

ИЗМЕНЕНИЕ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

С.П. Пронин, Н.Н. Барышева, П.А. Гудков, В.Н. Дивисилова

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Статья посвящена исследованию изменений мембранного потенциала зерен пшеницы при одновременном механическом и электрическом воздействиях. Экспериментально установлено, что при одновременном воздействии двух факторов у зерен с низкой всхожестью существенно меняется потенциал действия, а у зерен с высокой всхожестью происходит существенное изменение потенциала покоя.

Ключевые слова: мембранный потенциал, потенциал покоя, потенциал действия, зерна пшеницы, механическое воздействие, электрическое воздействие.

Исследование биоэлектрических сигналов у высших растений, а именно у зерен пшеницы, является актуальным направлением. Например, в результате исследований изменения мембранного потенциала зерен пшеницы были разработаны два новых метода оценки их всхожести: метод, основанный на измерении параметров потенциала действия [1], и метод, основанный на измерении потенциала покоя [2], которые позволяют значительно сократить время определения всхожести. Каждый из этих методов имеет достоинства и недостатки. Однако оба они основаны на возникновении мембранного потенциала путем механического воздействия на зерно - прокалывании кончиком иглы его оболочки [1-3].

В настоящей работе представлен результат исследования изменений мембранного потенциала при одновременном воздействии на оболочку зерна острия кончика иглы и постоянного тока.

Для "чистоты" эксперимента сравнивали результат, полученный по известной методике с результатом, полученным по предложенной методике.

Известная методика состоит из двух основных этапов. На первом этапе проращивают зерна пшеницы при температуре 20°C – 22°C в течение 12 часов [3]. Затем производят измерения мембранного потенциала у зерен пшеницы по схеме, представленной на рисунке 1а.

Система сбора данных состоит из двух электродов и устройства АЦП ЛА-50USB, подключенного к персональному компьютеру через USB-вход.

Помещая зерно в электрод-зажим и протыкая электродом-иглой оболочку зерна, считывали изменения мембранного потенциала в течение 10 секунд. Исследования изменения мембранного потенциала во времени проводили для зерен с 96% и 86% всхожести. В каждой серии эксперимента количество зерен составляло не менее 30 штук.

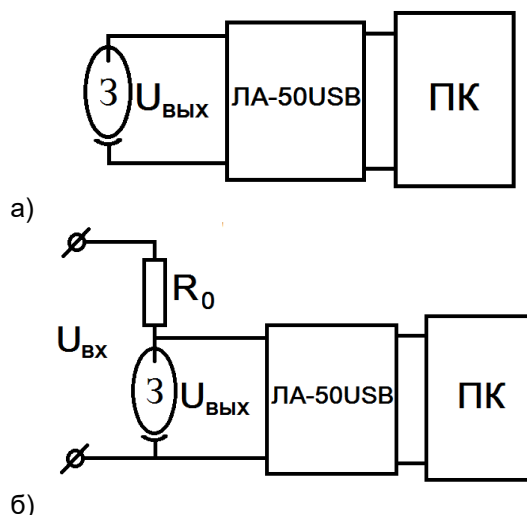


Рисунок 1 – Функциональная схема системы сбора данных для измерения мембранного потенциала: а) - непосредственное включение зерна "3" в цепь устройства АЦП 50-USB; б) - включение зерна пшеницы "3" с использованием делителя напряжения

На рисунке 2 представлен график изменения мембранного потенциала для зерен пшеницы со всхожестью 96%, вызванного механическим воздействием.

На рисунке 3 представлен график изменения мембранного потенциала для зерен пшеницы со всхожестью 86%, вызванного механическим воздействием.

Для заданных условий эксперимента получены типичные графики. Первая точка у этих графиков отражает потенциал покоя. Весь график представляет потенциал действия [4]. 300 отсчетов соответствуют 1 секунде.

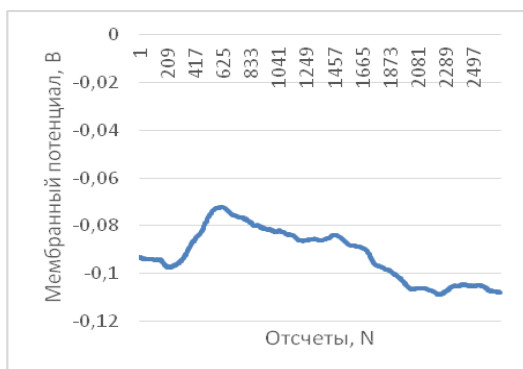


Рисунок 2 – График изменения мембранного потенциала зерна со всхожестью 96%

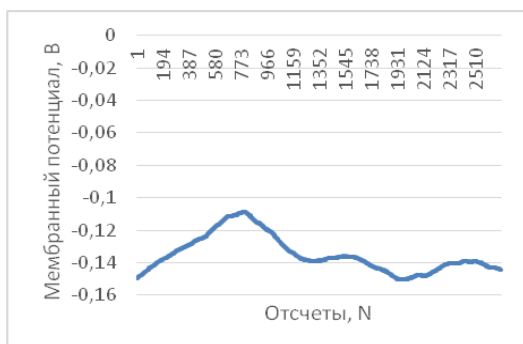


Рисунок 3 – График изменения мембранного потенциала зерна со всхожестью 86%

Значение потенциала покоя для зерен пшеницы с всхожестью 96% составляет -93 мВ, а для зерен с всхожестью 86% это значение равно -149 мВ. Таким образом, подтвержден закономерный результат: высокой всхожести соответствует низкое значение потенциала покоя (по модулю), а низкой всхожести - высокое значение потенциала покоя. Как показано в статье [5], зерна с высокой всхожестью имеют большую концентрацию ионов различных химических элементов и высокую проницаемость оболочки. Так, например, зерна с всхожестью 97% имеют концентрацию ионов калия $[K^+] = 10^{-5}$ мг/л и коэффициент проницаемости оболочки

$P_K = 0,51$. Тогда как зерна со всхожестью 87% имеют концентрацию ионов калия $[K^+] = 10^{-7}$ мг/л (в 100 раз меньше) и коэффициент проницаемости оболочки $P_K = 0,026$ (в 20 раз меньше). Следовательно, на стадии проращивания зерен пшеницы с низкой всхожестью их оболочки задерживают ионы химических элементов на внутренней стороне, определяя, таким образом, высокий по модулю мембранный потенциал.

Для исследования изменения мембранного потенциала при одновременном воздействии острия иглы и электрического тока были модифицированы измерительные электроды. Функциональная схема подключения зерна "З" в цепь системы сбора данных представлена на рисунке 1б. Входное напряжение $U_{BX} = 1,5$ В, ограничительное сопротивление по току $R_O = 0,33$ Ом, сопротивление увлажненного зерна пшеницы составляет 0,01 Ом.

Результат эксперимента для зерен пшеницы с высокой всхожестью (96%) при одновременном воздействии двух факторов - механического и электрического, представлен на рисунке 4.

Как видно из графика, значение потенциала покоя составило -135 мВ. Следовательно, потенциал покоя по модулю увеличился на 43 мВ. График же потенциала действия существенных изменений не претерпел, просто сместился параллельно самому себе по оси ординат приблизительно на -40 мВ.

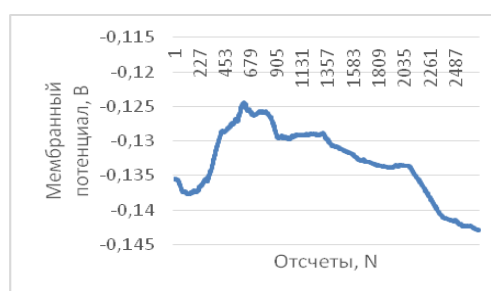


Рисунок 4 – График изменения мембранного потенциала у зерен пшеницы с всхожестью 96% при механическом и электрическом воздействиях

Результат эксперимента для зерен пшеницы с низкой всхожестью (86%) при одновременном воздействии двух факторов - механического и электрического, представлен на рисунке 5.

ИЗМЕНЕНИЕ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Как видно из графика, значение потенциала покоя составило -143 мВ. Следовательно, потенциал покоя практически не изменился. Зато график потенциала действия существенно изменился. Он имеет тенденцию монотонного возрастания в диапазоне 10 секунд на величину по оси ординат +30 мВ.

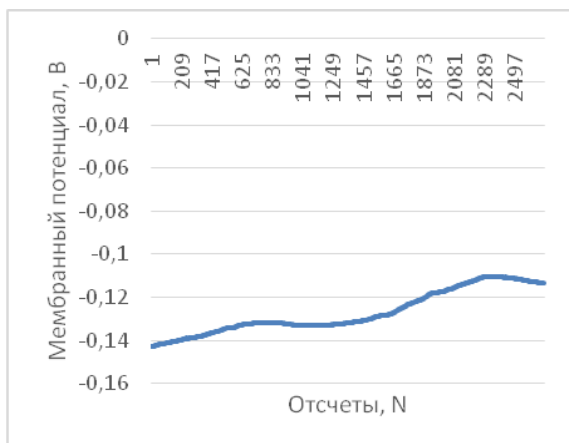


Рисунок 5 – График изменения мембранного потенциала у зерен пшеницы с всхожестью 86 % при механическом и электрическом воздействиях

Выводы

В результате проведенных экспериментов было выявлено, что одновременное воздействие на зерно пшеницы двух факторов - механического и электрического, по-разному влияют на изменение у него мембранного потенциала.

У зерен с высокой всхожестью происходит существенное изменение потенциала покоя. При этом у потенциала действия существенных изменений не происходит. График потенциала действия смещается параллельно самому себе по оси ординат приблизительно на -40 мВ.

У зерен с низкой всхожестью потенциал покоя практически не меняется. Зато зависи-

мость потенциала действия во времени меняется существенно. Она имеет тенденцию монотонного возрастания в диапазоне 10 секунд на величину по оси ординат +30 мВ.

Выявленные признаки могут быть использованы для дополнительного контроля всхожести зерен пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышева Н.Н. Метод и средство контроля мембранного потенциала зерен пшеницы и его применение для оценки всхожести [Текст] дис. ... канд.техн. наук: 05.11.13: защищена 01.12.15/ Барышева Надежда Николаевна; ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». – Барнаул, 2015. – 216 с.: ил.
2. Матлаев А.Г. Метод и средство контроля всхожести семян пшеницы по изменению потенциала действия [Текст] дис. ... канд.техн. наук: 05.11.13: защищена 29.12.09/ ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». – Барнаул, 2015. – 92 с.: ил.
3. Барышева, Н.Н. Метод контроля мембранного потенциала семян пшеницы и его применение для оценки всхожести / Н.Н. Барышева, С.П. Пронин // Ползуновский вестник. – 2015. - №2. – С.70–74.
4. Основы физики и биофизики. А.И. Журавлев и др. - М.: Мир, 2005. - 384 с.
5. Мерченко Н.Н. Зависимость мембранного потенциала зерен пшеницы от концентрации ионов на внутренней стороне оболочки и ее проницаемости / Н.Н. Мерченко, С.П. Пронин // Фундаментальные исследования. – 2014. - № 8. – С. 1539-1544

Пронин Сергей Петрович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных технологий, тел: 8-913-085-96-65, e-mail: sppronin@mail.ru;

Барышева Надежда Николаевна – к.т.н., доцент каф. информационных технологий;

Гудков Павел Александрович. – магистрант каф. ИТ, тел: 8-983-189-2486, e-mail: gudkovpavel@icloud.com;

Дивисилова Валентина Николаевна – магистрант кафедры ИТ.