

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 681:2:631

**Н.Н. Мерченко,  
С.П. Пронин,  
А.Г. Зрюмова**

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ ВСХОЖЕСТИ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ ПО МЕМБРАННОМУ ПОТЕНЦИАЛУ

**Ключевые слова:** мембранный потенциал, формула Нернста, зерна пшеницы, проницаемость мембраны, всхожесть, температура, концентрация ионов, метод контроля.

В основе формирования мембранного потенциала лежит перенос ионов через мембрану. При возбуждении мембраны зерен пшеницы механическим воздействием электродов происходит повышение проницаемости мембраны для ионов натрия. Эти ионы, концентрация которых вне клетки значительно выше, чем внутри нее, начинают с большой скоростью диффундировать внутрь, перенося через мембрану положительные заряды и, соответственно, перезаряжая ее [1].

Величину мембранного потенциала животной клетки можно приблизительно рассчитать по упрощенной формуле Нернста:

$$\varphi_{МП} = \frac{RT}{F} \ln \frac{[C^+]_{out}}{[C^+]_{in}}, \quad (1)$$

где  $\varphi_{МП}$  – разность потенциалов на мембране;

$F$  – постоянная Фарадея;

$R$  – универсальная газовая постоянная;

$T$  – абсолютная температура;

$[C^+]_{out}$  – концентрация ионов снаружи оболочки зерна;

$[C^+]_{in}$  – концентрация ионов внутри оболочки.

Исходя из формулы Нернста, на результаты мембранного потенциала влияют изменение температуры и изменение концентрации ионов на внешней стороне оболочки зерна.

Для экспериментального исследования была разработана специальная термоустановка с возможностью регулирования начальной температуры при подготовке зерен к эксперименту и проведении измерений мембранного потенциала. Использование дистиллированной воды на начальном этапе процесса подготовки зерен пшеницы обеспечивает нулевую концентрацию ионов на внешней стороне оболочки зерна. С течением времени соотношение концентраций ионов внутри и снаружи зерна будет опре-

деляться от количества ионов и свойств мембраны, которые и определяют качество зерна, включая его всхожесть.

Термоустановка выполнена в виде герметичной камеры с автоматическим поддержанием температуры. Процесс подготовки зерен пшеницы заключается в выдерживании зерен в течение 12 ч в поролоновых формах с ячейками, заполненными дистиллированной водой [2]. Для измерения мембранного потенциала используется тонкий электрод, вводимый внутрь зерна, который через плату сбора данных LA50USB подключался к ПК.

В результате проведенных исследований зависимости изменения мембранного потенциала было выявлено, что процесс возбуждения мембраны для зерен пшеницы с высокой и низкой всхожестью отличается между собой [3].

Выявлено, что мембранный потенциал при одинаковых внешних условиях для зерен пшеницы со всхожестью 87 и 97% по 100 шт. в каждой партии отличается в несколько раз. Мембранный потенциал со всхожестью 87% равен -184 мВ, а у зерен со всхожестью 97% составляет -63 мВ. Однако эти эксперименты были выполнены при начальной температуре 20°C.

**Цель** – выполнить исследования изменения мембранного потенциала зерен пшеницы с высокой и низкой всхожестью в зависимости от различной начальной температуры, устанавливаемой на стадии подготовки зерен пшеницы к эксперименту и на основе выполненных исследований разработать метод контроля всхожести семян пшеницы.

В соответствии с формулой Нернста с ростом температуры происходит увеличение мембранного потенциала. Важным подтверждением влияния температуры явились эксперименты по регистрации мембранного

потенциала зерен пшеницы в диапазоне температур от 20 до 25°C с шагом через 1°C.

В процессе экспериментов выявлено, что воздействие температуры на изменение мембранного потенциала зерен пшеницы различной всхожести носит индивидуальный характер.

График зависимости изменения мембранного потенциала представлен на рисунке 1. По оси абсцисс отложена температура в Кельвинах. На основе экспериментальных данных была выбрана линейная аппроксимирующая функция. Степень близости аппроксимации экспериментальных данных выбранной функцией характеризует высокий коэффициент детерминации:  $R^2 = 0,96$ . Таким образом, для зерен пшеницы со всхожестью 87% изменение мембранного потенциала от температуры представляет собой линейную зависимость.

Для зерен пшеницы со всхожестью 97% изменение мембранного потенциала от температуры происходит по нелинейному закону. Результат экспериментов представлен на рисунке 2. Зависимость изменения мембранного потенциала от температуры аппроксимировано алгебраическим уравнением третьей степени с коэффициентом детерминации:  $R^2=1$ .

Выявленные особенности изменения мембранного потенциала в зависимости от температуры может быть использованы в качестве критерия для оценки качества зерна пшеницы.

Очевидно, что изменения мембранного потенциала зависят от температуры и ионной проницаемости мембраны.

На основании формулы Нернста можно выразить ионную проницаемость как

$$\frac{[C^+]_{out}}{[C^+]_{in}} = e^{\frac{\Phi_{мФ}}{RT}} \quad (2)$$

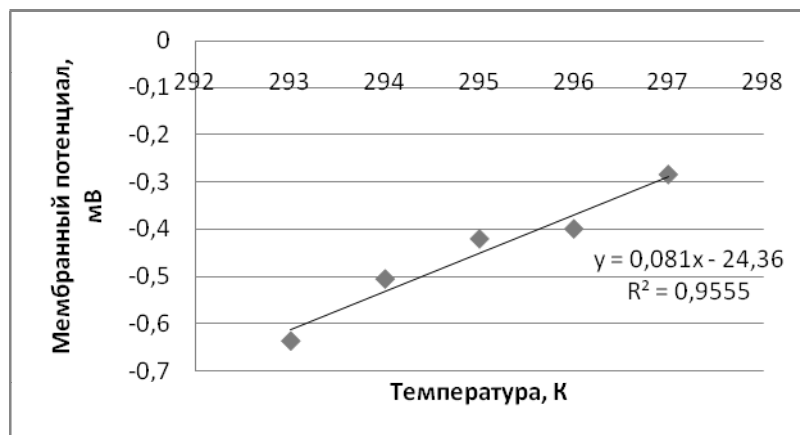


Рис. 1. Зависимость изменения мембранного потенциала от температуры для зерен пшеницы со всхожестью 87%

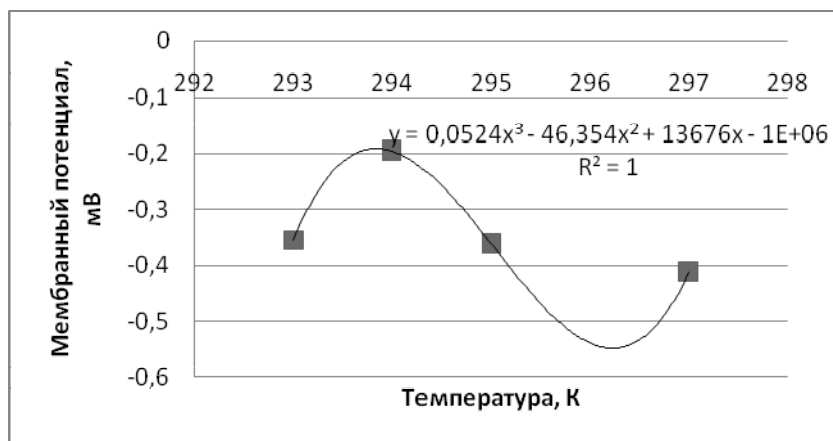


Рис. 2. Зависимость изменения мембранного потенциала от температуры для зерен пшеницы со всхожестью 97%

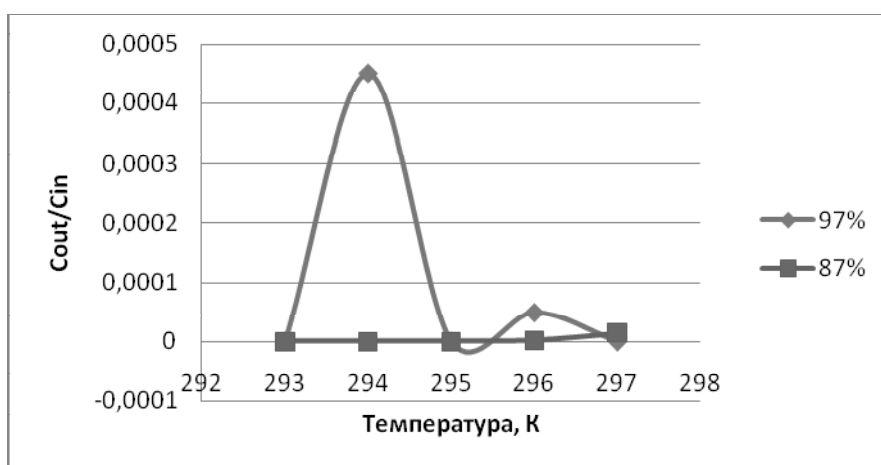


Рис. 3. Изменение соотношения концентраций ионов снаружи и внутри оболочки зерна пшеницы различной всхожести в зависимости от температуры

Имея экспериментальные данные мембранного потенциала ( $\varphi_{МП}$ ), были вычислены зависимости соотношения концентраций ионов снаружи и внутри оболочки зерна с различной всхожестью от температуры. Результаты представлены на рисунке 3.

С увеличением температуры соотношение концентраций ионов снаружи и внутри оболочки зерен пшеницы всхожестью 87% незначительно возрастает по экспоненциальному закону. Концентрация ионов внутри оболочки значительно выше, чем вне, в исследуемом диапазоне температуры.

Для зерен пшеницы со всхожестью 97% зависимость соотношения концентраций ионов снаружи и внутри оболочки представляет собой полиномиальное уравнение третьей степени с выделяющимся максимумом при температуре 21°C.

С целью контроля всхожести зерен необходимо обеспечить диапазон температуры от 293К до 295К, что соответствует нормам, указанным в ГОСТ 12038-84 [4]. В

противном случае можно не получить достоверных результатов.

### Вывод

В результате исследования воздействия температуры на изменение мембранного потенциала зерен пшеницы со всхожестью 97 и 87% получен новый метод контроля всхожести. В основе разработанного метода лежит модель изменения мембранного потенциала в диапазоне температур от 20 до 25°C. Выявлена следующая закономерность: для зерен пшеницы всхожестью 97% зависимость изменения мембранного потенциала от температуры можно описать алгебраическим уравнением третьей степени:

$$\varphi_{МП}(T) = 0,0524T^3 - 46,354T^2 + 13676T - 1E + 06. \quad (3)$$

Для зерен пшеницы со всхожестью 87% изменение мембранного потенциала от температуры представляет собой линейную зависимость, описываемую уравнением:

$$\varphi_{МП}(T) = 0,081T - 24,36. \quad (4)$$

Также выявлено, что при температуре 25<sup>0</sup>С свойства зерен пшеницы всхожестью 97 и 87% становятся идентичными. Контроль всхожести зерен пшеницы по мембранному потенциалу при температуре свыше 25<sup>0</sup>С не дает достоверных результатов.

Проведенные эксперименты с точки зрения мембранного потенциала научно обосновывают регламентируемый ГОСТом диапазон температур проращивания зерен пшеницы от 20 до 22<sup>0</sup>С. Именно в этом диапазоне температур наблюдается существенная разница значения мембранного потенциала в зависимости от всхожести зерен пшеницы.

Однако время исследования всхожести зерен пшеницы по методу, изложенному в ГОСТ, составляет 10-12 дней, в разработанном методе контроля всхожести время на подготовку зерен пшеницы сокращено до 12 ч.

#### Библиографический список

1. Рубин А.Б. Биофизика: в 2 т. Т. 1. Теоретическая биофизика. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Университет, 1999. – 448 с.
2. Шереметьев М.В., Зырянов А.А., Мерченко Н.Н., Зрюмова А.Г., Пронин С.П. Экспериментальная установка для исследования потенциала действия зерен пшеницы // Ползуновский альманах. – 2011. – № 1. – С. 177-178.
3. Пронин С.П., Зрюмова А.Г., Мерченко Н.Н. Исследование изменения потенциала действия семян пшеницы в зависимости от их всхожести при заданной температуре // Ползуновский альманах. – 2011. – № 1. – С. 170-172.
4. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.



УДК 631:362.7

**В.И. Курдюмов,  
А.А. Павлушин,  
Г.В. Карпенко,  
М.А. Карпенко**

## РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТАКТНОЙ СУШКИ ЗЕРНА РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ТОНКОСЛОЙНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ВЫСУШИВАЕМОГО МАТЕРИАЛА

**Ключевые слова:** сушка зерна, энергосбережение, контактный способ передачи теплоты, методика исследований, единственный зерновой слой, оптимизация процесса зерносушения.

#### Введение

Согласно Государственной программе развития сельского хозяйства на 2013-2020 гг., одним из приоритетных направлений является развитие малых форм хозяйствования – крестьянских (фермерских) хозяйств [1].

Кроме того, Правительством Российской Федерации принят ряд правовых актов, направленных на повышение энергоэффективности производства валового внутреннего продукта страны к 2020 г. не менее чем на 40%.

В нашей стране уже функционируют свыше 300 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств, валовый сбор зерна в которых достигает 3,5·10<sup>6</sup> т. Однако обеспечение требуемого уровня рентабельности произ-

водства зерна сельскохозяйственными предприятиями подобного типа возможно лишь при использовании энергоэффективных установок для послеуборочной обработки зерна.

Одна из наиболее энергозатратных операций в цикле послеуборочной обработки зерна – его сушка. Примерно 20% от всего потребления энергии в агропромышленном комплексе развитых стран приходится на этот процесс.

Следует отметить, что на протяжении всей истории развития зерносушилок требовалось создавать установки большой производительности, в которых использовался конвективный способ подвода теплоты. Применение же контактного способа нагрева зерна не обеспечивало приемлемых энергетических показателей. Однако эксплуатация существующих высокопроизводительных зерносушилок конвективного типа экономически неэффективна в условиях фермерских хозяйств.