценивают качество посевного материала, которая показывает, сколько семян жизнеспособно, а сколько не прорастут. Количество жизнеспособных семян в партии позволяет определить нормы высева семян на 1 га.

Лабораторная всхожесть – это способность семян образовывать нормальные проростки в контролируемых лабораторных условиях, выраженная в процентах от общего количества посеянных семян [1].

Существует несколько методов контроля лабораторной всхожести семян пшеницы: метод определения всхожести по ГОСТ 12038-84 [1], химические и бактериологические методы опре-

деления всхожести семян [2, 3] и метод контроля всхожести семян по мембранному потенциалу [5].

В статье [6] представлены исследования зависимости мембранного потенциала от всхожести семян пшеницы сорта Зимушка. Значение мембранного потенциала в начальный момент времени повышается с увеличением всхожести. Таким образом, основным признаком всхожести является потенциал покоя.

Однако фазы изменения переменного потенциала [7] зависят от сорта пшеницы. Например, для сортов Алтайская 75, Гранит, Тасос, Буран потенциал покоя находится в пределах от -5 до -10 мВ достаточно продолжительное время от 0,2 до 0,6 с [6]. Следовательно, для указанных сортов пшеницы невозможно определить всхожесть по потенциалу покоя. Значит,

необходимо установить другие признаки в переменном потенциале, по которым можно оценить лабораторную всхожесть.

**Цель** работы – исследовать изменения переменного потенциала семян пшеницы сорта Буран и установить признаки лабораторной всхожести по параметрам переменного потенциала.

### Материалы и методы

В эксперименте использовались семена пшеницы сорта Буран. На кафедре сельскохозяйственной техники и технологий Алтайского ГАУ была определена лабораторная всхожесть. Она составила 84,7%.

Для исследований электрофизических свойств семян применялась методика, изложенная в статьях [5, 7]. В течение 20 ч семена в количестве 50 шт. набухали в поролоновых формах, увлажненных дистиллированной водой, при температуре 20°C.

Далее с помощью платы сбора данных ЛА50-USB фиксировали переменный потенциал у каждого семени, нумеровали их и вновь закладывали в поролоновые формы, в которых семена еще проросли в течение 6 сут. При анализе проростков руководствовались рекомендациями из ГОСТ 12038-84: «Нормально проросшие зерна должны иметь росток не менее половины длины семени и два корня не менее длины семени».

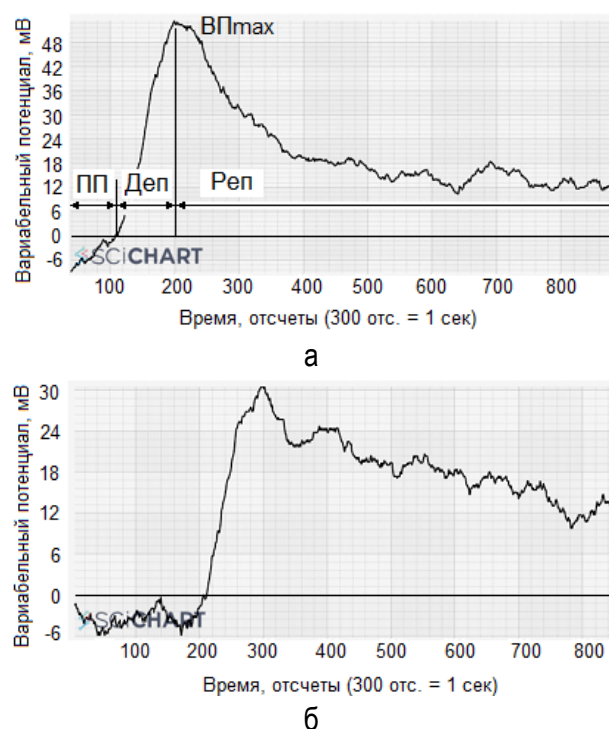
Геометрические размеры семян, ростков и корней измеряли с помощью штангенциркуля с ценой деления 0,1 мм.

### Результаты и их обсуждение

Из 50 семян пшеницы по методике ГОСТ 12038-84 получили следующий результат: 40 нормально проросших, 2 ненормально проросших, 8 непроросших. У нормально проросших семян средний размер ростка составил 18,1 мм, а корни – 29,8 мм. Длина ненормально проросшего первого семени составила 6 мм, длина ростка – 2,4 мм, длина двух корней – 5,3 и 5,5 мм. У второго семени длина равнялась 6,2 мм, длина ростка – 2,3 мм, длина корней –

по 5,6 мм. Как видно из геометрических размеров, семена по критерию ГОСТ 12038-84 весьма незначительно отличались от нормально проросших семян. Если измерения длины ростков производить на «глазок», то 2 ненормально проросших можно причислить к нормально проросшим. Тогда общее количество будет составлять уже 42 шт. Значит, всхожесть (84%) будет соответствовать всхожести, полученной на кафедре сельскохозяйственной техники и технологий АГАУ (84,7%).

На рисунке 1 приведены типичные значения из класса нормально проросших семян.



**Рис. 1. Типичные ВП из класса нормально проросших семян**

На рисунке 1 а, согласно классификации [8], отмечены следующие области ВП:

ПП – потенциал покоя;

ДП – область деполяризации;

Реп – область реполяризации;

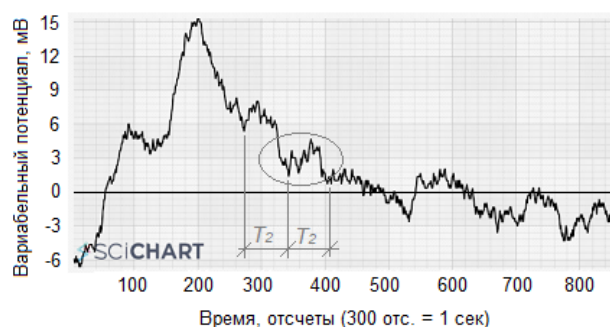
ВП<sub>max</sub> – максимальное значение переменного потенциала.

Все названные области присутствуют в переменном потенциале, приведенном на рисунке 1 а. По рисунку 1 можно отметить основные признаки переменного потенциала, характери-

зующие нормально проросшие семена. Максимальное значение переменного потенциала  $ВП_{\max}$  лежит в диапазоне от 30 до 48 мВ. Потенциал покоя изменяется от -3 до -6 мВ.



а



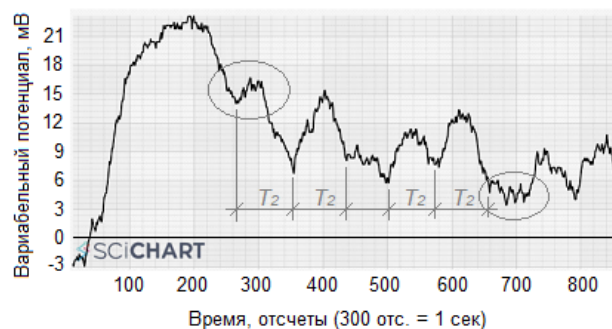
б

**Рис. 2. Типичные ВП  
из класса непроросших семян**

На рисунке 2 показаны типичные переменные потенциалы из класса непроросших семян. Максимальные значения  $ВП_{\max}$  у 4 семян составили 15 мВ. Потенциал покоя изменяется от -3 до -6 мВ, что совпадает со значениями потенциала покоя нормально проросших семян. По графикам рисунка 2 можно отметить отличительную особенность непроросших зерен – это появление двух групп высокочастотных компонент в сигнале. Первая группа обозначена эллипсами. Частота этой группы лежит в диапазоне 10-40 Гц с удвоенной амплитудой колебаний от 1,5 до 3,5 мВ. Вторая группа обозначена периодами  $T_2$ . Частота этой группы составила 1,2-1,8 Гц, с удвоенной амплитудой колебаний 3-5 мВ.

На рисунке 3 приведены переменные потенциалы ненормально проросших семян (росток и корень есть, но геометрические размеры не соответствуют ГОСТ 12038-84). Максималь-

ные значения переменного потенциала  $ВП_{\max}$  составляют 23 мВ. Полученное значение больше, чем у непроросших семян, но меньше, чем у проросших. Как и у непроросших семян наблюдаются две аналогичные группы высокочастотных компонент.



**Рис. 3. ВП из класса  
ненормально проросших семян**

В таблице приведены итоговые результаты экспериментальных исследований. В столбце 2 представлено количество проросших и непроросших семян за 7 сут. В столбцах 3, 4 и 5 приведено количество семян, которые обладают определенными признаками в переменном потенциале для каждого класса семян. У 40 нормально проросших семян отсутствуют высокочастотные компоненты, а максимальное значение переменного потенциала превышает 30 мВ:  $ВП_{\max} \geq 30$  мВ. У 2 ненормально проросших семян наблюдаются высокочастотные компоненты, а максимальные значения переменного потенциала  $ВП_{\max}$  лежат в диапазоне 15 мВ  $< ВП_{\max} < 30$  мВ. У 8 непроросших семян также наблюдаются высокочастотные компоненты, но максимальные значения  $ВП_{\max}$  не превышают 15 мВ:  $ВП_{\max} \leq 15$  мВ.



**Результаты экспериментальных исследований**

Класс семян	Количество семян на 7-е сут.	Признаки в переменном потенциале		
		$ВП_{\max} \geq 30 \text{ мВ}$	$15 \text{ мВ} < ВП_{\max} < 30 \text{ мВ}$ ВЧ-компоненты	$ВП_{\max} \leq 15 \text{ мВ}$ ВЧ-компоненты
Нормально проросшие	40	40	нет	нет
Ненормально проросшие	2	нет	2	нет
Непроросшие	8	нет	нет	8

Используя табличные данные, несложно рассчитать лабораторную всхожесть и по методу, изложенному в ГОСТ 12038-84 (столбец 2), и по признакам в переменном потенциале (столбцы 3, 4, 5):

$$\text{Лабораторная всхожесть} = \\ 40 \text{ шт. } 100\% / 50 \text{ шт.} = 80\%.$$

Таким образом, можно уверенно сказать о совпадении лабораторной всхожести семян, полученных двумя различными методами.

По сути, признаки в переменном потенциале отражают алгоритм оценки лабораторной всхожести. Он может быть реализован оператором визуально по графикам переменного потенциала или с помощью специализированного программного обеспечения. Второй вариант – это уже тема отдельного исследования, поскольку требует серьезного математического аппарата.

Явным преимуществом электрофизического метода является значительное уменьшение времени оценки. При визуальной оценке лабораторной всхожести семян по графикам переменного потенциала общее время составляет 24 ч против 7 сут.

Следует отметить еще один важный положительный аспект электрофизического метода. Когда максимальное значение  $ВП_{\max}$  принимает значение в диапазоне от 15 до 30 мВ, то семя однозначно классифицируется как ненормально проросшее. Если использовать критерий ГОСТа

к этим же семенам без применения штангенциркуля и измерять размеры на «глазок», то можно сделать ошибку в определении соотношений размеров семян и причислить семена к нормально проросшим. Тогда лабораторная всхожесть составит уже 84%.

**Заключение**

Исследованы изменения переменного потенциала у семян пшеницы сорта Буран. Установлены признаки в переменном потенциале, соответствующие нормально проросшим, ненормально проросшим и непроросшим семенам. Нормально проросшие семена имеют максимальное значение ВП свыше 30 мВ. По соотношению количества семян, имеющих  $ВП_{\max} \geq 30 \text{ мВ}$ , к общему количеству семян, взятых для измерений (не менее 50 шт.), определяется процент всхожести. Время измерения лабораторной всхожести составляет 24 ч. Метод может быть полезен фермерам для экспресс-анализа лабораторной всхожести семян в период предпосевной подготовки.

**Библиографический список**

1. ГОСТ 12038-84. Государственный стандарт Союза ССР. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР 01.07.1986 № 4710) // Министерство сельского хозяйства РСФСР: сборник ГОСТов. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002.

2. Copeland, L.C. and McDonald, M.B. (2001) Principles of Seed Science and Technology. 4th Edition, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1619-4>.

3. Корнеева, О. С. Микробиологический контроль качества зерна и продуктов его переработки / О. С. Корнеева, Л. Н. Карпович. – Москва: Пищевая промышленность, 1985. – 303 с. – Текст: непосредственный.

4. Мерченко, Н. Н. Разработка метода контроля всхожести зерен пшеницы по мембранному потенциалу / Н. Н. Мерченко, С. П. Пронин, А. Г. Зрюмова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10 (108). – С. 103-106.

5. Барышева, Н. Н. Метод определения всхожести семян пшеницы на основе мембранных потенциалов / Н. Н. Барышева, С. П. Пронин. – Текст: непосредственный // Инженерные технологии. – 2019. – Т. 29, № 3. – С. 443-445.

6. Медведев, С. С. Электрофизиология растений: учебное пособие / С. С. Медведев. – Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 1997. – 122 с. – Текст: непосредственный

7. Сравнение мембранного потенциала зерен пшеницы, разделенных на фракции по аэродинамическим свойствам, разных сортов с разной урожайностью / Н. Н. Барышева, С. П. Пронин, Д. Д. Барышев, В. И. Беляев. – Текст: непосредственный // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 4. – С. 550-575.

8. Ходжкин, А. Нервный импульс: монография / А. Ходжкин; перевод с английского Ц. М. Софиной; под редакцией Е. А. Либермана. – Москва: Мир, 1965. – 123 с. – Текст: непосредственный.

## References

1. GOST 12038-84. Gosudarstvennyi standart Soiuza SSR. Semena selskokhoziaistvennykh kultur. Metody opredeleniia vskhozhesti (utv. i vveden v deistvie Postanovleniem Gosstandarta SSSR 01.07.1986 No. 4710) // Ministerstvo selskogo khoziaistva RSFSR: sb. GOSTov. – Moskva: IPK Izdatelstvo standartov, 2002.

2. Copeland, L.C. and McDonald, M.B. (2001) Principles of Seed Science and Technology. 4th Edition, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1619-4>.

3. Korneeva O.S., Karpovich L.N. Mikrobiologicheskii kontrol kachestva zerna i produktov ego pererabotki. – Moskva: Pishchevaia promyshlennost, 1985. – 303 s.

4. Merchenko N.N., Pronin S.P., Zriumova A.G. Razrabotka metoda kontrolya vskhozhesti zeren pshenitsy po membrannomu potentsialu // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – No. 10 (108). – S. 103-106.

5. Barysheva N.N., Pronin S.P. Metod opredeleniia vskhozhesti semian pshenitsy na osnove membrannykh potentsialov // Inzhenernye tekhnologii. 2019. T. 29. No. 3. S. 443-445.

6. Medvedev S.S., Elektrofiziologiya rastenii. Uchebnoe posobie. – Sankt-Peterburg: Izd-vo S. Peterburgskogo universiteta, 1997. – 122 s.

7. Barysheva N.N., Pronin S.P., Baryshev D.D., Beliaev V.I. Sravnenie membrannogo potentsiala zeren pshenitsy, razdelennykh na fraktsii po aerodinamicheskim svoistvam, raznykh sortov s raznoi urozhainostiu. // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. – 2020. – T. 30, No. 4. – S. 550-575.

8. Khodzhkin A. Nervnyi impuls: monografiia / per.s angl. Ts.M. Sofinoi; pod red. E.A. Libermana. – Moskva: Mir, 1965. – 123 s.

