

**ПЕРЕНОС ИОНОВ КАЛИЯ ЧЕРЕЗ КЛЕТОЧНЫЕ СТЕНКИ
ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩЕЙ МАССЫ *AVENA SATIVA* ПОСРЕДСТВОМ БОВЕРЦИНА**

В.Ф. Цилимова, С.В. Голуб

Научны руководитель – **Н.В. Жур**

Полесский государственный университет

Боверцин – микотоксин, вторичный метаболит *Beauveria Bassiana*, выполняющий защитную и транспортную роли в организме гриба. Он является циклодепсипептидным соединением имеющим в своем составе кроме аминокислотных и не аминокислотные цепи [1].

Химически, боверицин является циклическим гексадепсипептидом, относится к семейству энниатинов, состоит из чередующихся остатков N-метил-L-фенилаланина и D-α-гидроксиизовалериановой кислоты. Молярная масса соединения – 783,96 Da [2].

Калий – макроэлемент, необходимый для всех растений. Основная функция элемента – регулирование водного баланса. Содержится только в цитоплазме клеток, увеличивает ее вязкость, поддерживает тургор. Растения, для которых обеспечено полноценное калийное питание, свободно накапливают в клетках воду, легче переносят засуху и холод, мало подвержены стресс-факторам. Способствует накоплению сахаров, ароматических веществ и витаминов в плодах. Так же макроэлемент выполняет функцию проводника питательных элементов, повышает осмотический потенциал внутри клетки. Недостаток калия ведет к образованию активных форм кислорода (АФК) в хлоропластах [3].

Цель исследования: изучить влияние боверцина на накопление K^+ в силосной массе из *Avena Sativa*.

Материалы и методы. Исследования проведены в учебной лаборатории на базе биотехнологического факультета Полесского государственного университета.

В исследованиях был использован биопрепарат «Profit здоровье флоры, боверия, который послужил нулевой культурой *Beauveria Bassiana*, продуцента боверцина. Посевной материал *Avena Sativa* производителя «Минскортсемош» [4;5].

Выращивание культуры *Beauveria Bassiana* выполняли методом глубинного культивирования в суспензионной питательной среде с содержанием сахарозы 10 г/л в течение суток при температуре 29 °С. Дальнейшее хранение рабочего раствора осуществлялось в течение 7 суток при температуре 25 °С.

Посев семян *Avena Sativa* проводили в необработанную почву методом высева в закрытый грунт, по 10 семян на опытный образец. Семена высаживали в 5 секций в соответствии с схемой исследования.

Схема маркировки образцов:

Нулевой контроль (не содержит KCl) был промаркирован «0»; минеральный контроль (раствор содержащий 1,5% KCl) — KCl; культивационный раствор боверии разбавленный вдвое был помечен как 0,5X; культивационный раствор боверии соотв. Н.Д. производителя — 1X; культивационный раствор культуры в 2 раза выше нормы соответственно 2X.

Примечание – Н.Д. – нормативная документация (13 г биопрепарата/10 л сахаросодержащей среды)

Прорастание и рост овса посевного происходил при температуре $17,5 \pm 0,4$ °С. После прорастания семян в образцы № 2, 3, 4, 5 внесли 1,5% раствор KCl объемом 10 мл. Процедуру внесения суспензионной культуры содержащей физиологические концентрации боверцина проводили на 1,3,6,9,12,15,17-ые сутки опыта. На 18 сутки опыта растения овса посевного считались пригодными для анализа.

Определение в клеточном соке концентрации калия проводили методом комплексообразующей спектрофотометрии при длине волны 500 нм [6.] Ионы калия в присутствии ионов свинца, меди и NO-2 образуют нерастворимый в воде осадок, который растворяют в смеси риванола и ледяной уксусной кислоты. Определяют оптическую плотность полученного раствора, прямо пропорциональную количеству ионов NO-2. Для вычисления уровня калия используют постоянный коэффициент, рассчитанный, исходя из соотношения NO-2 и K^+ в образовавшемся соединении [4]. Расчет концентрации K^+ проводили по формуле:

$$C_{MГ} = \lambda_{500} \cdot 36$$

Исследования проводили в трех повторениях. Полученные результаты обрабатывали при помощи компьютерной программы Excel. Определяли средние арифметические величины и их стандартные ошибки ($\bar{x} \pm m$). Проводили дисперсионный анализ ANOVA и определяли уровень значимости P с учетом t – критерия Стьюдента и F – критерия Фишера.

Результаты и выводы. В ходе проведения опыта морфологических изменений растений выявлено не было. По данным спектрофотометрии, содержание ионов K^+ в клеточном соке растений было следующим (табл.).

Анализ клеточного содержимого проб №1, выращенных в отсутствии каких-либо добавок в почве, показал содержание ионов калия близкое к физиологическому, а именно 3,54 мг [8].

Аналитические данные проб №2, выращенных в отсутствии внесения биопрепарата «Profit здоровье флоры, боверия», но с внесением минеральной добавки, установили, что ионов калия в 2,06 раз больше, чем в образце №1.

Таблица – Концентрация (С мг/мл) ионов К⁺ в силосной массе *Avena Sativa*

Номер секции	Концентрация биопрепарата «Profit здоровье флоры, боверия»	С мг/мл ($\bar{x} \pm m$)	P – уровень значимости
1	0	3,54 ± 0,012	-
2	0, содержит 1,5% KCl	7,29 ± 0,067	0,0007
3	0,5x	6,792 ± 0,012	0,0006
4	1x	4,356 ± 0,0208	0,0003
5	2x	3,864 ± 0,024	0,0003

Анализируя клеточный сок пробы №3, подвергавшихся систематическому прикорневому внесению рабочего раствора биопрепарата «Profit здоровье флоры, боверия» с заниженной концентрацией в 2 раза, уровень К⁺ в аликвоте оказался увеличен на 91,86% относительно нулевого контроля и на 6,83% ниже минерального контроля

При анализе клеточного содержимого проб №4, подвергшихся систематическому прикорневому внесению рабочего раствора биопрепарата «Profit здоровье флоры, боверия» с концентрацией К⁺ регламентированной нормативными документами производителя была выше на 23,05% относительно нулевого контроля, и на 40,25% ниже пробы содержащей минеральную добавку.

В образце №5, подвергнутом систематическому прикорневому введению рабочего раствора повышенной концентрации биопрепарата «Profit здоровье флоры, боверия» в 2 раза, отмечалась увеличенное содержание ионов калия на 9,15% выше относительно нулевой пробы и на 47,00% ниже пробы с применением минеральной добавки KCl.

По результатам проведенного однофакторного дисперсионного анализа были получены данные, исходя из которых можно утверждать, что фактор наличия боверцина, метаболита *Beauveria Bassiana* в опытных образцах, влияет на 97,81%, на понижение содержания ионов калия в силосной массе *Avena Sativa*, так как критерий Фишера критический (3,478) был меньше критерия Фишера (159,113), что указывает на значительное влияние фактора.

Выводы. Проанализировав влияние прикорневого внесения культивационного субстрата *Beauveria Bassiana* была выявлена отрицательная тенденция в накоплении фотосинтезирующей массой *Avena Sativa* ионов К⁺ из-за чего в свою очередь менее эффективно используются минеральные удобрения. *Beauveria Bassiana* связывается с ионами К⁺ и препятствует их транспорту, что можно проследить в опытных образцах.

Полученные сведения говорят о неэффективности данной добавки в использовании совместно с К⁺, а полученные сведения могут использоваться в сельском хозяйстве, прикладной биотехнологии и др.

Список использованных источников

1. Pohanka, A. Antifungal antibiotics from potential biocontrol microorganisms.: Doctoral diss. Dept Chem SLU / A. Pohanka. – Acta Univers Agricul Sueciae, 2006. – 47 с.
2. Гифомицеты – продуценты циклодепептидных соединений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gifomitsety-produtsenty-tsiklodepsipeptidnyh-soedineniy/viewer>. – Дата доступа: 01.03.25
3. Колориметрический метод./ Главная/ Статьи/ Группа компаний ЭКОИНСТРУМЕНТ. Другое измерение. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://inlnk.ru/emVP8A>. – Дата доступа: 01.03.25
4. Profit – биологические препараты и средства защиты растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://profit.by/biopreparaty/profit-zdorove-flory-30ml>. – Дата доступа: 16.03.2025.
5. Колб В.Г. Клиническая биохимия / В.Г. Колб, В.С. Камышников. – Мн.: «Беларусь», 1976. – 312 с.
6. Хаускрофт, Кэтрин; Констебль, Эдвин (2006). Химия: введение в органическую, неорганическую и физическую химию. Pearson Education. стр. 349–353.
7. Производственно-оптовая база МинскСортСемОвощ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mssso.by/product/oves-zolak-05kg>. – Дата доступа: 16.01.2025
8. Суци, С.В. Таблица питания для практики / С.В. Суци, В. Фахманн, Х. Краут. – Фрайзинг: Немецкий научно-исследовательский институт пищевой химии, 2009. – 491 с.