

4. Гребенюк С. И. Высшая водная растительность Волгоградского водохранилища в районе Саратова и Энгельса. // Бюл. Ботан. сада Саратов. ун-та. Саратов. – 2004. – Вып. 3.
5. Дубина Д. В. Вища водна рослинність. Lemnetae, Potametea, Ruppietea, Zosteretea, Isoëto-Littorelletea, Phragmito-Magnocaricetea / Відп. ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонко // Рослинність України. – К., 2006.
6. Зуб Л. М. Еколого-ценотичний аналіз і ландшафтна типізація рослинного покриву мілководь Дніпровських водоймищ: Автореф. дис. канд. біол. наук. – К., 1994.
7. Корелякова И.Л. Растительность Кременчугского водохранилища. – К., 1977.
8. Косман Е. Г. Новый компьютерный метод обработки описов растений угруповань. // Укр. ботан. журн. – 1991. – № 2. – С. 98–104.
9. Куземко А. А. Рослинність долини річки Рось: синтаксономія, антропогенна динаміка, охорона: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук. – К., 2003.
10. Лисицина Л. И. К изучению флоры Угличского водохранилища. // Биология внутренних вод. 1972. – № 16.
11. Лихачева Т. В. Предварительные результаты изучения растительного покрова Ижевского водохранилища. // Вест. удм. ун-та. сер. Биол. – 2003. – № 9.

12. Седова О. В. Гидрофиты Волгоградского водохранилища в районе Саратова и Энгельса. // Бюл. Ботан. сада Саратов. ун-та. – Саратов, 2005. – Вып. 4.
13. Седова О. В. К изучению охраняемых растений гидрофильной флоры Волгоградского водохранилища. // Материалы Всерос. науч. конф. "Ботанические исследования в Поволжье и на Урале". – Саратов, 2006.
14. Седова О. В. Современное состояние растительности верхнего и среднего участков Волгоградского водохранилища. // Тез. докл. IX Съезд Гидробиол. о-ва РАН. – Тольятти, 2006.
15. Соломаха В. А. Синтаксономія рослинності України. Третє наближення. – Київ: Фітосоціоцентр, 2008.
16. Экзерцев В. А. Заростание мелководий Горьковского водохранилища. // Биология внутренних вод. – 1972. № 14.
17. Экзерцев В. А. Изменения в заростании и продукции водной растительности Угличского водохранилища. // Биология внутренних вод. – 1973. – № 18.
18. Экзерцев В. А. О растительности Волгоградского водохранилища. // Биология внутренних вод. – 1973. – № 17.
19. Экзерцев В. А. Растительность Иваньковского водохранилища. // Биология и продуктивность пресноводных организмов. – 1971. № 21.

Надійшла до редколегії 02.12.13

В. Конограй, канд. биол. наук

Черкасский национальный университет имени Б. Хмельницкого, Черкассы

СИНТАКСОНОМИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО КЛАССА LEMNETEA КРЕМЕНЧУГСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Проведенные исследования растительности класса Lemnetae, которая на территории Кременчугского водохранилища представлена 5 ассоциациями. Разработанная синтаксономическая схема за флористической системой Браун-Бланке, проведен ценотический анализ и особенности распространения диагностируемых сообществ.

Ключевые слова: водохранилище, синтаксономия, водная растительность.

V. Konogray, PhD

Cherkaschiy national university named. B. Hmelnitscogo, Cherkasi

SYNTAXONOMY VEGETATIONS CLASS LEMNETEA OF THE KREMENTHUG RESERVOIR AREA

Studies of vegetation class Lemnetae are conducted in the article, which in the Kremenchug reservoir is presented by 5 associations. Syntaxonomic scheme for floristic system Braun-Blanquet is designed, coenotic analysis and features of distribution diagnosed groups is hold.

Keywords: Kremenchug storage pool, syntaxonomy, water vegetation.

УДК 581.142

О. Смирнов, асп., О. Косик, канд. биол. наук, Н. Таран, д-р биол. наук
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ВПЛИВ АЛЮМІНІЮ НА АЦИДОФІКУЮЧУ АКТИВНІСТЬ ПРОРОСТКІВ ГРЕЧКИ

*Досліджено зміни ацидофікуючої активності та питомої ацидофікуючої активності кореневої системи як інтегральних показників функціонального стану Н⁺-АТФазної помпи клітин кореня проростків двох видів гречки – гречки звичайної (*Fagopyrum esculentum* Moench.) та гречки татарської (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). Виявлено інгібуючий вплив алюмінію на виділення протонів коренями на ранніх етапах розвитку рослини. Встановлено видову специфічність реакції на основі різниці показників питомої ацидофікуючої активності.*

Ключові слова: алюміній, ацидофікуюча активність, Н⁺-АТФаза, гречка звичайна, гречка татарська.

Вступ. Одним з найбільш важливих агрохімічних показників родючості ґрунту є його кислотність, рівень якої впливає на доступність та засвоєння рослинами поживних речовин, продуктивність і врожайність культури. Продуктивність сільськогосподарських рослин на кислих ґрунтах є наслідком впливу багатьох факторів, але ключовим є токсична дія рухомого алюмінію [1].

Первинною мішенню фітотоксичної дії металу є коренева система, а першим проявом впливу – інгібування росту коренів. Пригнічуються процеси росту розтягненням, а при збільшенні концентрації металу, чи часу експозиції і ріст завдяки поділу [2].

Одним із показників нормального функціонування клітини є виділення йонів Н⁺ у середовище, що стабілізує рН цитозолу й створює рушійну силу для активного надходження інших йонів. Скерований рух протонів з цитоплазми назовні клітини забезпечує поглинання мінеральних елементів рослиною, їхнє надходження до симпласту кореня – цей процес забезпечується ферментативним комплексом – Н⁺-АТФазою [3]. Існують дані про міцні кореляційні зв'язки між активністю Н⁺-АТФазної помпи плазматичної мембрани і швидкістю росту коренів [4]. Функціональний стан Н⁺-АТФазної помпи на рівні кореневої системи можна оцінювати за

здатністю коренів продукувати протони в обмін на катіони, що надходять з поживного навколокореневого середовища. На основі цього явища (підкислення середовища) розроблені методики визначення ацидофікуючої активності коренів. При цьому, механізми впливу алюмінію на роботу плазматичної Н⁺-АТФази клітин коренів на ранніх стадіях онтогенезу рослини та механізми захисту від фітотоксичної дії металу є нез'ясованими. Деякими авторами встановлена компенсаторна дія йонів калію за дії токсичних концентрацій алюмінію, [5] але існують і зовсім протилежні дані [6].

Вплив алюмінію, як і інших важких металів, на ацидофікуючу активність кореневої системи може відбуватися за рахунок модифікації трансмембранних молекулярних комплексів Н⁺-АТФаз, що знаходяться на плазматичних мембранах клітин коренів. Імовірний механізм дії важких металів на Н⁺-АТФазу активність пов'язують з прямою модифікацією молекул комплексу (адсорбція на сульфгідрильних групах) або з заміщенням йону магнію в комплексі Mg-АТФаза [5].

Тому метою роботи було дослідження впливу алюмінію на ацидофікуючу активність проростків гречки. Для порівняння впливу металу були обрані два види, що входять до однієї філогенетичної групи роду *Fagopyrum*

Mill., але відрізняються за вимогливістю до умов вирощування. Гречка звичайна (*Fagopyrum esculentum* Moench.) – промислово цінна круп'яна культура, медонос, джерело біологічно активних речовин, що широко розповсюджена в Україні та гречка татарська (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) – вирощується у високогірних районах Непалу, Китаю, Тибету, деяких країнах Європи, характеризується високим адаптивним потенціалом та загальною життєздатністю, використовується для селекційного вдосконалення гречки звичайної [7].

Матеріал та методи досліджень. В дослідженні використовували насіння двох видів гречки – гречки звичайної (*Fagopyrum esculentum* Moench.) та гречки татарської (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). Насіння обох видів пророщували протягом двох діб при 25°C на змоченому 0.1 мМ розчином CaSO_4 фільтрувальному папері. Ацидофікуючу активність (АА) проростаючих корінців визначали за зміною рН середовища за Пухальською [6]. Кожна окрема насінина була розміщена у ємності з 1 мМ розчином KCl (рН 7.0). Через 24 години визначали ΔpH розчину. Розраховували питому ацидофікуючу активність (ПАА) кореневої системи, перераховуючи АА на довжину утвореного корінця. Вивчення впливу алюмінію на ацидофікуючу активність проводили ідентично, додаючи до 1 мМ розчину KCl 0.033 г/л

алюмінію (50 мкМ розчин). Індекс толерантності визначали за співвідношенням середньої довжини коренів рослин, які росли на розчині з металом, до середньої довжини коренів контрольних рослин [1]. Дослідження проводилися у триразовій повторності. Загальна вибірка насінин одного виду для кожної повторності дослідження складала 100. Статистичну обробку отриманих даних проводили за Ушкаренко [8].

Результати та обговорення. Реакцію двох видів гречки на присутність у навколореновому середовищі йонів алюмінію вивчали за ступенем зміни рівня рН середовища. Слід зазначити, що зміна рівня рН є опосередкованим показником поглинання, бо є відображенням багатьох фізіологічних процесів на клітинному та тканинному рівнях (активність процесів дихання, виділення у розчин органічних кислот). Незважаючи на це саме АА коренів (виділення протонів у навколореновий розчин) є відображенням змін поглинання, а всі супутні впливи є односпрямованими [6].

В ході дослідження показників АА коренів двох видів гречки було встановлено, що гречка звичайна характеризується вищою ацидофікуючою активністю, середня зміна рН розчину – 1,2. Для гречки татарської цей показник – 0,9 з іншим діапазоном величин зміни рН середовища (Рис. 1).

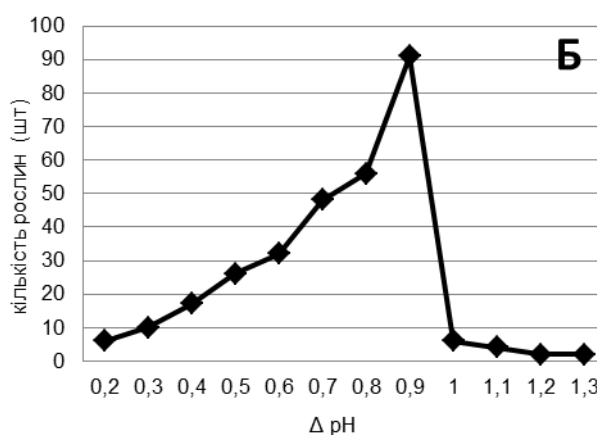
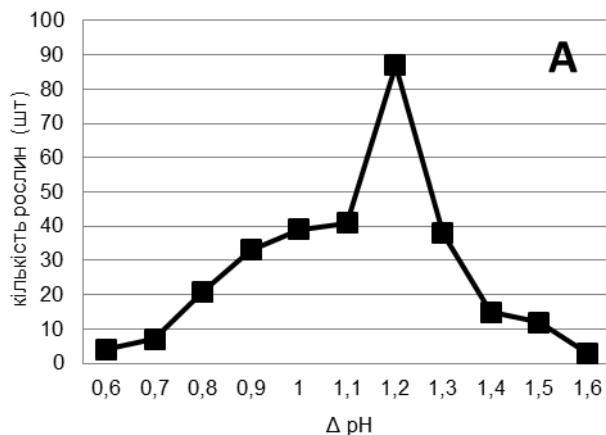


Рис. 1. Ацидофікуюча активність коренів інтактних рослин двох видів гречки: А – гречка звичайна, Б – гречка татарська

Відомо, що негативно заряджена поверхня плазматичної мембрани – перша потенційна мішень для йонів Al^{3+} [9]. Алюміній безпосередньо взаємодіє зі структурами плазматичної мембрани – мембранними каналами, блокуючи надходження йонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ [10] та інгібує роботу H^+ -АТФазної помпи, порушуючи протон-транспортну активність клітин кореня [11]. Індуковане алюмінієм порушення протонного транспорту може значно змінити йонний статус та гомеостаз клітин кореня [12].

Найбільш вразливою частиною кореня за дії алюмінію є його верхівка – апекс. Це сайт первинної індукції усіх фітотоксичних ефектів металу в рослинному організмі [13]. Крім того існують дані про деполяризацію плазматичних мембран клітин апікальної частини коренів,

найбільш міцне зв'язування йонів Al^{3+} з елементами плазматичної мембрани клітин, що розташовані в 5-ти міліметровій зоні від верхівки кореня та вплив йонів алюмінію на протон-транспортну функцію цих клітин [14]. Тому для отримання достовірних даних про функціонування H^+ -АТФази розраховували питому ацидофікуючу активність коренів проростаючого насіння – враховували показник, що відображує активність одиниці довжини корінця без урахування різниці поглинальної діяльності різних частин кореневої системи та видову інтенсивність росту корінців.

Аналізуючи отримані дані, можна зазначити, що існує видова специфічність реакцій рослин на додавання алюмінію у середовище (Табл. 1).

Таблиця 1. Вплив алюмінію на ацидофікуючу активність та ріст коренів двох видів гречки ($\text{M} \pm \text{m}$)

Досліджуваний вид	Варіант досліджу						Індекс толерантності
	Контроль			50 мкМ алюміній			
	АА (ΔpH)	Довжина кореня (см)	ПАА (ΔpH/см)	АА (ΔpH)	Довжина кореня (см)	ПАА (ΔpH/см)	
<i>Fagopyrum esculentum</i>	1.24 ± 0.009	2.97 ± 0.018	0,41	0.80 ± 0.012	2.40 ± 0.014	0.33	0,80
<i>Fagopyrum tataricum</i>	0.93 ± 0.008	1.85 ± 0.016	0.50	0.4 ± 0.010	1.53 ± 0.021	0.26	0,82

Наприклад, при додаванні металу питома ацидофікуюча активність коренів гречки звичайної знизилася на 19,5%, гречки татарської – на 55,5%, що свідчить про інгібуючий вплив алюмінію на протонну помпу коренів обох видів. Проте, внесення алюмінію у розчин майже

не вплинуло на довжину коренів як гречки звичайної, так гречки татарської – довжина зменшилася на 17% в обох видів. Такий ефект може свідчити про комплексну дію багатьох адаптивних механізмів, що задіяні у підтриманні нормального функціонування кореневої сис-

теми рослин за дії алюмінію – депонування алюмінію у клітинній стінці та виділення сполук-хелаторів алюмінію у навколокореневий розчин. Для гречки специфічним хелатором є щавелева кислота, при виділенні якої у ризосферний простір, утворюються стійкі комплекси щавелева кислота-алюміній. Утворення таких комплексів лежить в основі "зовнішнього" механізму алюморе-зистентності [12]. Індекс толерантності, розрахований для обох видів, вказує на високий рівень толерантності до фітотоксичних ефектів алюмінію.

Висновки. Отримані результати свідчать про зміну функціонального стану H^+ -АТФазної помпи коренів у відповідь на додавання алюмінію у навколокореневий розчин. В обох досліджуваних видів відбувається інгібування протон-транспортної активності. За дії алюмінію відбувається зниження рівня питомої ацидофікуючої активності коренів у рослин гречки татарської на 55%. При цьому інгібування росту кореня як основного показника токсичності металу є незначним і сягає 20% для обох видів. На основі розрахованих індексів толерантності можна стверджувати про активацію різних компенсаторних механізмів захисту які проявляються під впливом токсиканта на стадії проростання.

Список використаних джерел

1. Hede A.R., Skovmand B., Lopez-Cesati. Acid soils and aluminum toxicity. Application of physiology in wheat breeding / Mexico, D.F.: CIMMYT, 2001. – P. 172-182.
2. Sivaguru M., Horst W.J. The distal part of the transition zone is the most aluminum-sensitive apical root zone of maize // Plant Physiol. – 1998. – 116. – P. 155-163.
3. Соколик А.И., Кабанова Н.В., Юркевич В.М., Юрин В.М. Особенности реакции корневой системы растений на тяжелые металлы //

Труды Белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2009. – 4(1). – С. 86-94.

4. Месенко М.М., Иванов В.Б. Влияние стимулятора и ингибиторов H^+ -АТФазы на рост клеток в корнях кукурузы // Физиология растений. – 2005. – 52(4). – С. 558-565.

5. Poukhalskaya N.V., Gurin A.I. Aluminium tolerance in spring wheat plants at different levels of potassium and temperature // Annual wheat newsletter. – 2003. – 49. – P. 106-107.

6. Пухальская Н.В., Собачкин А.А. Особенности реакции биотипов ячменя на токсичность алюминия // Докл.РАСХН. – 2007. – 4. – С. 12-14

7. Кадырова, Г. Д., Кадырова Ф. З. RAPD анализ геномного полиморфизма видов и сортов рода *Fagopyrum* // Экологическая генетика. – 2008. – 6(3). – С. 3-10.

8. Ушкаренко В. О. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві / Херсон: Айлант, 2008. – 372 с.

9. Kinraide T.B., Yermiyahu U., Rytwo G. Computation of surface electrical potentials of plant cell membranes. Correspondence to published zeta potentials from diverse plant sources // Plant Physiol. – 1998. – 118. – P. 505-512.

10. Pineros M.A., Shaff J.E., Manslank H.S., Carvalho Alves V.M., Kochian L.V. Aluminum resistance in maize cannot be solely explained by root organic acid exudation. A comparative physiological study // Plant Physiol. – 2005. – 137. – P. 231-241.

11. Bose J., Babourina O., Shabala S. Rengel Z. Aluminium-induced ion transport in Arabidopsis: the relationship between Al tolerance and root ion flux // J. of Exp. Bot. – 2010. – 61. – P. 3163-3175.

12. Kochian L.V., Piceros M.A., Hoekenga O.A. The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity // Plant and Soil. – 2005. – 274. – P. 175-195.

13. Doncheva S., Amenos M., Poschenrieder C., Barcelo J. Root cell patterning: a primary target for aluminium toxicity in maize // Journal of Exp. Bot. – 2005. – 56. – P. 1213-1220.

14. Ahn Sung Ju, Sivaguru Mayandi, Osawa Hiroki, Chung Gap Chae, Matsumoto Hideaki. Aluminum Inhibits the H^+ -ATPase Activity by Permanently Altering the Plasma Membrane Surface Potentials in Squash Roots // Plant Physiol. – 2001. – 126(4). – P. 1381-1390.

Надійшла до редколегії 02.12.13

А. Смирнов, асп., О. Косык, канд. биол. наук, Н. Таран, д-р биол. наук КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЯ НА АЦИДОФИЦИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ ПРОРОСТКОВ ГРЕЧИХИ

Исследованы изменения ацидофицирующей активности и удельной ацидофицирующей активности корневой системы, как интегральных показателей функционального состояния H^+ -АТФазной помпы клеток корня проростков двух видов гречихи – гречихи обыкновенной (*Fagopyrum esculentum* Moench.) и гречихи татарской (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) при действии алюминия. Выявлено ингибирующее действие алюминия на выделение протонов корнями на ранних стадиях развития растения. Установлена видовая специфичность реакции на основе разницы показателей удельной ацидофицирующей активности.

Ключевые слова: алюминий, ацидофицирующая активность, H^+ -АТФаза, гречиха обыкновенная, гречиха татарская.

O. Smirnov, PhD-student, O. Kosyuk, PhD, N. Taran, D.Sc. Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

ALUMINIUM EFFECT ON ACIDIFICATION ACTIVITY OF BUCKWHEAT GERMINATING ROOTS

Integral indicators of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) and tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) root cell H^+ -ATPase functional status – acidification activity and relative acidification activity under aluminium treatment were investigated. Inhibitory action of aluminium on germinating roots proton efflux and specific difference of relative acidification activity was revealed.

Key words: aluminium, acidification activity, H^+ -ATPase, common buckwheat, tartary buckwheat.

УДК 616.438-008.931:577.152.-02

І. Чумаченко, асп., С. Шандренко, канд. біол. наук Інститут біохімії ім. О.В.Палладіна НАН України, Київ

МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЛАБІЛЬНОГО ЗАЛІЗА В ПЛАЗМІ КРОВІ

Метою роботи було розробити та перевірити модифікацію біохімічного методу визначення лабільного заліза в плазмі крові. За основу було взято стандартний метод визначення заліза в плазмі крові з використанням копірореагенту феррози. Суть модифікації полягає в застосуванні нейтрального буферу, що запобігає вивільненню заліза із залізотранспортних протеїнів. Метод було перевірено на моделях *in vitro* та *in vivo*. У досліді з розчинами $FeSO_4$ та $FeCl_3$ приготуваними на 4% розчині альбуміну за нейтрального рН реєструвалось формування комплексу ферозин-залізо з максимумом поглинання $\lambda=562$ нм. У досліді на моделі рабдоміолізу на фоні підвищення гемоксигеназної активності реєструвалось утворення пулу лабільного тривалентного заліза у плазмі крові дослідних тварин, який був відсутнім у контролі. Отримані результати вказують на ефективність модифікованого методу та можливість його застосування в експериментальних та клінічних дослідженнях.

Ключові слова: рабдоміоліз, феррозин, залізо, трансферин.

Вступ. За стандартних умов в плазму крові залізо поступає із шлунково-кишкового тракту у відновленому стані та утворює нестійкі залізо-сірчані комплекси з альбуміном. Церулоплазмін (ЦП) окислює це залізо та

сприяє його зв'язуванню у трансферині (ТР): $Fe^{+2} + ЦП \rightarrow ЦП-Fe^{+3} \rightarrow ЦП-Fe^{+3}-ТР \rightarrow Fe^{+3}-ТР$, де воно екранується від хімічної взаємодії. Важливо, що до ТР можливе включення тільки початково двовалентного

© Чумаченко І., Шандренко С., 2014