

ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ЛИСТЯ БУЗКУ ЗВИЧАЙНОГО СОРТІВ АМЕТИСТ ТА НАДІЯ

Андрій Попик, Олена Іосипенко, Олена Новосел

Національний фармацевтичний університет
України

Вступ. Макро- та мікроелементи є важливими та цінними складовими загальної гомеостатичної системи людського організму, які життєвонеобхідні для регуляції діяльності всіх органів та систем [3, 13].

Функціональне значення та біологічна цінність макро- та мікроелементів проявляється на всіх рівнях життєдіяльності: клітинному, молекулярному, субклітинному, тканинному, а також на рівні всього організму. Вони забезпечують активацію більшості ферментативних систем організму, сприяють стимуляції процесів тканинного дихання, активують процеси енергетичного обміну, кровотворення, впливають на імунні реакції, синтез біологічно активних сполук та різних гормонів, метаболізм білків, ліпідів, нуклеїнових кислот, вуглеводів та корегують різні вільнорадикальні процеси в людському організмі [1, 4, 9, 13, 15]. Найбільш цінними елементами є натрій, калій, кальцій, магній, ферум, цинк та фосфор.

Натрій необхідний у транспорті амінокислот і глюкози до клітин організму, підтримує осмотичний баланс у клітинах, а також забезпечує стабільний рівень рН крові, проведення нервових імпульсів і скорочення серцевого м'яза [3, 4, 13, 18, 19].

Не менш важливе значення має калій, який регулює та забезпечує нормальний артеріальний тиск, а також підтримує стабільний серцевий ритм. Калій виконує важливу роль у різних фізіологічних реакціях, а його нестача або значна концентрація може впливати на стан здоров'я людини [3, 4, 13, 18, 19]. Відомо, що добова потреба дорослої людини становить 2600-3400 мг. Кількість калію у лікарських засобах (препаратах калію, дієтичних добавках) залежить від мети застосування: для профілактики дефіциту використовують менші дози (не більше 99 мг на одну порцію), а для лікування гіпокаліємії – високі (у таблетках та капсулах – 300-600 мг) [13]. Калій у рослинній сировині міститься у найбільш біодоступній формі. Так, встановлено, що у людей з артеріальною гіпертензією, які дотримувалися дієти, насиченої овочами та фруктами (DASH, із вмістом калію 4700 мг), спостерігалось зниження систолічного та діастолічного тиску [7].

Кальцій забезпечує активацію таких ферментів, як ліпаза підшлункової залози та синтез нейромедіатору ацетилхоліну [3, 13, 18].

Магній є важливим для проведення ферментативних реакцій в організмі людини, метаболізму поживних речовин, він забезпечує передачу нервових імпульсів, підтримку сталої температури тіла. Завдяки здатності вступати у зворотні хелатоподібні зв'язки з органічними речовинами магній забезпечує перебіг численних біохімічних реакцій. Mg^{2+} є внутрішньоклітинним

катионом, де за кількістю посідає друге місце після K^{+} і міститься головним чином у мітохондріях, ядрі та рибосомах. До 90 % інтрацелюлярного Mg^{2+} зв'язано з АТФ, тому рівень АТФ є одним з основних чинників, що лімітують його запаси. Іони Mg^{2+} входять до складу 13 металопротейнів, понад 300 ферментів. У організмі Mg^{2+} виконує ряд важливих функцій: бере участь у синтезі нуклеїнових кислот та білків, сприяє утворенню жирів (синтез ліпопротеїнових комплексів на рибосомах), регулює баланс триацилгліцеринів і ліпопротеїнів високої та низької щільності [3, 8, 13, 17, 18].

Ферум є необхідним елементом складової міоглобіну, гемоглобіну та низки ферментів, що відіграють важливу роль в окисненні еритроцитів, а також забезпечує функціонування нервової системи та профілактику розвитку анемії в організмі [3, 4, 13].

Цинк забезпечує стабільну діяльність різних ферментів (карбоангідрази РНК-полімерази, алкогольдегідрогенази, та алкенфосфатази). Відсутність у раціоні харчування цинку може стати основною причиною затримки статевого дозрівання, випадання волосся, порушення загоєння ран та емоційних розладів [3, 4, 7, 13, 20].

Фосфор є одним з найважливіших елементів, що відповідає за розвиток плоду, вироблення сперми та відповідну функцію імунної відповіді, а також є компонентом понад 240 ферментів. Значний дефіцит фосфору в організмі супроводжується комплексною дисфункцією всіх органів та систем [3, 13].

У організмі людини в залежності від кількості всі елементи умовно поділяють на макроелементи (Cl, P, Mg, K, Na, Ca), кількісний вміст яких сягає від 10 % до 0,001 % від маси тіла, та мікроелементи (Ge, B, Cr, Sn, Zn, F, I, Co, Si, Li, Mn, Cu, Mo, Ni, Se, V, Fe), концентрація яких становить від 0,001 % до 0,000001 % маси тіла. Макро- та мікроелементи, без яких різноманітні фізіологічні процеси в організмі є неможливими, називаються есенціальними (кальцій, селен, цинк, ферум, хром, купрум, йод, манган, молібден, кобальт) [9, 10, 12, 13].

Арсен відносять до умовно-есенціальних, імунотоксичних елементів. Відомо, що він взаємодіє з тіловими групами білків, цистеїном, глутатіоном, ліпоєвою кислотою. Цей елемент впливає на окиснювальні процеси в мітохондріях і бере участь у багатьох інших важливих біохімічних процесах [13]. У природі він знаходиться в елементному стані, а також у вигляді арсенідів і арсеносульфідів важких металів. У даний час неорганічні сполуки арсену в незначних кількостях входять до складу загальнозміцнювальних, тонізувальних засобів, лікувальних мінеральних вод і грязей, а його органічні сполуки використовуються як антимікробні та протипротозойні препарати [13].

Кадмій у медицині використовують у вигляді сульфату при проведенні досліджень згортання крові. Він належить до токсичних мікроелементів, будучи одним з основних поллютантів довкілля. Фізіологічна роль кадмію вивчена недостатньо: він є складовою так званого "металотіонеїну" – білка, для якого характерний високий вміст сульфгідрильних груп і важких металів. Функція тіонеїну полягає у

зв'язуванні, транспортуванні та детоксикації важких металів. *In vitro* кадмій активує декілька цинкзалежних ферментів: триптофан оксигеназу, ДАЛК-дегідратазу, карбоксипептидазу [13].

Кобальт є життєво необхідним елементом для тварин і людини. Цей елемент входить до складу молекули ціанокобаламіну, активно бере участь у ферментативних процесах і утворенні гормонів щитовидної залози, пригнічує обмін йоду, сприяє виділенню води нирками. Він підвищує засвоєння заліза і синтез гемоглобіну, є потужним стимулятором еритропоезу. Процес кровотворення у людини і тварин може здійснюватися лише при нормальній взаємодії трьох біоелементів – кобальту, купруму та феруму. Відомо, що при введенні кобальту в кістковий мозок збільшується утворення молодих еритроцитів і гемоглобіну. Проте для цього необхідна наявність в організмі достатньої кількості феруму. Кобальт є складовою вітаміну В₁₂ (ціанокобаламін), який використовують при лікуванні анемії: постгеморагічних і залізодефіцитних, викликаних токсичними і лікарськими речовинами, апластичних у дітей. Хлористий кобальт у вигляді 20 % розчину використовувався при лікуванні гіпертонічної хвороби [13].

Роль плумбуму в життєдіяльності організму вивчена недостатньо. Відомо, що він бере участь в обмінних процесах кісткової тканини. З іншого боку, плумбум є канцерогеном і тератогеном для організму. У медицині застосовують свинцеві примочки, а ацетат плумбуму – в косметології для зафарбовування сивого волосся [13].

Таким чином, усе вищезазначене свідчить про доцільність пошуку нових перспективних джерел мінеральних речовин природного походження у біодоступній формі.

Одним з них може бути бузок звичайний та його сорти, що культивуються на території України та є відомими декоративними рослинами, що використовуються для ландшафтного дизайну та озеленення паркової зони та скверів. Бузок сорту Аметист має квітки синювато-лілового кольору з аметистовим відтінком пелюсток, до 2,5 см в діаметрі, розташованих у великих суцвіттях від 25 до 30 см завдовжки. Листя просте, супротивне, загострене, зверху темно-зелене, знизу світле, голе чи опушене. Довжина листкової пластинки складає від 5 до 13 см, ширина – 3,5-9,3 см. Квітки бузку сорту Надія великі (близько 3 см), махрові, мають лілове забарвлення, яке переходить у світло-блакитне. Пелюстки широкоовальні, верхні вузькі, злегка зігнуті. Бузок сорту Надія має великі суцвіття, частіше – з однієї пари пірамідальних, дуже щільних, міцних, злегка ребристих волотей. Листки супротивні, загострені видовженої форми. Довжина листкової пластинки складає від 6 до 10 см, ширина – 3-8,5 см. Обидва сорти мають приємний аромат.

Сировина бузку звичайного здавна використовуються у традиційній медицині як тонізуючий, адаптогенний засіб, а також для лікування малярії, подагри, ревматоїдного артриту, цукрового діабету, бронхіальної астми. Представники роду Бузок є перспективними рослинними засобами для

профілактики та лікування серцево-судинних захворювань, що обумовлено вмістом комплексу біологічно активних сполук (БАС), таких як іридоїди, лігнани, флавоноїди, дубильні речовини, елеутерозиди, ефірна олія тощо [14]. Не менш важливе значення серед БАС, що забезпечують лікувальні властивості бузку звичайного та його сортів, мають макро- та мікроелементи, інформація про вміст яких відсутня для сортів Аметист та Надія. Саме тому дослідження елементного складу сировини бузку звичайного зазначених сортів є актуальним.

Метою роботи є вивчення макро- та мікроелементного складу листя сортів бузку Аметист та Надія з метою визначення їх потенціалу як джерел макро- та мікроелементів.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження було листя бузку звичайного сортів Аметист та Надія, заготовлені на ділянках ботанічного саду НФаУ, висушені конвекційним способом та подрібнені. Отримані порошки були використані для визначення якісного складу та кількісного вмісту мінеральних сполук.

Накопичення макро- та мікроелементів визначали методом атомно-адсорбційної спектроскопії з атомізацією в повітряно-ацетиленовому полум'ї на приладі КАС-120 на базі НТК «Інститут монокристалів» НАН України. Підготовка проби для аналізу складалася з обробки сировини кислотою сульфатною розведеною з наступним обвуглюванням у муфельній печі (температура не більше 500 °С). Випарювання зразків проводили з кратерів графітових електродів у розряді дуги змінного струму силою 16 А при експозиції 60 с; як джерело збудження спектрів було застосовано прилад ІВС-28. Одержання та реєстрацію спектрів на фотоплівці проводили на спектрографі ДФС-8 із дифракційною решіткою 600 штр/мм та трилінзовою системою освітлення щілини. Вимірювання інтенсивності ліній у спектрах досліджуваних проб та градувальних зразків проводили за допомогою мікрофотометра МФ-1. При проведенні експерименту дотримувалися наступних умов фотографування спектрів: фаза підпалювання – 60 °С; частота підпалюваних імпульсів – 100 розрядів за секунду; ширина щілини спектрографа – 0,015 мм. Спектри фотографували в області 230-347 нм. Градувальні графіки в інтервалі вимірюваних концентрацій елементів будували за допомогою стандартних проб розчинів солей металів (СОРМ-23- 27). При аналізі враховували нижні межі вмісту домішок, які склали: для Cu – $1 \cdot 10^{-4}$; Co, Cr, Mo, Mn, V – $2 \cdot 10^{-4}$; Ag, Ga, Ge, Ni, Pb, Sn, Ti – $5 \cdot 10^{-4}$; Sr, Zn – $1 \cdot 10^{-2}$ % [2, 4, 5, 6, 11].

Вміст елемента у золі розраховували за одержаними градувальними графіками (а, %), а вміст елемента у досліджуваній сировині – за формулою (X, %):

$$X = \frac{a \cdot m}{M},$$

де:

m – маса золи (г);

M – маса сировини (г);
 a – вміст елемента в золі (%).

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали відповідно до вимог ДФУ 2.0 [16].

Результати та їх обговорення. Результати визначення якісного складу та кількісного вмісту макро- та мікроелементів у листі бузку звичайного сортів Аметист та Надія наведені у таблиці.

Таблиця. Порівняльна характеристика елементного складу листя бузку звичайного сортів Аметист та Надія

Елемент	Вміст елементів у досліджуваній сировині, мкг/100 г	
	Сорт Аметист	Сорт Надія
Макроелементи		
Na	70,00±3,50	75,00±3,75
Ca	1000,00±50,00	985,00±49,25
Mg	550,00±27,50	500,00±25,00
Si	440,00±22,00	400,00±20,00
P	170,00±8,50	200,00±10,00
K	3330,00±166,50	3200,00±160,00
Мікроелементи		
Al	130,00±6,50	110,00±5,50
Mn	120,00±6,00	130,00±6,50
Fe	100,00±5,00	150,00±7,50
Ni	0,45±0,02	0,30±0,02
Cu	2,00±0,10	1,50±0,08
Zn	10,00±0,50	12,00±0,60
Pb	< 0,03	< 0,03
Mo	< 0,03	< 0,03
Загальний вміст елементів	5922,45±296,12	5763,80±288,19

Примітка: Co<0,03; Cd<0,01; As<0,01; Hg<0,01

З даних, наведених у таблиці, видно, що у листі бузку звичайного сортів Аметист та Надія виявлено по 18 макро- та мікроелементів, з яких домінували калій (3330,00-3200,00 мкг/100 г), магній (550,00-500,00 мкг/100 г), кальцій (1000,00–985,00 мкг/100 г) та кремній (440,00-400,0 мкг/100 г).

Встановлено, що на вміст калію у досліджуваній сировині припадало понад 50 % від загального вмісту мінеральних сполук. Значна концентрація цих сполук у досліджуваній сировині дає можливість використовувати лікарські засоби на її основі для профілактики та лікування серцево-судинних захворювань як додаткове джерело калію, магнію та кальцію.

Вміст кальцію у досліджуваних сортах бузку звичайного становив 985,00-1000,00 мкг/100 г, його вміст був незначно вищим у листі сорту Аметист. Відомо, що кальцій у комплексі з вітаміном Д застосовується для профілактики та лікування кісткової тканини, особливо при переломах, для потенціювання ефектів кальцію широко використовують дієтичні добавки фосфору [13, 18]. Відомо також, що значний вміст кальцію у поєднанні з магнієм знижує ризик серцево-судинних та онкологічних захворювань, має седативний вплив на нервову систему [7, 13, 17, 18].

Загальний вміст феруму у сировині становив 100,00-150,00 мкг/100 г, його вміст був незначно вищим у листі сорту Надія. Відомо, що нестача цього елемента зустрічається особливо часто серед жінок у період вагітності та спортсменів [13].

Вміст кремнію в листі бузку досліджуваних сортів складав 400,00-440,00 мкг/100 г, це може бути використано для профілактики та лікування інфекційних процесів, ламкості нігтів, свербіжу шкіри, зниження еластичності тканин і тургору шкіри, для зміцнення кісток і зв'язок, підвищення проникності судин та зниження геморагічних проявів [13, 19].

Серед мікроелементів у досліджуваних сортах бузку звичайного у найменшій кількості знаходилися нікель (0,45-0,30 мкг/100 г), молібден та плюмбум (<0,03 мкг/100 г).

Таким чином, в результаті проведеного дослідження, встановлено, що елементи у листі бузку звичайного сорту Аметист накопичувались у наступному порядку: K > Ca > Mg > Si > P > Al > Mn > Na > Fe > Zn > Cu > Ni > Mo > Pb; у листі бузку сорту Надія: K > Ca > Mg > Si > P > Na > Mn > Al > Fe > Zn > Cu > Ni > Mo > Pb.

Слід зазначити, що концентрація важких металів, таких як кобальт, кадмій, арсен та ртуть були в межах гранично допустимих концентрацій, що повністю відповідає вимогам ДФУ до рослинної сировини [16].

Висновки. Методом атомно-емісійної спектроскопії у листі бузку звичайного сортів Аметист та Надія було проведено дослідження вмісту мікро- та макроелементів. У досліджуваній сировині було виявлено накопичення 18 елементів, які за кількісним вмістом варіювали незначно із незначним переважанням у листі сорту Аметист. За вмістом у обох досліджуваних сортах переважали калій, магній, кальцій та кремній.

Перспективи подальших досліджень. Зважаючи на те, що на вміст калію припадало понад 50 % від загального вмісту мінеральних сполук, листя бузку звичайного може бути використано як перспективне джерело лікарських засобів для профілактики та лікування серцево-судинних захворювань.

Фінансування проведених досліджень: за рахунок фізичних осіб.

Можливий конфлікт інтересів: Вікторія Кисличенко є членом редакційної колегії цього журналу.

Comparative study of the elemental composition of leaves of Common lilac varieties amethyst and Nadia Andrii Popyk, Olena Iosypenko, Olena Novosel

Introduction. Macro- and microelements are important and valuable components of the general homeostatic system of the human body, which are vital for regulating the activity of all organs and systems. The functional significance and biological value of macro- and microelements is manifested at all levels of life: cellular, molecular, subcellular, tissue, and also at the level of the whole organism. They ensure the activation of most of the body's enzyme systems, promote the stimulation of tissue respiration processes, activate energy metabolism and hematopoiesis processes, influence immune responses, the synthesis of biologically active compounds and various hormones, metabolism of proteins, lipids, nucleic acids, carbohydrates, and correct various free radical processes in the human body. The most valuable elements are sodium, potassium, calcium, magnesium, iron, zinc, and phosphorus. Sodium is necessary for the transport of amino acids and glucose to the body's cells, maintains osmotic balance in cells, and ensures a stable blood pH level, nerve impulse conduction, and heart muscle contraction. Potassium is equally important, as it regulates and maintains normal blood pressure and supports a stable heart rhythm. Potassium plays an important role in various physiological reactions, and its deficiency or excessive concentration can affect human health. Calcium activates enzymes such as pancreatic lipase and the synthesis of the neurotransmitter acetylcholine. Magnesium is important for enzymatic reactions in the human body and the metabolism of nutrients. It ensures the transmission of nerve impulses and maintains a constant body temperature. Due to its ability to form reversible chelate-like bonds with organic substances, magnesium ensures the course of numerous biochemical reactions. Mg^{2+} is an intracellular cation, second in abundance only to K^+ , and is found mainly in mitochondria, the nucleus, and ribosomes. Up to 90% of intracellular Mg^{2+} is bound to ATP, so ATP levels are one of the main factors limiting its reserves. Mg^{2+} ions are part of 13 metalloproteins and over 300 enzymes. Mg^{2+} performs a number of important functions in the body: it participates in the synthesis of nucleic acids and proteins, promotes the formation of fats (synthesis of lipoprotein complexes on ribosomes), and regulates the balance of triacylglycerols and high- and low-density lipoproteins. Ferrum is an essential component of myoglobin, hemoglobin, and a number of enzymes that

play an important role in the oxidation of red blood cells, as well as ensuring the functioning of the nervous system and preventing the development of anemia in the body. Zinc ensures the stable activity of various enzymes (carbonic anhydrase, RNA polymerase, alcohol dehydrogenase, and alkenyl phosphatase). A lack of zinc in the diet can be the main cause of delayed puberty, hair loss, impaired wound healing, and emotional disorders. Phosphorus is one of the most important elements responsible for fetal development, sperm production, and proper immune response, and is also a component of more than 240 enzymes. A significant phosphorus deficiency in the body is accompanied by complex dysfunction of all organs and systems. In the human body, depending on their quantity, all elements are conditionally divided into macronutrients (Cl, P, Mg, K, Na, Ca), whose quantitative content ranges from 10% to 0.001% of body weight, and microelements (Ge, B, Cr, Sn, Zn, F, I, Co, Si, Li, Mn, Cu, Mo, Ni, Se, V, Fe), whose concentration ranges from 0.001% to 0.000001% of body weight. Macro- and microelements, without which various physiological processes in the body are impossible, are called essential (calcium, selenium, zinc, iron, chromium, copper, iodine, manganese, molybdenum, cobalt). That is why the search for new plant sources promising in terms of macro- and microelement content is a relevant direction of phytochemical research. Common lilac and its varieties cultivated in Ukraine can be rich in various elements, as they contain valuable biologically active compounds (iridoids, lignans, flavonoids, tannins, eleutherosides, essential oil, etc.). The **aim** of the study is to investigate the macro- and microelement composition of leaves of common lilac varieties Amethyst and Nadia to determine their potential as sources of macro- and microelements. **Materials and methods.** The object of the study was the leaves of common lilac varieties Amethyst and Nada, harvested in the botanical garden of the National University of Pharmacy, dried by convection and powdered. The obtained powders were used to determine the qualitative composition and quantitative content of mineral compounds by atomic absorption spectroscopy. **Results and discussion.** The leaves of common lilac varieties Amethyst and Nadia contain 18 macro- and microelements, dominated by potassium (3330.00-3200.00 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), magnesium (550.00-500.00 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), calcium (1000.00-985.00 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), and silicon (440.00-400.0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Among the microelements in the studied varieties of common lilac, nickel (0.45-0.30 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), molybdenum, and lead ($<0.03\text{ }\mu\text{g}/100\text{ g}$) were found in the smallest amounts. The concentration of heavy metals such as cobalt, cadmium, arsenic, and mercury was within the maximum permissible limits, which fully complies with the requirements of the State Pharmacopoeia of Ukraine for plant raw materials. **Conclusions.** The content of micro- and macroelements in the leaves of common lilac varieties Amethyst and Nadia was studied using atomic emission spectroscopy. The raw material studied showed an accumulation of 18 elements, which varied slightly in terms of quantitative content, with a predominance in the leaves of the Amethyst variety. In terms of content, potassium, magnesium, calcium, and silicon predominated in both varieties studied. Given that potassium accounted for more than 50% of the total

mineral content, common lilac leaves can be used as a promising source of medicinal products for the prevention and treatment of cardiovascular diseases.

Keywords: common lilac, Nadia variety, Amethyst variety, leaves, macro- and microelements.

References:

1. Anzina KM, Gudzenko AV. Micro- and macroelement composition of two species of the genus *Teucrium* L. *Pharmaceutical review*. 2022. 1. 20–24. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2022.1.13053>
2. Aşık FF. Determination of macro and microelements in stem and leaf parts after harvest of some peanut varieties. *Journal of Plant Nutrition*. 2023. 46(18). 4454–4461. <https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2232405>
3. Bashkirova LM, Rudenko AV. The biological role of certain essential macro- and microelements. *Medicines of Ukraine*. 2004. 10(87). 59–64.
4. Beridze M, Shishniashvili T, Margvelashvili V et al. The role of essential macro- and microelements in the development of somatic and dental diseases. *Georgian Medical News*. 2019. 297. 63–67. <https://surl.lt/qzrmhm>
5. Boltsev M, Meliboeva Sh, Narzulaeva U, Fazliddin J. Macro- and microelement composition of dry extract of *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck. *BIO Web of Conferences*. 2024. 121. 1–5. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202412103002>
6. Dafalla A, Abdalla H. Determination the minerals contents of the roots of four medicinal plants as Asaudian indigenous plants using flame atomic absorption spectroscopy (FAAS). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2014. 6. 101–104. <https://www.jocpr.com/articles/determination-the-minerals-contents-of-the-roots-of-four-medicinal-plants-as-asaudian-indigenous-plants-using-flame-atom.pdf>
7. Isnaini N, Dewi FST, Madyaningrum E, Supriyadi. Blood pressure impact of dietary practices using the DASH method: a systematic review and meta-analysis. *Clin Hypertens*. 2025. 31. e12. <https://doi.org/10.5646/ch.2025.31.e12>
8. Kazi TG, Afridi HI, Kazi N et al. Copper, chromium, manganese, iron and zinc levels in biological samples of diabetes mellitus patients. *Biol. Trece Elem. Res*. 2010. 122(1). 1–18. <https://doi.org/10.1007/s12011-007-8062-y>
9. Lubinski J. Prospective clinical trials on correlations between macro-/ microelements and vitamins and cancer risk. *Lubinski Hereditary Cancer in Clinical Practice*. 2012. 10. 120–132. <https://doi.org/10.1186/1897-4287-10-S3-A15>
10. Lukin SV, Selyukova SV, Prazina EA, Chetverikova NS. A comparative evaluation of macro- and microelement composition of plants of white lupine and soybean. *American journal of pharmaceutical sciences*. 2018. 5. 6133–6137. <https://www.iajps.com/pdf/june2018/193.IAJPS193062018.pdf>
11. Petrovska UV, Zhuravel IO, Hutsol VV. Identification and quantitative content determination of macro- and microelements in spinach leaves, seeds and roots of “Krasen” Polissia” and “Fantasy” cultivars. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical*

- Sciences*. 2018. Vol. 9. P. 530–534. [https://www.rjpbcs.com/pdf/2018_9\(6\)/\[66\].pdf](https://www.rjpbcs.com/pdf/2018_9(6)/[66].pdf)
12. Pohodina LI, Burda NYe, Kyslychenko VS, Voloshyna A.A. The study of the mineral composition of birthwort dutchman’s pipe (*Aristolochia clematitis* L.) raw materials. *Phytotherapy. Journal*. 2020. 2. 55–57. <https://doi.org/10.33617/2522-9680-2020-2-55>
 13. Pohorielov MV, Bumeister VI, Tkach HF. Macro- and microelements (metabolism, pathology, and methods of determination): monograph. Sumy: Sumy State University. 2010. 147 p.
 14. Popyk A, Kyslychenko V, Iosypenko O et al. Study of the mineral composition of Hungarian lilac (*Syringa josikaea*) buds. *Annals of Mechnikov’s Institute*. 2024. 2. 3–6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11634272>
 15. Sinkovič L, Deželak M, Kopinč R, Meglič V. Macro/microelements, nutrients and bioactive components in common and Tartary buckwheat (*Fagopyrum* spp.) grain and stone-milling fractions. *LWT*. 2022. 161. 113–150. <https://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113422>
 16. State Pharmacopoeia of Ukraine: in 3 volumes / SE "Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for Quality of Medicinal Products". 2nd ed. Kharkiv: SE "Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for Quality of Medicines". 2015. 1. 1130 p.
 17. Suslik GI., Kapustinska OS., Giryavenko OYa. The role of macro- and microelements in the pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *Clinical Endocrinology and Endocrine Surgery*. 2014. 2. 19–24. [https://doi.org/10.24026/1818-1384.2\(47\).2014.75438](https://doi.org/10.24026/1818-1384.2(47).2014.75438)
 18. Tomova R, Asenova S, Atanasova B et al. Macro- and microelements and their physiological importance for the bone mineral density. *Knowledge International Journal*. 2018. 26. 1211–1216. <https://ojs.ikm.mk/index.php/kij/article/view/3081/3079>
 19. Ulikhanyan GR, Hovhannisyanyan VG, Arshakyan NI et al. Elemental analysis and ecological safety assessment of nutritive herb *Ziziphora clinopodioides* Lam. cultivated and wild growing in the South-Caucasian flora. *Functional Foods in Health and Disease*. 2024. 14. 841–855. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v14i11.1489>
 20. Zheng Y, Li XK, Wang Y, Cai L. The role of zinc, copper and iron in the pathogenesis of diabetes and diabetic complications: therapeutic effects by chelators. *Hemoglobin*. 2010. 32(1–2). 135–145. <https://doi.org/10.1080/03630260701727077>

АВТОРСЬКА ДОВІДКА

Попик Андрій Іванович
<https://orcid.org/0000-0003-1422-3662>

Юсипенко Олена Олександрівна
<https://orcid.org/0000-0003-1613-2828>

Новосел Олена Миколаївна
<https://orcid.org/0000-0002-6010-339X>

Отримано: 24.02.2026
Рецензовано: 06.03.2026
Прийнято до друку: 10.03.2026