

М.С.КОБИЛЕЦЬКА¹, О.І.ТЕРЕК¹, Н.Я.РЕЧЕВСЬКА²

1 – Львівський національний університет імені Івана Франка,
79005 Львів, вул. Грушевського, 4

2 – Інститут екології Карпат Національної академії наук України
79000 Львів, вул. Стефаника, 11

ВПЛИВ ІОНІВ КАДМІЮ НА ВМІСТ МАКРО- І МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У РОСЛИНАХ КУКУРУДЗИ

ключові слова: кадмій, макро- та мікроелементи, нагромадження
key words: cadmium, trace elements, accumulation

M.S.KOBYLETSKA¹, O.I.TERЕК¹, N.Ya.RECHEVSKA²

INFLUENCE OF CADMIUM ON THE CONTENT OF MACRO- AND MICROELEMENTS IN *ZEA MAYS* PLANTS

¹Ivan Franko National University of Lviv,
4 Hrushevskiy Str., Lviv, 79005 Ukraine

²Institute of Ecology of the Carpathians
4 Kozelnytska Str., 79026 Lviv, Ukraine

The influence of high doses of cadmium in substrate on contents of macro- and microelements in *Zea mays* seedlings has been studied. It was found that the high content of cadmium in substrate causes a decrease of concentrations of calcium, potassium, zinc, iron and manganese in shoots and roots of seedlings, and increase of the sodium and copper contents. Ability of *Zea mays* plants to accumulate cadmium in high concentrations allows using these plants for purification of soils polluted with heavy metals.

Серед полютантів особливу небезпеку становлять важкі метали. Різноманітні аналізи рівнів забруднення навколишнього середовища свідчать про те, що в багатьох промислових районах уміст важких металів у ґрунті, воді та повітрі значно перевищує допустимі концентрації [4].

Дані про рівні нагромадження важких металів рослинами необхідні для вивчення біогеохімічного кругообігу металів в екосистемах, а також для оцінки фільтраційної ролі рослин у процесі очищення забрудненого повітря та ґрунту.

Збалансованість хімічного складу живих організмів є основною умовою їх нормального росту й розвитку. Надходження основних елементів живлення в рослини залежить не лише від їх наявності та кількості в ґрунті, або в поживному розчині, але й від їх співвідношення [3]. Питання щодо порушення надходження в рослини

іонів залежно від їх співвідношення в середовищі існування вивчене недостатньо.

Матеріали та методи досліджень

Метою нашої роботи було вивчення впливу іонів кадмію в різних концентраціях на вміст макроелементів (калію, натрію, кальцію, заліза) і мікроелементів (марганцю, цинку, міді) у коренях і пагонах рослин кукурудзи. Об'єктом досліджень була кукурудза *Zea mays* L. сорту Закарпатська жовта зубоподібна. Використовували 3-добові етиольовані проростки, вирощені у термостаті за температури 24°C. Проростки переносили на розчин Кнопа, який містив хлористий кадмій (CdCl_2) у концентраціях 10^{-8} , 10^{-7} , 10^{-6} М. Контрольні рослини вирощували на розчині Кнопа без додавання хлористого кадмію. Аналізували рослини на 12-й день їх росту на середовищах.

Вміст елементів у рослинах визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі С-115 (Німеччина) у пропан-бутановому полум'ї з використанням електротермічного атомізатора "Графіт-2" [2].

Результати досліджень та їх обговорення

У результаті проведених досліджень ми встановили, що внесення кадмію в поживний розчин спричинило різке зростання вмісту цього елемента в коренях рослин — на порядок вищий, ніж у надземних органах. Аналіз результатів експерименту свідчить про зміну балансу хімічних елементів у рослинному організмі, що є наслідком стресу, спричиненого дією кадмію (Табл.).

Наявність кадмію в поживному розчині призводила до підвищення нагромадження натрію в органах кукурудзи. Так, за концентрації кадмію у середовищі 10^{-6} М вміст натрію в коренях рослин зростав у 3 рази, а в пагонах — у 2 рази, порівняно з контролем.

Кількість калію, заліза й кальцію в органах рослин зі зростанням концентрації кадмію в середовищі знижувалася. Найінтенсивніше знижувався вміст заліза. За максимальної досліджуваної концентрації кадмію в середовищі (10^{-6} М) у коренях і пагонах рослин кількість Fe^{2+} була на 88 % та 70 %, відповідно, нижчою, порівняно з контролем. Ці результати узгоджуються з літературними даними про те, що кадмій спричинює дефіцит заліза, який, у свою чергу, ініціює ряд порушень у метаболічних і фізіологічних процесах, зокрема, інгібування синтезу хлорофілу, зменшення пулу залізозмісних електронних переносчиків у фотосинтетичному апараті, затримку росту коренів і пагонів [6]. Причиною цього є антагоністична взаємодія кадмію та заліза в рослинних організмах [1].

Таблиця.

Вміст макро- і мікроелементів в органах 12-добових рослин кукурудзи за дії іонів кадмію (мкг на 1 г сухої маси)

Варіант Елемент	Розчин Кюпа	Cd ²⁺ , 10 ⁻⁸ М	Cd ²⁺ , 10 ⁻⁷ М	Cd ²⁺ , 10 ⁻⁶ М
Корені				
Cd	4,5±0,5	202,6±4,2	524,8±8,1	738,2±6,7
K, ×10 ³	37,8±3,2	57,6±3,0	46,3±1,3	35,7±1,8
Na	218,0±5,8	675,7±5,2	692,2±5,9	723,7±3,5
Fe	3616,2±9,6	1734,0±5,7	1241,4±4,8	856,3±5,2
Ca	1257,3±5,1	1069,5±7,4	757,4±9,4	683,2±7,5
Zn	148,3±1,8	149,3±2,4	104,1±3,1	94,4±1,7
Mn	8,7±2,1	6,8±1,2	3,4±0,9	2,0±0,3
Cu	10,8±6,4	10,1±3,7	20,4±8,2	55,6±4,1
Пагони				
Cd	2,2±0,6	29,3±4,3	87,1±2,0	181,2±5,4
K, ×10 ³	32,3±4,7	37,0±3,2	34,3±2,8	27,7±2,3
Na	201,6±3,0	406,8±5,6	502,1±4,5	543,6±7,2
Fe	180,4±5,1	97,9±4,9	62,4±3,2	55,3±2,5
Ca	147,8±8,6	114,3±2,7	85,1±2,7	79,2±2,9
Zn	146,2±4,2	163,0±2,9	132,4±5,1	120,9±3,8
Mn	6,7±1,3	7,9±0,7	2,5±0,9	2,5±0,8
Cu	10,8±3,2	21,4±2,2	28,0±2,9	29,1±4,1

Зниження кількості калію в рослинах кукурудзи спостерігається лише за концентрації кадмію в середовищі 10⁻⁶ М. Нижчі концентрації кадмію (10⁻⁸, 10⁻⁷ М) зумовлюють незначне зростання вмісту цього елемента в органах рослин. Це можна пояснити порушенням транспортних функцій, оскільки калій є одним з важливих компонентів трансмембранного переносу іонів.

Вміст мікроелементів в умовах інтоксикації кадмієм теж істотно змінювався. Зростання концентрації кадмію в середовищі спричинювало зниження вмісту цинку та марганцю і підвищення вмісту міді в коренях і пагонах. Ці результати узгоджуються з літературними даними про те, що цинк і марганець належать до антагоністів кадмію [5]. Так, за максимальної досліджуваної концентрації кадмію, вміст цинку в коренях рослин знизився на 37%, а марганцю — на 78%. Слід відзначити, що між кадмієм і міддю існує синергічна взаємодія, тобто спостерігається зростання кількості міді в

органах кукурудзи з підвищенням концентрації кадмію (на 169% у пагонах за концентрації кадмію в середовищі 10^{-6} М).

Таким чином, наявність у поживному розчині підвищених концентрацій кадмію індукує порушення збалансованості вмісту елементів у рослині, а саме — підвищення кількості натрію та міді й зниження вмісту калію, заліза, кальцію, марганцю, цинку в коренях і пагонах. Здатність рослин кукурудзи акумулювати кадмій у високих концентраціях дає можливість використовувати ці рослини з метою очищення ґрунтів, забруднених важкими металами. Окрім того, що цей метод є низькозатратним, ще однією перевагою використання культурних видів рослин є вища продуктивність їхньої біомаси, порівняно з дикорослими видами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 440 с.
2. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами. – М.: Гидрометеоздат, 1981. – 80 с.
3. Мусиенко Н.Н., Тернавский А.И. Корневое питание растений. – К.: Вища школа, 1989. – 203 с.
4. Пересипкіна Т.М., Дубова О.В., Фендюр Л.М. Фізіологічно-біохімічні особливості рослин в умовах промислового середовища // Укр. ботан. журн. – 1997. – 54, № 5. – С. 469-473.
5. Степанок В.В. Влияние соединений кадмия на урожай и элементный состав сельскохозяйственных культур // Агрехимия. – 1998. – № 6. – С. 74-79.
6. Sidlecka A., Krupa Z. Interaction between cadmium and iron. Accumulation and distribution of metals and changes in growth parameters of *Phaseolus vulgaris* L. seedlings // Acta societatis botanicorum Poloniae. – 1996. – 65, № 3-4. – P. 277-282.