

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХЛОРНОКИСЛОГО МАГНИЯ НА МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ ВЫСОКОЙ ВСХОЖЕСТИ

К.С. Гринина, Ю.С. Конюшенко, А.А. Моисеева, А.Г. Зрюмова
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Статья посвящена исследованию воздействия хлорнокислого магния на мембранный потенциал зерна пшеницы высокой всхожести, с последующим анализом мембранной проницаемости с помощью логарифмической функции Гольдмана – Ходжкина – Катца.

Ключевые слова: мембранный потенциал, мембранная проницаемость, хлорнокислый магний.

Хлорнокислый магний широко используется в пищевой промышленности и коммунальном хозяйстве. Хлорнокислый магний относится к классу солей, соль магния и соляной кислоты. Химическая формула хлорнокислого магния - $Mg(ClO_4)_2$ [1]. Вещество очень хорошо растворяется в воде и этаноле. В природе добывается в виде минерала бишофита [2].

В пищевой промышленности используется в качестве пищевой добавки «нигари», а также при производстве сыра «Тофу».

Хлорнокислый магний способен вызывать таяние льда да же при температуре ниже 30°C, поэтому он широко применяется в зимний период для обработки дорог. Экологические экспертизы подтвердили, что хлористый магний не оказывает негативного действия на окружающую среду [3].

Согласно ГН 2.1.6.1338–03 предельно допустимая концентрация (ПДК) хлорнокислого магния в воде водных объектов хозяйственно–питьевого и культурно–бытового водопользования составляет 0,003 мг/л. Класс токсичности 4, то есть вещество малоопасное, в соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76. «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [4].

Целью исследования является определение воздействия хлорнокислого магния на мембранный потенциал зерен пшеницы высокой всхожести.

Измерение мембранного потенциала зерен пшеницы осуществлялось с платы сбора данных ЛА–50USB, входящей в состав программно-аппаратного комплекса [5].

ГН 2.1.6.1338–03 определяет допустимую концентрацию (ПДК) хлорнокислого магния в воде и водных объектов хозяйственно–питьевого и культурно–бытового водопользования равную 0,003 мг/л. Для воздействия на мембранный потенциал пшеницы были выбраны следующие концентрации: 0,003 мг/л = 1ПДК, 0,03 мг/л = 10ПДК, 0,075 мг/л = 25ПДК, 0,15 мг/л = 50ПДК и 0,3 мг/л = 100ПДК. Хлорнокислый магний растворялся в дистиллированной воде.

Методика проведения эксперимента:

1) размещаем зерна пшеницы «Алтайский янтарь» со всхожестью 96% зародышем вверх на специальной матрице, сделанной из поролон. Расстояние между зерновками составляет не менее 10 мм;

2) помещаем матрицы в кювету с дистиллированной водой, в которой растворен хлорнокислый магний. Одна матрица помещается в кювету с дистиллированной водой без хлорнокислого магния, для дальнейшей дифференциации результатов. Матрицы покрываются целлофаном, для сохранения влаги;

3) помещаем закрытые матрицы в специальную лабораторную установку с заданной температурой 20–210С [6];

4) через 12 часов, проводим измерение электрической проводимости зерна, поочередно подключая зерновки к плате сбора данных ЛА–50USB (рисунок 1) в течение 15 секунд (частота дискретизации составляет 300Гц);

5) полученный массив данных обрабатывается специальным программным обеспечением из комплекта программ платы сбо-

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХЛОРНОКИСЛОГО МАГНИЯ НА МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ ВЫСОКОЙ ВСХОЖЕСТИ

ра данных LA-50USB [7] и конвертируется в формат .xlsx.



Рисунок 1 – Подключение зерновки пшеницы к плате сбора данных

Воспользуемся методами низкочастотной фильтрации для уменьшения шумов в полученном от зерновки сигнале. Рассчитаем математическое ожидание, дисперсию и доверительный интервал в точках от 1 до 15 секунды с шагом 1 секунда.

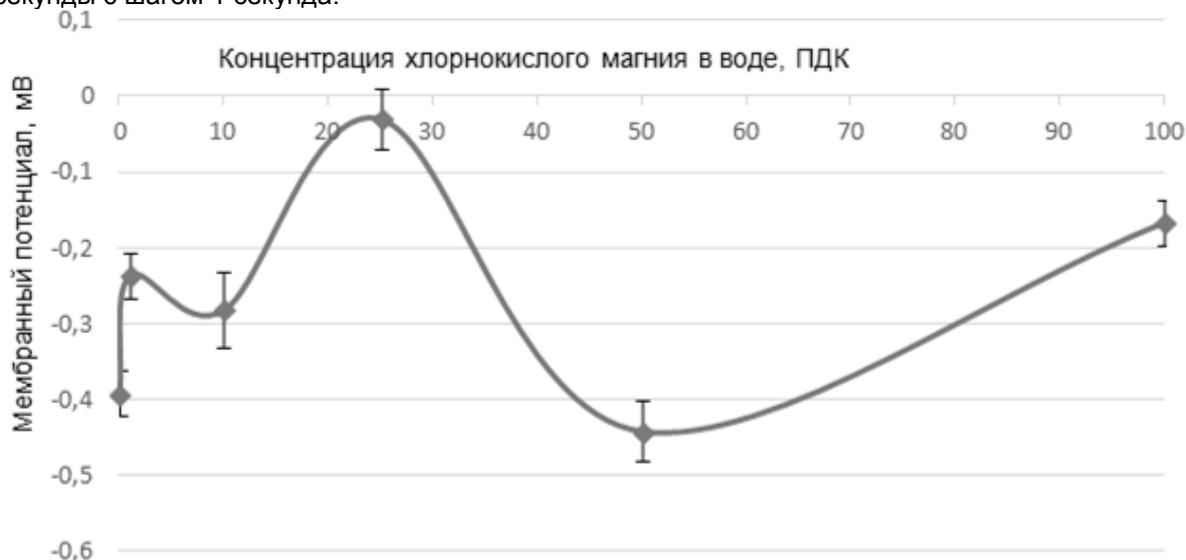


Рисунок 2 – Изменения мембранного потенциала зерен пшеницы от концентрации хлорнокислого магния в воде

Для расчета мембранной проницаемости зерна, воспользуемся логарифмической функцией Гольдмана – Ходжкина – Катца [8]:

$$\varphi = \frac{RT}{F} \ln \left(\frac{P_K[K^+]_i + P_{Na}[Na^+]_i + P_{Cl}[Cl^-]_o + [Mg^{2+}]_o}{P_K[K^+]_o + P_{Na}[Na^+]_o + P_{Cl}[Cl^-]_i} \right), \quad (1)$$

где φ – мембранный потенциал; R - универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/(моль·К); T - абсолютная температура; F - ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №4 Т.3 2017

Для анализа воздействия хлорнокислого магния на мембранный потенциал зерна, была выбрана точка, находящаяся во временном интервале 0–1 секунда измерения, она соответствует начальному значению мембранного потенциала.

Начальный мембранный потенциал зерна пшеницы, пророщенной в дистиллированной воде, составляет -0,39 мВ, для воды с содержанием хлорнокислого магния в 1 ПДК мембранный потенциал составляет -0,23 мВ, с концентрацией хлорнокислого магния 10 ПДК мембранный потенциал составляет -0,28 мВ, с концентрацией хлорнокислого магния 25 ПДК мембранный потенциал составляет -0,30 мВ, с концентрацией хлорнокислого магния 50 ПДК мембранный потенциал составляет -0,44 мВ, с концентрацией хлорнокислого магния 100 ПДК мембранный потенциал составляет -0,17 мВ.

На рисунке 2 представлен график величины мембранного потенциала от концентрации хлористого магния в дистиллированной воде и в дистиллированной воде без хлористого магния (значение 0 по оси абсцисса).

постоянная Фарадея, равная 96485,35 Кл·моль⁻¹; P_K, P_{Na}, P_{Cl} – коэффициенты проницаемости для ионов K^+, Na^+, Cl^- ; $[K^+]_{out}, [Na^+]_{out}, [Cl^-]_{out}$ – концентрации ионов на внешней стороне мембраны; $[Mg^{2+}]_{out}$ – постоянная величина на внешней стороне мембраны; $[K^+]_{in}, [Na^+]_{in}, [Cl^-]_{in}$ – концентрации ионов внутри мембраны.

Подставляя в функцию (1) экспериментально полученные значения мембранного потенциала φ , вычислим мембранную проницаемость для K^+ , Na^+ и Cl^- .

На рисунке 3 представлена зависимость величины проницаемости мембраны зерна

пшеницы всхожестью 96% от концентрации хлорнокислого магния в дистиллированной воде для ионов K^+ и Cl^- (значение 0 по оси абсцисс соответствует дистиллированной воде без хлорнокислого магния).

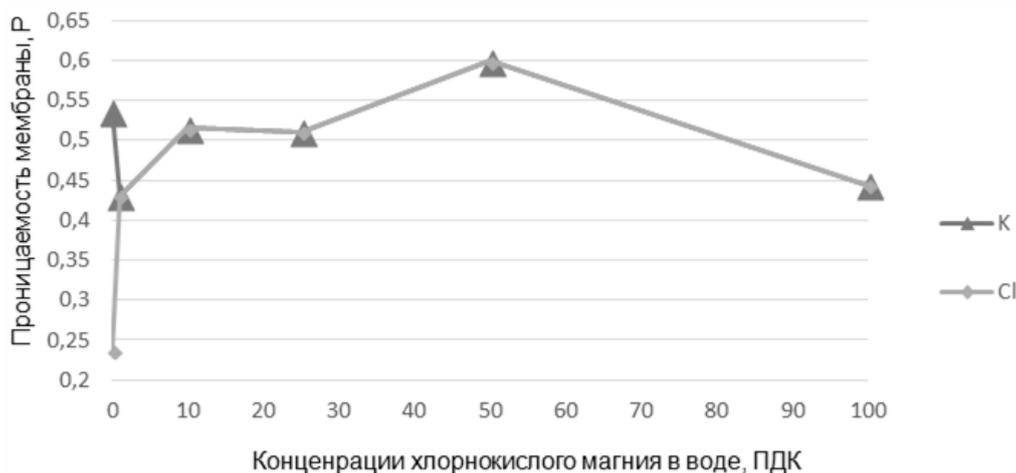


Рисунок 3 – Изменение коэффициентов проницаемости в зависимости от концентрации хлорнокислого магния в воде для ионов K^+ и Cl^-

На рисунке 4 представлена зависимость величины проницаемости мембраны зерна пшеницы всхожестью 96% от концентрации хлорнокислого магния в дистиллированной воде для ионов Na^+ (значение 0 по оси абсцисс соответствует дистиллированной воде без хлорнокислого магния).

Из рисунка 3 видно, что при проращивании в дистиллированной воде коэффициент для хлора равен 0,236, для калия – 0,536. При добавлении в воду хлористого магния и

дальнейшем увеличении ПДК, коэффициент проницаемости мембраны для калия изменяется незначительно, а для хлора изменится в 2 раза, таким образом можно сказать, что мембрана отреагировала на внесение внешнего хлора в водную среду. При высоких концентраций ПДК хлористого магния значение мембранной проницаемости для хлора и калия одинаковы с дистиллированной водой, можно предположить, что мембрана под токсическим действием хлора разрушается.

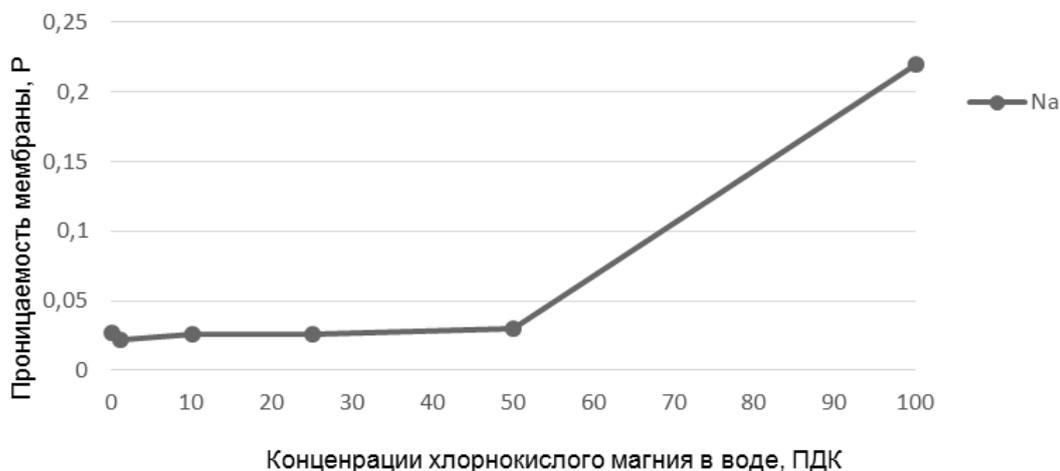


Рисунок 4 – Изменение коэффициента проницаемости в зависимости от концентрации хлорнокислого магния в воде для ионов Na^+

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХЛОРНОКИСЛОГО МАГНИЯ НА МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ ВЫСОКОЙ ВСХОЖЕСТИ

Из рисунка 4 видно, что при проращивании в дистиллированной воде коэффициент мембранной проницаемости для натрия равен 0,027. С увеличением ПДК от 1 до 50 коэффициент проницаемости для натрия и практически совпадает со значением коэффициента проницаемости для дистиллированной воды, но при концентрации хлорнокислого магния в 100 ПДК коэффициент проницаемости увеличивается в 10 раз, что свидетельствует о лавинном прохождении натрия через мембрану зерна. Это подтверждает предположение о разрушении мембраны зерна под действием высоких концентраций хлористого магния. Из полученных результатов, видно, что необходимо исследовать мембранную проницаемость зерна при концентрациях хлорнокислого магния от 50 до 100 ПДК с шагом 5 ПДК.

Для того чтобы оценить изменение мембранной проницаемости для калия, натрия и хлора рассчитаем отношение коэффициентов. Из литературы известно, что отношение коэффициентов проницаемости для дистиллированной воды K, PNa, PCl , составляет 1:0,04:0,45 соответственно [9,10]. Коэффициенты проницаемости для зерна пророщенного в хлорнокислом магнии, представлены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что при проращивании зерна пшеницы в дистиллированной воде коэффициенты проницаемости, практически совпадают с теоретическими и равны 1: 0,05: 0,44 соответственно. При проращивании зерна в воде, содержащей хлорнокислый магний отношений коэффициентов сильно искажается для Cl^- , а при 100ПДК и для Na^+ .

Таблица 1 – Коэффициенты проницаемости

Среда	Коэффициенты проницаемости		
	K	Na	Cl
Дистиллированная вода (H ₂ O)	1	0.05	0.44
1 ПДК	1	0.05	1
10 ПДК	1	0.05	1
25 ПДК	1	0.05	1
50 ПДК	1	0.05	1
100 ПДК	1	0.50	1

Выводы

Проведенные исследования, подтвердили гипотезу о том, что хлорнокислый магний изменяет проницаемость мембраны зерна высокой всхожести. Мембрана особенно чувствительна к внешним ионам хлора, которые изменяют проводимость мембраны уже при

постоянно допустимых концентрациях хлорнокислого магния в воде. При очень высокой концентрации хлорнокислого магния равной 100 ПДК мембрана подвергается токсичному воздействию и не способна контролировать переход свободных ионов внутрь клетки и обратно, а следовательно при высоких концентрациях токсичных веществ определить их точную величину в воде становится невозможно. При низких концентрациях хлористого магния, мембрана зерна всхожестью 96% реагирует на примесь, но сохраняет свои свойства. Таким образом, контроль низких концентраций хлористого магния по изменению мембранного потенциала возможен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никольский Б.П. Справочник химика / Редкол.: Никольский Б.П. и др.. — 3-е изд., испр. — Л.: Химия, 1971. — 1168 с.
2. Справочник химика 21. Магний хлорнокислый безводный [Электронный ресурс]. — <http://chem21.info/info/675791/>. — Загл. с экрана.
3. Хлорнокислый магний - Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id131879p2.html>— Загл. с экрана (Дата обращения 25.10.2017)
4. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
5. ЛА50USB [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.rudshel.ru/show.php?dev=38> (Дата обращения: 25.10.2017).
6. 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.
7. Пронин С. П., Зрюмова А. Г., Мерченко Н. Н., Башук Л. М, Гребенникова И. А., Каратеева А. Н.. Исследование изменения потенциала действия зерна пшеницы // Ползуновский Альманах. — 2010, - №2. — с.204 – 206.
8. Мерченко Н.Н., Пронин С.П.. Зависимость мембранного потенциала зерен пшеницы от концентрации ионов на внутренней стороне оболочки и ее проницаемости // Фундаментальные исследования. — 2014, - №8. — с.1539 – 1544.
9. Шаповалов К.А. Биологические мембраны [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/1000505/> -Загл. с экрана (Дата обращения: 25.10.2017).
10. Оприотов В.А., Пятыгин С.С. Биоэлектрогенез у высших растений. — М.: Наука, 1991. — 215с.

Григина Кира Сергеевна – магистрант; Конюшенко Юлия Сергеевна – магистрант; Моисеева Алиса Анатольевна – магистрант; Зрюмова Анастасия Геннадьевна- к.т.н., доцент, тел.: (3852) 29-09-13, e-mail: a.zrumova@mail.ru.