

CHEMISTRYDOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-235-7-13>**STUDY OF THE INFLUENCE OF ALUMINUM
ON PLANT ORGANISMS****ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ АЛЮМІНІЮ
НА РОСЛИННІ ОРГАНІЗМИ****Bohatyrenko V. A.**

*Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Chemistry
National Pedagogical Dragomanov
University*

Andreeva O. V.

*Head of the physical and colloid
chemistry laboratory
National Pedagogical Dragomanov
University
Kyiv, Ukraine*

Богатиренко В. А.

*кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри хімії
Національний педагогічний
університет
імені М. П. Драгоманова*

Андрєєва О. В.

*завідувач лабораторії фізичної
та колоїдної хімії
Національний педагогічний
університет імені М. П. Драгоманова
м. Київ, Україна*

Розкладання органічної речовини, дисбаланс циклів N, S та C, надмірне зв'язування катіонів аніонами та фіксація N бобовими культурами впливають на концентрацію протонів $[H^+]$ у ґрунтовому розчині в напрямку закислення ґрунтів. Процеси закислення ґрунтів виникають і під впливом антропогенних факторів, зокрема застосування добрив, підкислювачів й аерозолів (H_2S , H_2SO_4 , HF і Cl_2) та викидів газів (CO_2 , NO_2 і SO_2) в атмосферу внаслідок використання викопної енергії, що викликає забруднення довкілля. Забруднювачі, які потрапляють у ґрунт та водойми у вигляді кислотних дощів, викликають їх підкислення. У кислих ґрунтових розчинах зростає міграційна здатність багатьох елементів, що зрештою веде до дефіциту поживних речовин (P, Mg та K), зростанню вмісту Mn, Fe та Al, які легко засвоюється кореневою системою рослин, але виявляють токсичну дію на рослинні організми у надмірних концентраціях.

Проблемам впливу Алюмінію на рослинні організми, вивченню механізмів толерантності рослин до Алюмінію останнім часом присвячено ряд наукових робіт [1], але ці питання залишаються наразі остаточно не з'ясованими. Актуальність їх вивчення пов'язана з тим, що під кутом зору опиняється ряд культурних та лікарських рослин, в яких Алюміній може накопичуватись та зрештою потрапляти до організму людини.

Метою даної роботи було вивчення можливості накопичення Алюмінію такими рослинами як плаун булавоподібний *Lycopodium clavatum* L. род. *Lycopodiaceae* (спори), гречка (зерно) та мох сфагнум. Хімічний склад цих рослин однозначно ще не встановлений, тому інформація щодо концентрування в них Алюмінію обмежена. Вибір зазначених рослин зумовлений тим, що людина використовує їх або в їжу, або для лікування, але вони здатні виживати на кислих ґрунтах і, отже, можуть накопичувати токсичний для людини Алюміній.

Вміст Алюмінію в рослинах визначали методом фотоколориметрії за калібрувальним графіком за стандартною методикою після сухого обзолення зразків на спектрофотометрі ULAB 108 UV. Масову частку Al в досліджуваних зразках (на суху масу) визначали за формулою:

$$\omega = \frac{m_{Al} \cdot V \cdot 100}{m_n \cdot V_a}, \%$$

де, m_{Al} – маса Алюмінію за табл. 4, мкг;

V – загальний об'єм розчину, 25 мл;

V_a – об'єм аліквоти, 10 мл;

m_n – маса наважки, 10 г

Останніми дослідженнями було встановлено, що Алюміній відіграє важливу роль у фізіологічних функціях багатьох рослинних організмів. Наприклад, деякі з гідрофітів (*Glyceria aquatica*, *Juncus effusus*) не здатні нормально рости без Алюмінію і гинуть. Під впливом Алюмінію спостерігається поліпшення росту пшениці, ячменю і вівса. Тропічні види рослин зазвичай є гіперакумуляторами Al, оскільки ростуть на кислих ґрунтах. Життя таких рослин як чай (*Camellia sinensis*, *Camellia japonica*), *Miscanthus sinensis*, дуб (*Quercus serrata*), Меластома малабарська (*Melastoma malabathricum*) взагалі неможливе без Алюмінію. У чаї і дубі Al прискорює ріст біомаси, подовження і ріст коренів та поширення бічних коренів. У меластоми (*Melastoma malabathricum*) за відсутності Алюмінію розвивається хлороз, починаються морфологічні зміни та скручування листя. Вражаюче високий вміст Al_2O_3 (до 79,6%) було виявлено у золі деревини

австралійського шовковистого дубу (*Grevillea robusta*). Рекордсменом накопичення Алюмінію також є плаун булавоподібний (*Lycopodium clavatum* L.), зола якого містить до 52% алюміній оксиду.

Вплив Алюмінію визначається, в першу чергу, його кількістю – для всіх рослин, вже мікромолярні концентрації Алюмінію є токсичними. Іншими факторами є рН ґрунтового розчину, що живить рослину, та форма, в якій Алюміній знаходиться у ґрунтах. Наприклад, для пшениці найбільшу токсичну дію мають катіони Al^{3+} , тоді як для дводольних рослин – $Al(OH)_2^+$ і $Al(OH)^{2+}$ [2]. За впливом Алюмінію культурні рослини можна умовно об'єднати у чотири групи (рис. 1):



Рис. 1. Схема поділу культур за відношенням до Алюмінію

Плаун булавоподібний *Lycopodium clavatum* L. вважається в гомеопатії конституційним лікарським засобом для лікування хворих з глибоким порушенням білкового обміну, а також використовується як детоксикуючий засіб. Спори плауна містять до 50% жирів, до складу яких входять гліцериди вищих жирних кислот (пальмітинової, стеаринової, арахінової, діоксистеаринової, олеїнової, лінолевої та міристинової), β -ситостерол, фітостерин та гліцерин. У спорах знайдено також полімерний терпен споронін, гідрокавову та дигідрокавову кислоти, протеїни, клітковину, сахарозу та мінеральні речовини, у складі яких наявний і Алюміній. Трава плауна містить до 0,12% алкалоїдів (клаватин, аннотинін, лікоподин, клаватоксин і лікодин), смолисті речовини та флавоноїди. Встановлено здатність спороніну та його похідних адсорбувати йони важких металів із водних розчинів з утворенням комплексних сполук [3].



Рис. 2. Плаун булавоподібний
(*Lycopodium clavatum* L. под. Lycopodiaceae)



Sphagnum squarrosum *Sphagnum girgensohnii*

Рис. 3. Деякі види сфагнових мохів

Сфагнові мохи (давня лінія наземних рослин з раннім розгалуженням) є ключовими видами, які формують своє довкілля завдяки унікальним біохімічним і морфологічним адаптаціям. У цих рослин відсутні коріння та складні системи пагонів для накопичення і розподілу ресурсів, тому вони використовують тактику ворожих екосистем для забезпечення доступності світла, поживних речовин і води, тобто ведуть «екологічну війну» з судинними рослинами та їх аналогами, що розкладаються мікроорганізмами. Таким чином, сфагнові мохи запобігають росту судинних рослин та мікробній деградації цих великих запасів Карбону; вони домінують на торфовищах, рН яких може змінюватись від 3,6 до 6,6. Останні дослідження показали, що профіль метаболіту *Sphagnum fallax* складається в основному з кислотоподібних і флавоноїдних глікозидних сполук, які можуть діяти як потужні протимікробні сполуки, що дозволяє *Sphagnum* контролювати довкілля. У тканинах сфагнового моху присутня велика кількість карболової кислоти, саме тому сфагнум має виняткову антисептичну дію. Аналіз на вміст хімічних елементів, проведений на зразках

сфагнуму, зібраних з торосів у Фінляндії, Росії, Норвегії, Німеччині та Великобританії, показав присутність Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Pb та Cu [4].

Гречка звичайна (*Fagopyrum esculentum Moench. Cv Jianxi*) – важлива культура в Україні. Біологічна особливість гречки – її здатність рости на бідних і, особливо, кислих ґрунтах. Гречка дуже стійка до Алюмінію і є його акумулятором. Гречка багатша на хімічні елементи, ніж звичайні злаки, але практично не має вітамінів. Найпоширенішими хімічними елементами в гречаній крупі зазвичай є K, Ca, Mn, Cu, Mg, Fe, Se, Zn та P. Порівняно з іншими зерновими, мінеральні речовини з вареної гречаної крупы засвоюються краще, що пов'язано з відносно малим вмістом фітинової кислоти – інгібітора всмоктування, яка є в зернах та насінні.

Середньоарифметичні з трьох визначень значення вмісту Алюмінію у досліджуваних рослинах наведено в табл. 2 та на діаграмі (рис. 4).

Таблиця 2

Вміст Алюмінію у досліджуваних зразках

Вміст Al	Гречка (зерна)	Плаун булавоподібний (спори)	Сфагнум (мох)
m_{Al} , МКГ	1,47	5,75	0,63
$\omega(Al)$,%	0,037	0,145	0,016

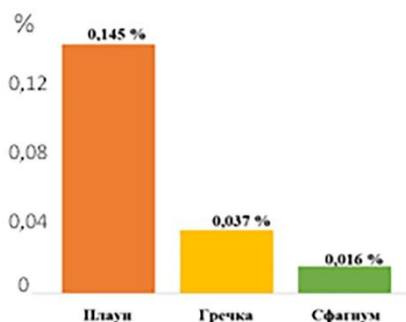


Рис. 4. Вмісту Al у досліджуваних зразках

Виявилось, що плаун булавоподібний дійсно накопичує найбільше Алюмінію, на другому місці – гречка. Сфагнум накопичує найменшу кількість Алюмінію. Прості розрахунки показують, якщо людина за день з'їдає 0,5 кг гречаної крупы (наприклад, коли використовує «гречану дієту»), то в цій кількості гречки міститься 185 мг

Алюмінію, що значно перевищує оптимальну середньодобову кількість Алюмінію, яка має потрапляти до організму (20-100 мкг).

Висновок. За результатами досліджень встановлено, що рослини, які виживають на кислих ґрунтах, здатні накопичувати Алюміній, і це потрібно враховувати при використанні цих рослин у лікувальних цілях або харчуванні.

Література:

1. Bojórquez-Quintal E., Escalante-Magaña C., Echevarría-Machado I., Martínez-Estévez M. Aluminum, a Friend or Foe of Higher Plants in Acid Soils. Review article. *Front. Plant Sci.* 2017. № 12. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01767>

2. Тютюнник С. Ю., Ребенков С. О., Бобков В. М., Долін В. В. Органічні форми знаходження алюмінію у ґрунтах лісових екосистем. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища «Геохімія техногенезу»*. 2011. Вип. 19. С.130-138.

3. Копытько Я. Ф., Даргаева Т. Д., Сокольская Т. А. Исследование гомеопатической настойки плауна булавовидного. *Фармация*. 2005. №. 2. С. 32–34.

4. Lambie S. M., Soliman T. A. The potential use of sphagnum moss to improve river health and as an economically and ecologically sustainable crop. Envirolink 1880-WCRC173, 1929- WCRC176. *Manaaki Whenua – Landcare Research*. 2019. 33 p. URL: <https://envirolink.govt.nz/assets/Envirolink/Reports/1929-WCRC176-The-potential-use-of-sphagnum-moss-to-improve-river-health-and-as-an-economically-and-ecologically-sustainable-crop.pdf>