

Є. П. Шевченко

Дослідження мікро- та макроеlementного складу квіток і листя картоплі (*Solanum tuberosum*)

Приватний вищий навчальний заклад «Київський медичний університет»,
м. Київ

Ключові слова: *Solanum tuberosum*, квітки та листя картоплі, мікроелементи, макроеlementи, рентгенофлуоресцентний аналіз

Забезпечення населення якісними ліками є важливим завданням сучасної медицини та фармації. Рослинна сировина є цінним джерелом ефективних фітопрепаратів. Однією з основних сільськогосподарських культур, що вирощується в багатьох країнах світу, є картопля (*Solanum tuberosum*). Окрім харчової цінності бульб, рослина також накопичує життєво важливі мікро- та макроеlementи в своїх надземних частинах, зокрема в квітках і листі. Дослідження якісного та кількісного елементного складу цієї рослинної сировини є важливим для оцінки її біохімічних властивостей, а також для виявлення можливості використання в медицині, фармації та інших галузях [1].

Останнім часом зростає інтерес до застосування рентгенофлуоресцентного аналізу (РФА) для вивчення елементного складу рослин. Цей метод дозволяє швидко та з високою точністю визначати концентрації різних елементів, що робить його цінним інструментом в агрохімічних та екологічних дослідженнях. У цьому контексті, незважаючи на значний прогрес у вивченні елементного складу різних частин картоплі, залишається недо-

статньо дослідженим питання щодо порівняльного аналізу квіток і листя цієї рослини за допомогою РФА [6].

Мета дослідження – провести порівняння мікро- та макроеlementного складу квіток і листя картоплі (*Solanum tuberosum*) з використанням методу РФА для оцінки можливих відмінностей та їхнього впливу на подальше використання рослинної сировини.

Матеріали та методи. Для проведення дослідження була використана лікарська рослинна сировина (ЛРС) – квіток і листя картоплі (*Solanum tuberosum*), заготовлена на дослідних ділянках Інституту картоплярства НААН України (село Немішаєве, Київська область). ЛРС висушували, використовуючи метод тіньового повітряного сушіння. Після цього ЛРС подрібнювали до порошкоподібного стану в електричній кавомолці, а потім просіювали через сито з діаметром отворів 200 мікрон. Подальше додаткове подрібнення рослинної сировини проводили спочатку в ручній кавомолці, потім – в агатовій ступці [2].

Вимірювання аналітичних елементів виконували на рентгенофлуоресцентному аналізаторі ElvaX-med (Elvantech, Україна). Обрані умови вимірювання: при визначенні елементів напруга на трубці складала 44 кВ, сила струму – 50 мА. Час набору імпульсів змінювався від 10 до 100 с залежно від вмісту елемента. Для розрахунку

концентрацій градувальні графіки будували за допомогою стандартних зразків. Розраховували середнє значення та похибку середнього ($M \pm m$) з 5 зразків. Статистичну обробку одержаних даних здійснювали використовуючи t-критерій Стюдента [9].

Уміст елементів визначали способом α - та β -корекції, використовуючи теоретичні коефіцієнти α і β , що наявні в програмному забезпеченні прибору.

Результати та їх обговорення. Отримані результати під час РФА зразків ЛРС наведено на рисунках 1, 2.

У процесі проведеного дослідження в квітках і листі *Solanum tuberosum* встановлено наявність у їхньому складі 15 макро- та мікроелементів.

У результаті вимірювання спектра, виходячи з кількості й енергії фотонів, можна зробити висновки про структуру речовини. РФА дозволяє визначити елементний кількісний склад ЛРС [5] (таблиця).

Аналіз наведених даних свідчить про багатий мікро- та макроелементний склад досліджуваних зразків рослинної сировини. Так, як квітки, так і листя картоплі відзначається значним вмістом калію. Калій є важливим макроелементом, необхідним для багатьох фізіологічних процесів у рослинах, включаючи осмотичне регулювання та транспорт поживних речовин. Як у листі, так і в квітках, концентрація калію є високою, що відповідає його ключовій ролі в підтримці тургору клітин та активації ферментів [8]. Вища концентрація калію в квітках може бути пов'язана з періодом активного росту рослини та високим рівнем метаболізму в цій її частині. Водночас відома важлива роль калію для забезпечення нормального функціонування організму людини. Зокрема, він бере участь у підтримці електричної активності клітин головного мозку, скороченні скелетних м'язів і міокарда, регулю-

ванні активності багатьох ферментів (зокрема, ацетилкінази, піруватфосфокінази та ін.).

Більш високий вміст кальцію у листі, ніж у квітках може бути пов'язаний з його роллю в зміцненні клітинних стінок і регуляції фізіологічних процесів, що особливо важливо для структурної цілісності листя. Важливість кальцію для життєзабезпечення функціонування організму людини визначається тим, що цей елемент складає основу кісткової тканини, бере участь в обміні речовин, процесах передачі нервово-м'язового збудження.

Хлор є важливим для фотосинтезу та підтримки осмотичного балансу рослин [3]. Уміст хлору в листі вищий, ніж у квітках, що може бути пов'язано з його участю в фотосинтезі, який відбувається головним чином у листі. Хлор також є важливим для утворення шлункового соку, стану плазми крові, він бере участь у всіх біохімічних реакціях, які відбуваються за участю натрію.

Манган і залізо беруть участь у фотосинтезі та процесах дихання тканин. Їхня більш висока концентрація в листі відповідає важливості цих елементів для фотосинтезу й активації багатьох ферментів, що беруть участь у метаболічних процесах [4]. Манган – один з найважливіших біоелементів, який необхідний для утворення й обміну аскорбінової кислоти, є складовою багатьох ферментних систем, він бере участь у синтезі нейромедіаторів, забезпечує стабільність клітинних мембран, розвиток сполучної тканини, хрящів і кісток, сприяє зниженню вмісту ліпідів в організмі, бере участь у регуляції обміну вітамінів С, Е, групи В. Дефіцит в організмі заліза призводить до розвитку тяжкої патології (анемії).

Цинк і мідь є кофакторами багатьох ферментів. Вища концентрація міді та цинку в квітках може вказу-

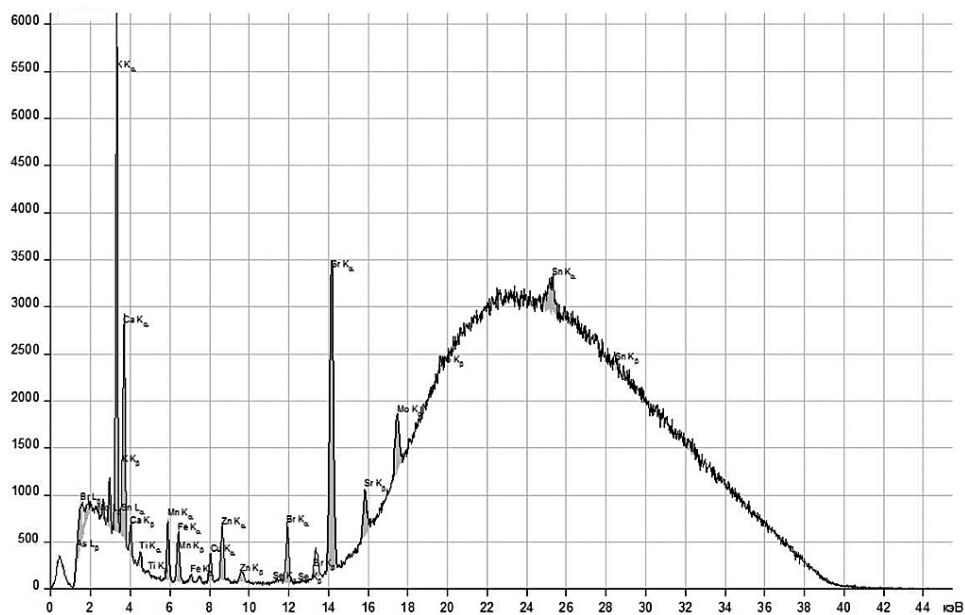


Рис. 1. Елементний спектр квіток картоплі

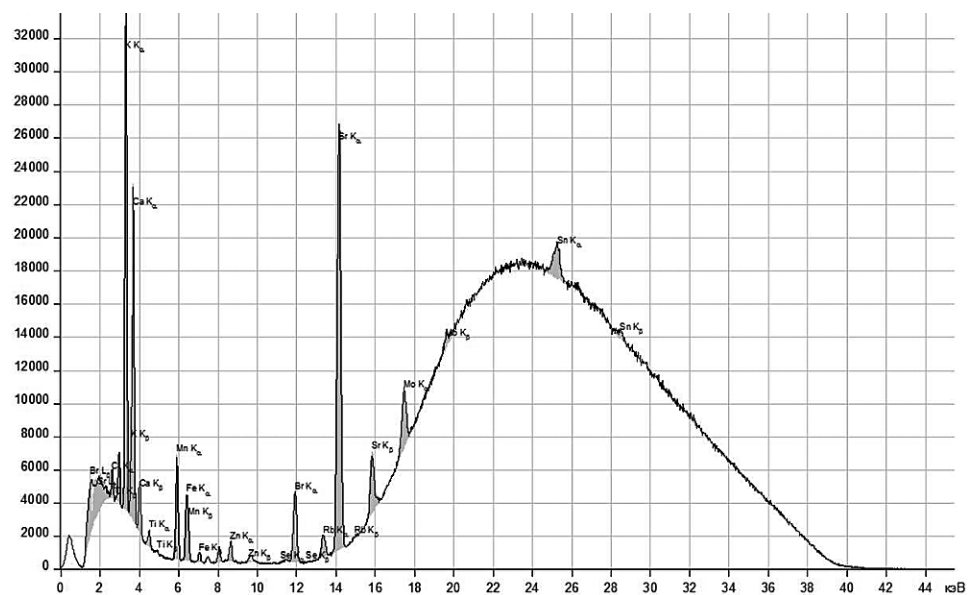


Рис. 2. Елементний спектр листя картоплі

вати на їхню роль у репродуктивних процесах і захисті рослини від окиснювального стресу під час цвітіння. Цинк є кофактором великої групи ферментів, бере участь у синтезі білків, гормонів, зокрема, інсуліну, відіграє важливу роль у функціону-

ванні імунної й ендокринної системи.

Хром у низьких концентраціях, імовірно, не відіграє значної ролі в рослинах, тим не менше в дослідженні встановлена його більш висока концентрація в листі. Водночас відомо, що хром – життєво необхідний елемент для

людини, оскільки він бере участь у регулюванні рівня цукру в крові, у синтезі ліпідів і обміні вуглеводів, функціонуванні кровоносних судин і серця.

Уміст рубідію дещо вищий у квітках, але загальна його роль у рослинах залишається маловивченою. Більш високий вміст стронцію в листі порівняно з квітками може бути

Таблиця
Уміст мікро- та макроелементів у різних органах *Solanum tuberosum*
($M \pm m, n = 5$)

Хімічний елемент	Уміст елемента в досліджуваному зразку, мг/100 г (у перерахунку на суху сировину)	
	листя	квітки
S	1261,52 ± 123,70	–
Cl	1745,94 ± 61,98*	1334,23 ± 131,47
K	18106,42 ± 146,61*	19216,79 ± 366,48
Ca	1932,88 ± 20,07*	1290,0 ± 39,78
Cr	3,47 ± 0,30*	1,50 ± 0,49
Mn	45,89 ± 0,72*	26,89 ± 1,35
Fe	41,73 ± 0,85*	29,30 ± 1,73
Co	0,46 ± 0,07	–
Ni	2,15 ± 0,13	–
Cu	7,09 ± 0,27*	13,01 ± 0,89
Zn	6,14 ± 0,20*	18,56 ± 0,87
Br	18,08 ± 0,27*	13,88 ± 0,57
Rb	36,03 ± 1,02*	42,13 ± 2,67
Sr	62,55 ± 0,38*	47,07 ± 0,80
Se	-	0,35 ± 0,09

Примітка. *Достовірна відмінність між групами, $p \leq 0,05$.

пов'язаний з його подібністю до кальцію та можливим заміщенням останнього в клітинних структурах [7]. Стронцій запобігає розвитку карієсу та остеопорозу.

Проведене дослідження щодо розподілу макроелементів свідчить про активне фізіологічне використання кальцію, калію та хлору в обох частинах рослини з певними варіаціями в концентрації, що вказує на різні потреби та функції цих частин у розвитку рослин, що необхідно також враховувати в разі використання квіток і листя картоплі як ЛРС.

Концентрація мікроелементів, які беруть участь у фотосинтетичних процесах, таких як залізо та манган, більш висока в листі, а таких як мідь та цинк переважає у квітках, що може вказувати на їхню участь у репродуктивних процесах [10]. Крім того, мідь є надважливим елементом для нормального функціонування організму людини: вона входить до складу багатьох ферментів і коферментів, гормонів, дихальних пігментів, бере участь у процесах дихання тканин, синтезі гемоглобіну, інших залізопорфіринів, пігментів. Мідь бере участь у системі антиоксидантного захисту організму як кофактор ферменту супероксиддисмутази. Мікроелемент цинк є кофактором великої

групи ферментів, бере участь у синтезі білків, відіграє важливу роль у процесах регенерації, росту волосся, нігтів, проявляє детоксикаційні властивості.

Таким чином, проведене дослідження дозволило детально охарактеризувати елементний склад квіток і листя картоплі та виявити різницю в концентраціях макро- і мікроелементів. Отримані результати можуть бути враховані при проведенні наступних фармакологічних досліджень даної сировини.

Висновки

За допомогою РФА досліджено якісний склад і кількісний уміст мікро- та макроелементів у квітках і листі картоплі. Визначено вміст 15 мікро- та макроелементів. На основі отриманих даних можна зробити висновок, що *Solanum tuberosum* відзначається більш високим вмістом мікро- та макроелементів у листі, і дещо меншим – у квітках. Враховуючи важливість і значення макро- і мікроелементів для забезпечення нормального функціонування організму людини та можливість розвитку патологічних станів за їхнього дефіциту, використання ЛРС квіток і листя картоплі (*Solanum tuberosum*) може бути важливим джерелом цих мінеральних речовин.

1. Bedoya-Perales N. S. Assessment of the variation of heavy metals and pesticide residues in native and modern potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown at different altitudes in a typical mining region in Peru. *Noelia Bedoya-Perales. Toxicology Reports*. 2023. No. 11. P. 23–34.
2. De Roma A. Evaluation of trace elements in potatoes (*Solanum tuberosum*) from a suburban area of Naples, Italy: the "Triangle of death". *Journal of Food Protection*. 2017. No. 80. P. 1167–1171.
3. Dereje B. Nutritional composition and biochemical properties of *Solanum tuberosum*. Promising crop for starvation problem. 2021. P. 107–117.
4. Saar-Reismaa P. Analysis of total phenols, sugars, and mineral elements in colored tubers of *Solanum tuberosum* L. *Foods*. 2020. No. 9. P. 1–12.
5. Saidaxon T. I. Аналіз макро- та мікроелементів у рослинах мати-й-мачуха (*Tussilago farfara*), селепі (*Apium graveolens*), картоплі (*Solanum tuberosum*). *Scientific journal of the Fergana State University*. 2023. No. 3. C. 80–85.
6. Tamasi G. The content of selected minerals and vitamin C for potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from the high Tiber valley area, southeast Tuscany. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. No. 41. C. 157–164.

-
7. Tsvileva O. M., Perfilova A. I., Pavlova A. G. The effect of metal-containing biocomposites of fungal origin on potato plants *in vitro*. *Applied Chemistry and Biotechnology*. 2020. V. 10 (3). P. 412–423.
 8. Wang X. Effects of climate warming on the dynamics of mineral elements accumulation in *Solanum tuberosum* L. *Web of Conferences*. 2024. No. 536, 03020. P. 1–5.
 9. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. Киев : Морион, 2000. 320 с.
 10. Султонова Н. М. Вплив мінеральних речовин на зростання та розвиток овочів (на прикладі картоплі). *Фізіологія та біохімія рослин*. 2024. № 5. С. 33–37.

Є. П. Шевченко

Дослідження мікро- та макроелементного складу квіток і листя картоплі (*Solanum tuberosum*)

Мета дослідження – провести порівняння мікро- та макроелементного складу квіток і листя картоплі (*Solanum tuberosum*) з використанням методу рентгенофлуоресцентного аналізу для оцінки можливих відмінностей та їхнього впливу на подальше використання рослинної сировини.

Матеріалами для дослідження слугували зразки квіток і листя картоплі, що зібрані в умовах природного зростання. Для проведення дослідження використовували сучасний рентгенофлуоресцентний спектрометр, який дозволяє з високою точністю ідентифікувати та кількісно оцінити елементний склад біологічних матеріалів.

Результати дослідження показали, що як у квітках, так і в листі картоплі містяться значні концентрації таких макроелементів, як калій, кальцій і хлор, а також важливих для рослин мікроелементів – залізо, мідь, манган і цинк. Водночас спостерігалися відмінності в розподілі елементів між квітками та листям, що може бути пов'язано з різними фізіологічними функціями цих органів рослини.

Рентгенофлуоресцентний аналіз дозволив детально охарактеризувати елементний склад квіток і листя картоплі та виявити різницю в концентраціях мікро- та макроелементів між цими органами. Отримані дані можуть бути враховані при проведенні наступних фармакологічних досліджень даної сировини.

Ключові слова: *Solanum tuberosum*, квітки та листя картоплі, мікроелементи, макроелементи, рентгенофлуоресцентний аналіз

Y. P. Shevchenko

The determination of micro- and macroelement composition of flowers and leaves of potato (*Solanum tuberosum*)

The aim of the study was to carry out a comparative research of micro- and macroelement composition of potato (*Solanum tuberosum*) flowers and leaves by X-ray fluorescence analysis (XRF).

The materials for the study were samples of potato flowers and leaves collected under natural growth conditions. A modern X-ray fluorescence spectrometer was used for the study, which allows for high accuracy to identify and quantify elemental composition of biological materials.

The results of the study showed that both potato flowers and leaves contain significant concentrations of macronutrients such as potassium (K), calcium (Ca) and chlorine (Cl), as well as important trace elements for plants – iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn). At the same time, differences in the distribution of elements between flowers and leaves were observed, which may be due to the different physiological functions of these plant organs.

X-ray fluorescence analysis allowed to characterise in detail elemental composition of potato flowers and leaves, revealing differences in the concentrations of micro- and macroelements between these organs. The data obtained can be taken into account in the following pharmacological studies of this raw material.

Key words: *Solanum tuberosum*, potato flowers and leaves, microelements, macroelements, X-ray analysis

ORCID ID автора:

Шевченко Є. П. (ORCID ID 0009-0004-9827-3185).

Надійшла: 30 травня 2025 р.

Прийнята до друку: 16 липня 2025 р.

Контактна особа: Шевченко Є. П., аспірантка, кафедра фармакології та фармакотерапії, ПВНЗ «Київський медичний університет», буд. 2, вул. Бориспільська, м. Київ, 02099.
Тел.: + 38 0 44 567 29 29. Електронна пошта: y.shevchenko@kmu.edu.ua