

DOI: 10.21802/artm.2025.1.33.87  
УДК 582.675.1+581.192+615.322

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ СИРОВИНИ ВИДІВ РОДУ ANEMONE L

Л.М. Тузін, А.Р. Грицик

Івано-Франківський національний медичний університет, кафедра фармацевтичного управління, технології ліків та фармакогнозії, м. Івано-Франківськ, Україна  
ORCID ID: 0009-0005-4592-8640, e-mail: ltuzin@ifnmu.edu.ua  
ORCID ID: 0000-0001-7335-887X,  
Scopus-Author ID: 57221440703, e-mail: agrycyk@ifnmu.edu.ua

**Резюме.** Метою дослідження є визначення рівня накопичення елементів у сировині анемони дібрової та анемони жовтецевої, що дозволить оцінити потенціал для подальшого використання в медицині.

Методом атомно-емісійної спектроскопії встановлено якісний та кількісний склад сировини макро- і мікроелементів анемони дібрової та анемони жовтецевої, а також проб ґрунту із різних місць зростання на території Івано-Франківської і Тернопільської областей.

У результаті дослідження в сировині анемони дібрової та анемони жовтецевої встановлено наявність 19 елементів (5 макро-, 10 мікро- та 4 ультрамікроелементи). В об'єктах виявлено високий вміст життєво важливих для людини елементів: калій (1345 – 3780 мг/100 г), кальцій (225 – 1000 мг/100 г), силіцій (89 – 920 мг/100 г), магній (170 – 384 мг/100 г), фосфор (88 – 410 мг/100 г).

Закономірність накопичення макро- та мікроелементів у траві і кореневищах анемони дібрової: K>Ca>Mg>P>Na та Si>Al>Fe>Mn>Sr>Zn>Cu>Ni>Mo>Pb>Co>Cd>As>Hg відповідно. Для трави анемони жовтецевої закономірність накопичення макро- та мікроелементів має такий вигляд: K>Ca>Mg>P>Na та Si>Al>Fe>Zn>Mn>Sr>Cu>Ni>Mo>Pb>Co>Cd>As>Hg відповідно.

Згідно з одержаними результатами для більшості елементів коефіцієнт біологічного накопичення становить менше 1, що свідчить про низький рівень поглинання даних елементів рослиною. Для елементів K, Mn і P даний показник – більше 1, що вказує на активну акумуляцію цих елементів рослинною сировиною.

Таким чином, досліджувані об'єкти здатні ефективно накопичувати певні елементи, що є важливим аспектом у подальшому вивченні терапевтичних властивостей рослин роду Анемона.

**Ключові слова:** Ranunculaceae, Anemone, лікарська рослинна сировина, мінеральний склад, макроелементи, мікроелементи, атомно-емісійна спектроскопія, трава, кореневища.

**Вступ.** Одним із важливих аспектів дослідження ЛРС є визначення вмісту макро- і мікроелементів, що впливає на її якість, біологічну активність і безпечність використання. Такі елементи як K, Ca, Mg, Fe забезпечують ключові функції в організмі людини, тоді як надмірний вміст важких металів (Pb, Cd, Hg) може становити ризик для здоров'я.

Макро- і мікроелементи є необхідними для нормального функціонування людського організму, який потребує у значних кількостях макроелементів Ca, Mg, K, P для забезпечення таких функцій: регуляції водно-електролітного балансу, розвитку кісток та м'язів, нормальної діяльності нервової системи [1, 2].

Мікроелементи Fe, Zn, Mn, Cu, хоч і потрібні у мінімальних кількостях, мають вирішальне значення для багатьох біохімічних процесів, таких як синтез ферментів, імунні реакції та процеси кровотворення [2, 3].

Увагу привертають лікарські рослини, які можуть містити значні концентрації хімічних елементів та можуть використовуватися для корекції їх дефіциту. Пошук і дослідження рослин, які можуть слугувати джерелом БАР, макро- та мікроелементів, відкриває нові можливості для створення альтернативних лікарських засобів. Такими рослинами є види роду Анемона (а).

Літературні джерела вказують на виражені протизапальні, седативні, анальгезуючі властивості рослин роду Анемона, що створює інтерес до вивчення вмісту K, Ca, Cu, Al, Mg, які здатні впливати на ці фармакологічні ефекти [2, 4, 5].

**Метою дослідження** є визначення рівня накопичення елементів у сировині анемони дібрової та анемони жовтецевої, що дозволить оцінити потенціал для подальшого використання в медицині.

**Об'єкти і методи дослідження.** Рослинну сировину та проби ґрунту заготовляли у 2023-2024 рр. на території Івано-Франківської і Тернопільської областей (Україна). Місця заготівлі зразків сировини наведено у табл. 1.

Траву *Anemone nemorosa* L. та *Anemone ranunculoides* L. заготовляли у період цвітіння рослини. Зрізали стебла ножицями на декілька сантиметрів вище за рівень ґрунту; кореневища *Anemone nemorosa* L. на початку вегетації, навесні, викопували, очищали та промивали від ґрунту. Сушіння сировини проводили природним методом на добре вентильованому горіщі при кімнатній температурі. Ідентифікацію рослин проведено за консультаційної допомоги к. біол. н., доцентки кафедри фармацевтичного управління, технології ліків та фармакогнозії ІФНМУ Світлани ДАНИЛІВ.

Таблиця 1

Місяця заготівлі зразків сировини			
Anemone nemorosa L.			
Трава			
Івано-Франківська обл.			
№ зразка	Місце заготівлі	Географічні координати	Рік заготівлі
1	Околиці урочища Мочари, Богородчанський район	48°50'40.2"N	2024
2		24°34'45.1"E	2023
3	Околиці с. Сливки, Калуський район	48°46'58.6"N	2024
4		24°12'47.9"E	2023
5	Околиці с. Павлівка, Тисменицький район	48°59'17.4"N	2023
6		24°36'47.8"E	2024
7	Околиці с. Микитинці, Івано-Франківський район	48°53'46.8"N 24°45'30.5"E	2023
8	Околиці с. Клубівці, Тисменицький район	48°54'38.6"N	2023
9		24°56'21.4"E	2024
Тернопільська обл.			
10	Околиці с. Озеряни, Чортківський район	48°53'36.8"N 25°56'19.0"E	2024
Кореневища			
Івано-Франківська обл.			
11	Околиці с. Клубівці, Тисменицький район	48°54'38.6"N 24°56'21.4"E	2023
12	Околиці урочища Мочари, Богородчанський район	48°50'40.2"N 24°34'45.1"E	2024
Anemone ranunculoides L.			
Трава			
Івано-Франківська обл.			
13	Околиці с. Вовчинець, Івано-Франківський район	48°57'45.4"N 24°44'55.6"E	2023

Якісний і кількісний елементний склад у досліджуваних зразках встановлювали методом атомно-емісійної спектроскопії на базі ДНУ НТК «Інститут монокристалів» НАН України (відділ аналітичної хімії). Метод базується на випаровуванні зразків з краєтерів графітових електродів та збудженні спектрів у дузі змінного струму. Реєстрацію отриманих спектрів здійснювали на фотопластинці ПФС-02. У роботі використовували спектрограф ДФС-8. Дугу змінного струму одержували за допомогою генератора ИВС-28.

Основою для градувальних зразків служить суміш оксидів і солей металів, що відповідає складу різнотрав'я. Серію градувальних зразків з добавками елементів  $1-1 \cdot 10^{-3}$  мас. % готували шляхом ретельного перемішування основи та оксидів визначених елементів. У роботі використовували спектральні графітові електроди «ОСЧ» 7-3 (діаметр 6 мм, довжина 50–60 мм). Градувальні зразки і підготовлені проби поміщали в кратери нижніх електродів (глибина 4 мм, діаметр 4,5 мм), верхній електрод порожній (глибина 5 мм, діаметр 1,9 мм). Встановлені параметри вимірювання: сила струму дуги змінного струму – 16 А, фаза підпалу – 60 °С, частота запалювальних імпульсів – 100 розрядів за секунду, аналітичний проміжок – 2 мм, ширина щілини – 0,015 мм, експозиція – 60 с. Спектри фотографували в діапазоні 240–350 нм. Фотопластинку проявляли, сушили, фотометрували. Згідно з результатами фотометрування будували графік.

Для визначення інтенсивності переходу макро- та мікроелементів із ґрунту в рослину

розраховували коефіцієнт біологічного накопичення (X) за формулою 1:

$$X = \frac{C_{\text{ЛРС}}}{C_{\text{Г}}}, \quad (1)$$

де:  $C_{\text{ЛРС}}$  – вміст елемента у зразку лікарської рослинної сировини, мг/100 г;

$C_{\text{Г}}$  – вміст елемента у зразку ґрунту, мг/100 г [6].

#### Результати дослідження та їх обговорення.

Результати визначення якісного та кількісного вмісту елементів наведено у табл. 2. Класифікацію елементів проводили за вмістом для організму людини. У зразках сировини виявлено 5 макроелементів (P, Mg, Ca, Na, K), 10 мікроелементів (Fe, Si, Al, Mn, Pb, Mo, Cu, Zn, Sr, Cd) та 4 ультрамікроелементи (Ni, Co, As, Hg). Найбільший вміст макроелементів у всіх зразках сировини виявляє K, Ca, Mg та P.

Вміст калію у зразках трави а. дібрової коливається у межах 2465–3780 мг/100 г, у кореневищах – 1345–1820 мг/100г, у траві а. жовтецевої – 2670 мг/100 г. Найвищий вміст виявлено у зразку трави Anemone nemorosa L., заготовленої на околицях с. Микитинці Івано-Франківської обл. у 2023 р.

Вміст кальцію у зразках трави а. дібрової знаходиться в межах 690–1000 мг/100 г. У кореневищах а. дібрової рівень кальцію варіює 225–350 мг/100 г, у зразку а. жовтецевої є 710 мг/100 г. Найвищий рівень Ca виявлено у траві а. дібрової, яку заготовляли на околицях с. Микитинці (Івано-Франківська обл.) у 2023 р.

Найвищий вміст Mg у траві а. дібрової – 265–384 мг/100 г, у траві а. жовтецевої – 250 мг/100 г,

найнижчий у кореневищах а. дібрової – 170–210 мг/100 г.

У траві а. дібрової вміст Р становить 88–410 мг/100 г, у кореневищах 95–140 мг/100 г, а у траві а. дібрової – 140 мг/100 г.

Згідно з одержаними результатами закономірності накопичення макроелементів для всіх зразків сировини є однаковим:  $K > Ca > Mg > P > Na$ .

Консультативний комітет із дієтичних рекомендацій США 2010 року дійшов висновку, що існує помірна кількість доказів зв'язку між споживанням калію та зниженням артеріального тиску в дорослих [7]. Загальний калій в організмі відображає масу м'язової тканини, приблизно 90–95 % його є внутрішньоклітинним у м'язах і кістках [8]. Доведено, що високе споживання калію має захисну дію проти низки патологічних станів, які впливають на серцево-судинну систему, нирки та кістки. Підвищене споживання калію знижує артеріальний тиск, і цей ефект постійний як у пацієнтів з гіпертонією, так і в людей з нормальним тиском [9].

Са в організмі людини відіграє важливу роль, бере участь у провідності нейронів, стабільності клітин, у процесах росту і підтримки кісток, знижує ризик серцево-судинних захворювань та остеопорозу у літньому віці, сприяє полегшенню симптомів передменструального синдрому [10, 11].

Магній бере участь у багатьох метаболічних процесах в клітинах, активує понад 300 ферментів, діє як антикоагулянт та є необхідним для розвитку і мінералізації кісток [10, 12].

Р – ключовий внутрішньоклітинний аніон людини, який бере участь у підтримці кислотно-лужного балансу в організмі, створюючи буферні системи в крові та сечі. Фосфор є другим, після Са, основним компонентом кісткової тканини [10].

При дослідженні нагромадження мікроелементів встановлено, що вміст Si у досліджуваних зразках трави, кореневищах а. дібрової і трави а. жовтецевої становив 100–920 мг/100 г, 350–420 мг/100 г та 89 мг/100 г відповідно. Вміст алюмінію у досліджуваних зразках знаходився у межах 17,8–138 мг/100 г. У зразках сировини кількість Fe знаходиться в межах від 9,7 мг/100 г до 48 мг/100 г. Рівень мангану у зразках становив 4,0–30,8 мг/100 г.

Для трави та кореневищ *Anemone nemorosa* L. закономірність накопичення мікроелементів становить:  $Si > Al > Fe > Mn > Sr > Zn > Cu > Ni > Mo > Pb > Co > Cd > As > Hg$ . Закономірність накопичення мікроелементів для трави *Anemone ranunculoides* L. має такий вигляд:  $Si > Al > Fe > Zn > Mn > Sr > Cu > Ni > Mo > Pb > Co > Cd > As > Hg$ .

Кремній є другим за поширеністю елементом на Землі та третім за поширеністю мікроелементом в організмі людини. Він бере участь у реакції рослин на різні абіотичні стреси. В організмі людини сприяє зміцненню сполучних тканин і кісток, корисний для догляду за шкірою, нігтями і волоссям [13].

Алюміній – постійна складова частина клітин, його наявність виявлена практично в усіх органах людини. Даний елемент є необхідним для регенерації

кісткової, епітеліальної та сполучної тканин, впливає на травні ферменти [2].

Ферум бере участь у різноманітних метаболічних процесах організму, зокрема транспорт кисню, синтез ДНК, транспорт електронів [14].

Mn бере участь в обміні амінокислот, холестерину, глюкози, впливає на формування кісток та імунну відповідь [15 - 17]. Манган у поєднанні з вітаміном К відіграє важливу роль у згортанні крові [18].

Практично всі елементи більше накопичуються у траві а. дібрової, ніж у підземних органах. Вміст елементів у зразках трави а. дібрової із різних місць зростання мав однаковий профіль та кількісно суттєво не відрізнявся.

Трава а. жовтецевої майже не відрізняється від сировини а. дібрової за вмістом макроелементів, окрім Na. Але всі мікроелементи містяться в кількостях, суттєво менших, ніж у траві та навіть кореневищах а. дібрової.

Вміст важких металів (Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, As, Hg) у досліджуваних об'єктах був у межах допустимих норм згідно Державної Фармакопеї України том 2.0–2.4.27 [19].

Результати визначення вмісту елементів у зразках ґрунту наведено у табл. 3. Згідно з одержаними результатами у зразках ґрунту переважав вміст елементів: Si (32000–33000 мг/100 г), Fe (2700–4500 мг/100 г), Al (1800–6200 мг/100 г), Na (1000–3000 мг/100 г), K (1100–1800 мг/100 г).

Нами проведено визначення коефіцієнта біологічного накопичення (КБН) елементів у сировині (табл. 4), який характеризує здатність рослин поглинати і накопичувати різні хімічні елементи з навколишнього середовища. Відповідно до одержаних результатів для більшості елементів коефіцієнт біологічного накопичення становив менше 1, що свідчить про низький рівень поглинання даних елементів рослиною [20]. Лише такі елементи як K, Mn і P практично в усіх зразках мають значення КБН >1, що вказує на інтенсивне накопичення елементів у тканинах рослин [20]. Так, КБН калію у траві а. дібрової варіює у межах 1,369–3,436, у кореневищах – 1,400–2,800, у траві а. жовтецевої – 0,961. КБН фосфору >1 встановлено у траві а. дібрової із околиць урочища Мочари (1,640), с. Сливки (2,714–4,214), с. Микитинці (2,000), с. Клубівці (1,075) та околиць с. Озеряни (1,133). Найвищі значення КБН мангану визначено у траві а. дібрової з околиць с. Озеряни (4,400), с. Сливки (2,220–3,920), с. Клубівці (2,940) та урочища Мочари (1,500), кореневищах а. дібрової – із околиць с. Клубівці (1,750). КБН Mn > 1 може слугувати підставою вважати дану рослину манганофілом [21]. Для зразків трави *Anemone nemorosa* L. із околиць урочища Мочари, с. Павлівка, с. Клубівці та околиць с. Озеряни встановлено КБН Sr: 1,000, 1,060–1,720, 2,143 і 1,120 відповідно, що може бути важливим фактором при оцінці екологічних ризиків [22].

**Таблиця 2**  
**Вміст макро- і мікроелементів у зразках сировини Анемоне nemorosa L. і Анемоне ranunculoides L.**

Зразок	Вміст елемента, мг/100г																			
	Макроелементи										Мікроелементи									
	K	Ca	Mg	P	Na	Si	Al	Fe	Mn	Sr	Zn	Cu	Mo	Pb	Cd	Ni	Co	As	Hg	
1	3480	840	384	410	120	840	96	48	30	6,0	1,8	0,06	<0,03	<0,01	0,66	<0,03	<0,01	<0,01		
2	3015	830	310	190	62	470	36	18,7	7,8	5,2	6,2	0,052	<0,03	<0,01	0,33	<0,03	<0,01	<0,01		
3	2940	690	345	295	98	785	47	44	19,6	9,8	1,7	0,078	<0,03	<0,01	0,44	<0,03	<0,01	<0,01		
4	3330	945	355	190	89	220	61	13,3	11,1	6,7	0,39	0,033	<0,03	<0,01	0,35	<0,03	<0,01	<0,01		
5	2465	700	265	88	40	440	22	9,7	17,6	5,3	0,44	<0,03	<0,03	<0,01	0,088	<0,03	<0,01	<0,01		
6	3450	980	345	210	115	920	138	40	12,6	8,6	0,46	0,057	<0,03	<0,01	0,17	<0,03	<0,01	<0,01		
7	3780	1000	355	200	76	250	35	16,4	7,6	10,1	0,38	0,038	<0,03	<0,01	0,189	<0,03	<0,01	<0,01		
8	2900	750	280	130	40	100	18	10,0	4,2	15	0,4	0,05	<0,03	<0,01	0,28	<0,03	<0,01	<0,01		
9	3000	855	320	215	64	107	43	11,7	29,4	5,9	5,9	0,032	<0,03	<0,01	0,53	<0,03	<0,01	<0,01		
10	3360	900	335	170	34	335	45	33,6	30,8	5,6	1,0	<0,03	<0,03	<0,01	0,11	<0,03	<0,01	<0,01		
11	1820	350	210	140	42	350	49	19,6	17,5	4,2	4,9	<0,03	<0,03	<0,01	0,24	<0,03	<0,01	<0,01		
12	1345	225	170	95	56	420	56	22,0	16,8	5,6	3,4	<0,03	<0,03	<0,01	0,17	<0,03	<0,01	<0,01		
13	2670	710	250	140	35	89	17,8	17,8	4,0	2,7	4,4	0,044	<0,03	<0,01	0,09	<0,03	<0,01	<0,01		

**Таблиця 3**

**Визначення елементів у зразках ґрунту**

Місце забору проби ґрунту	Вміст елемента, мг/100 г															
	K	Ca	Mg	P	Na	Si	Al	Fe	Mn	Sr	Cu	Mo	Pb	Ni	Cr	Ti
Івано-Франківська обл.																
Околиці с. Сливки	1200	800	700	70	1300	33000	2800	3500	5	10	600	12	25	7	2,5	400
Околиці с. Микитинці	1100	600	600	100	1000	32000	1800	3200	6	12	400	6	10	5	1,8	350
Околиці с. Клубівці	1300	1000	900	200	3000	33000	4500	3400	10	7	350	15	7	15	4,8	500
Околиці с. Павлівка	1800	900	1000	500	2800	33000	6200	4500	100	5	370	10	10	12	2,0	480
Околиці урочища Мочари	1400	900	700	250	2600	33000	3100	3200	20	6	380	9	6	10	2,7	500
Тернопільська обл.																
Околиці с. Озеряни	1200	1000	700	150	2700	32000	2800	2700	7	5	400	7,5	5	5	5,0	470

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

Таблиця 4  
Коефіцієнт біологічного накопичення елементів у досліджуваних зразках сировини

№ зразка	Коефіцієнт біологічного накопичення													
	K	Ca	Mg	P	Na	Si	Al	Fe	Mn	Sr	Cu	Mo	Ni	
1	2,486	0,933	0,549	1,640	0,046	0,025	0,031	0,015	1,500	1,000	0,005	0,007	0,066	
2	2,154	0,922	0,443	0,76	0,024	0,014	0,012	0,006	0,390	0,867	0,016	0,006	0,033	
3	2,450	0,863	0,493	4,214	0,075	0,024	0,017	0,013	3,920	0,980	0,003	0,007	0,063	
4	2,775	0,788	0,507	2,714	0,068	0,007	0,022	0,004	2,220	0,670	0,001	0,003	0,005	
5	1,369	0,778	0,265	0,176	0,014	0,013	0,004	0,002	0,176	1,060	0,001	0	0,007	
6	1,917	1,089	0,345	0,420	0,041	0,028	0,022	0,009	0,176	1,720	0,001	0,006	0,014	
7	3,436	1,667	0,592	2,000	0,076	0,008	0,019	0,005	1,267	0,842	0,001	0,006	0,038	
8	2,231	0,750	0,311	0,650	0,013	0,003	0,004	0,003	0,420	2,143	0,001	0,003	0,019	
9	2,308	0,855	0,356	1,075	0,021	0,003	0,009	0,003	2,940	0,843	0,017	0,002	0,035	
10	2,800	0,900	0,479	1,133	0,126	0,010	0,016	0,124	4,400	1,120	0,003	0	0,022	
11	1,400	0,350	0,233	0,700	0,014	0,011	0,011	0,006	1,750	0,600	0,003	0	0,016	
12	0,961	0,250	0,243	0,380	0,022	0,127	0,018	0,007	0,840	0,933	0,002	0	0,017	

Таким чином, досліджувані об'єкти здатні ефективно накопичувати К, Мп, Р, що є важливим аспектом у подальшому вивченні терапевтичних властивостей рослин роду Анемона. КБН у зразках із різних місць зростання варіює, що може бути зумовлено агрохімічними особливостями ґрунту (гранулометричний та мінералогічний склад, вміст гумусу, рН тощо); неоднаковим розміщенням в ґрунті кореневих систем, що впливає на різний ступінь взаємодії підземних

органів з горизонтом ґрунту; погодно-кліматичними умовами [23, 24].

КБН таких елементів як К та Са для трави а. жовтецевої суттєво нижчий, ніж для а. дібрової, що свідчить про різний ступінь їх поглинання із ґрунту різними видами. І навпаки, КБН Si для трави а. жовтецевої у понад 10 разів вищий, ніж для сировини а. дібрової. КБН решти елементів для сировини двох досліджуваних видів мають співставні результати.

**Висновки.** У результаті дослідження в сировині анемони дібрової та анемони жовтецевої встановлено наявність 19 елементів (5 макро-, 10 мікро- та 4 ультрамікроелементи). В об'єктах виявлено високий вміст життєво важливих елементів: калій, кальцій, силіцій, магній, фосфор. Якісний та кількісний склад елементів істотно не відрізнявся у зразках. Трава анемони дібрової містить найбільшу кількість елементів, кореневища анемони дібрової – найменшу.

Закономірність накопичення макро- та мікроелементів у траві і кореневищах анемони дібрової: K>Ca>Mg>P>Na та Si>Al>Fe>Mn>Sr>Zn>Cu>Ni>Mo>Pb>Co>Cd>As>Hg відповідно. Для трави анемони жовтецевої закономірність накопичення макро- та мікроелементів відповідно до кількісного вмісту має такий вигляд: K>Ca>Mg>P>Na та Si>Al>Fe>Zn>Mn>Sr>Cu>Ni>Mo>Pb>Co>Cd>As>Hg.

Вміст важких металів (Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, As, Hg) у досліджуваних об'єктах був у межах допустимих норм згідно Державної Фармакопеї України.

Визначено коефіцієнт біологічного накопичення для досліджуваних зразків. Для К, Мп і Р даний показник становить більше 1, що вказує на активну акумуляцію цих елементів рослиною сировиною.

Одержані результати підтверджують потенціал цих рослин, тому доцільним є подальші дослідження їх фармакологічних властивостей.

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

#### References:

- Marschner P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Elsevier. 2012. Available from: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>
- Pohorielov MV, Bumeister VI, Tkach HF, Bonchev SD, Sikora VZ, Sukhodub LF, et al. Makro- ta mikroelementy (obmin, patolohiia ta metody vyznachennia): monohrafiia. Sumy: Vyd-vo SumDU. 2010. 147 p. (in Ukrainian)
- Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants, Fourth Edition, CRC Press, 2011. Available from: Trace elements in soils and plants: Fourth edition
- Hao DC, Gua XJ, Xiao PG. Anemone medicinal plants: ethnopharmacology, phytochemistry and biology. Acta Pharm Sin B. 2017; 7(2):146-158. DOI: 10.1016/j.actpsb.2016.12.001
- Hrodzinskiy AM. Likarski roslyny: Entsyklopedychnyi dovidnyk. K.: Holov, red. URE. 1991. 544 p. (in Ukrainian)
- Posatska NM, Struk OA, Grytsyk AR, Stasiv TH, Klymenko AO. Research of element composition of Verbena species. Pharmacia. 2021; 68(1):227-33. doi:10.3897/pharmacia.68.e46513

7. Weaver CM. Potassium and health. *Adv Nutr.* 2013; 4(3):368S-77S. Published 2013 May 1. DOI: 10.3945/an.112.003533
8. Institute of Medicine. Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements 2006. New York, USA. Available from: Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements | The National Academies Press
9. Lanham-New SA, Lambert H, Frassetto L. Potassium. *Advances in nutrition* (Bethesda, Md.). 2012; 3(6):820-821. doi:10.3945/an.112.003012
10. Ciosek Ż, Kot K, Kosik-Bogacka D, Lanocha-Arendarczyk N, Rotter I. The Effects of Calcium, Magnesium, Phosphorus, Fluoride, and Lead on Bone Tissue. *Biomolecules.* 2021; 11:506. DOI: 10.3390/biom11040506
11. Shahin A, Koushik S, Nasim S, Husna P, Aminul A, Shamim A, et al. Comparative studies of elemental composition in leaves and flowers of *Catharanthus roseus* growing in Bangladesh. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine.* 2016; 6(1):50-54. doi:10.1016/j.apjtb.2015.10.003
12. Maguire ME, Cowan JA. Magnesium chemistry and biochemistry. *Biometals.* 2002; 15:203-210. doi:10.1023/a:1016058229972
13. Sunita A, Sonal V, Robina A, Pankaj K, Anjana V. Surprising benefits of silicon in plants and human beings. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences.* 2022; 12(03):359-364. DOI: 10.30574/wjbps.2022.12.3.0277
14. Abbaspour N, Hurrell R, Kelishadi R. Review on iron and its importance for human health. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences.* 2014; 19(2):164-74.
15. Palacios C. The role of nutrients in bone health, from A to Z. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2006; 46(8):621-8. DOI: 10.1080/10408390500466174
16. Chen P, Bornhorst J, Aschner M. Manganese metabolism in humans. *Front Biosci (Landmark Ed).* 2018 Mar 1; 23(9):1655-1679. DOI: 10.2741/4665
17. Li L, Yang X. The Essential Element Manganese, Oxidative Stress, and Metabolic Diseases: Links and Interactions. *Oxid Med Cell Longev.* 2018 Apr 5; 2018:7580707. DOI: 10.1155/2018/7580707
18. Aschner JL, Aschner M. Nutritional aspects of manganese homeostasis. *Mol Aspects Med.* 2005 Aug-Oct; 26(4-5):353-62. DOI: 10.1016/j.mam.2005.07.003
19. Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeyni tsentr yakosti likarskykh zasobiv». *Derzhavna Farmakopeia Ukrainy: v 3 t. - 2-e vyd. - Kharkiv: Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeyni tsentr yakosti likarskykh zasobiv».* 2015; 1:1128. (in Ukrainian)
20. Pasichnyk HI, Maiorova OYu, Voitiuk VB, Hrytsak LR, Melnyk VM, Drobyk NM. Vmist deiaktykh makro- i mikroelementiv u gruntakh ta roslynakh *Gentiana lutea* L. z dvokh Chornohirskykh populiatsii Ukrainskykh Karpat. *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Biol.).* 2011; 30:183-7. (in Ukrainian)
21. Zablotska OS, Kovtun YuD. Eksperymentalne doslidzhennia vplyvu deiaktykh vazhkykh metaliv na roslyny. *Khimichni aspekty ekolohii: zb. materialiv VII mizhfakultetskoi nauk.-piznav. konf. vykl. ta stud. kafedry khimii ekol. f-tu ZhNAEU, 13 lystop. 2014 r. Zhytomyr: Vyd-vo ZhDU im. I. Franka.* 2014. P. 10-14. (in Ukrainian)
22. Goryacha O, Kovaleva A, Raal A, Ilina T, Koshovyi O, Shovkova Z. Elemental Composition of *Dasiphora fruticosa* (L.) Rybd. Varieties. *Open Agric J.* 2022; 16:e187433152201240. doi:10.2174/18743315-v16-e2201240
23. Lozovitskyi PS. Gruntoznavstvo: pidruchnyk dlia ekolohiv. Kyiv – Zhytomyr, PP «Ruta». 2013. 456 p. (in Ukrainian)
24. Merlenko IM. Radioekolohiia ta mozhlyvi naslidky vykorystannia enerhii atoma: navchalnyi posibnyk. – Lutsk: PP Ivaniuk V.P. 2009. 594 p. (in Ukrainian)

UDC 582.675.1+581.192+615.322

**RESEARCH OF THE MINERAL COMPOSITION OF RAW MATERIALS OF ANEMONE L. SPECIES**

L.M. Tuzin, A.R. Grytsyk

*Ivano-Frankivsk National Medical University, Department of Pharmaceutical Management, Drug Technology and Pharmacognosy, Ivano-Frankivsk, Ukraine*  
 ORCID ID: 0009-0005-4592-8640,  
 e-mail: ltuzin@ifnmu.edu.ua  
 ORCID ID: 0000-0001-7335-887X,  
 Scopus-Author ID: 57221440703,  
 e-mail: agrycyk@ifnmu.edu.ua

**Abstract.** The aim of the study is to determine the level of element accumulation in the raw materials of *Anemone nemorosa* L. and *Anemone ranunculoides* L., thereby facilitating an assessment of their potential for further use in medicine.

The qualitative and quantitative composition of raw materials and soil samples from different growth locations in the Ivano-Frankivsk and Ternopil regions (Ukraine) was determined using atomic emission spectrography.

The study revealed the presence of 19 elements (5 macro-, 10 micro-, and 4 ultramicroelements) in the raw materials of *A. nemorosa* and *A. ranunculoides*. The objects contained high levels of essential elements: potassium (1345–3780 mg/100 g), calcium (225–1000 mg/100 g), silicon (89–920 mg/100 g), magnesium (170–384 mg/100 g), and phosphorus (88–410 mg/100 g).

The content of heavy metals (Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, As, Hg) in the studied objects was within the permissible limits according to the State Pharmacopoeia of Ukraine, Vol. 2.0–2.4.27.

There was determined the biological accumulation coefficient (BAC) of elements in the raw materials. According to the obtained results, the biological accumulation coefficient for most elements is less than 1, indicating a low level of absorption of these elements by the plant. Only elements such as K, Mn, and P have a BAC value greater than 1 in almost all samples, indicating their intensive accumulation in plant tissues. The BAC of potassium in the herb of *A. nemorosa* ranges from 1.369 to 3.436, in the rhizomes – from 1.400 to 2.800, and in the herb of *A. ranunculoides* – 0.961. A BAC value of phosphorus

greater than 1, was recorded in the herb of *A. nemorosa* from the outskirts of the Mochary tract (1.640), the outskirts of Slyvky village (2.714–4.214), the outskirts of Mykytyntsi village (2.000), the outskirts of Klubivtsi village (1.075), and the outskirts of Ozeriany village (1.133). A BAC value of  $Mn > 1$  may serve as a basis for considering this plant a manganophile. For the herb samples of *Anemone nemorosa* L. from the outskirts of the Mochary tract, Pavlivka village, Klubivtsi village, and Ozeriany village, the BAC of Sr was determined as 1.000, 1.060–1.720, 2.143, and 1.120, respectively, which may be an important factor in assessing the environmental risks.

The qualitative and quantitative composition of elements did not differ significantly between samples. The aerial parts of *A. nemorosa* contained the highest number of elements, while the rhizomes of *A. nemorosa* had the lowest. The accumulation patterns of macro- and microelements in the aerial parts and rhizomes of *A. nemorosa* were as follows:  $K > Ca > Mg > P > Na$  and  $Si > Al > Fe > Mn > Sr > Zn > Cu > Ni > Mo > Pb > Co > Cd > As > Hg$ , respectively. For the aerial parts of *A. ranunculoides*,

the macro- and microelement profile was:  $K > Ca > Mg > P > Na$  and  $Si > Al > Fe > Zn > Mn > Sr > Cu > Ni > Mo > Pb > Co > Cd > As > Hg$ , respectively. The biological accumulation coefficient was determined for the studied samples. According to the obtained results, for most elements, the biological accumulation coefficient was less than 1, indicating a low level of absorption by the plant. For K, Mn, and P, this coefficient exceeded 1, suggesting active accumulation of these elements in the plant material. Thus, the studied objects are capable of effectively accumulating certain elements, which is an important aspect for further research of the therapeutic properties of *Anemone* species.

**Keywords:** Ranunculaceae, *Anemone*, medicinal plant raw materials, elemental composition, macroelements, microelements, atomic emission spectrography, herb, rhizomes.

**Conflict of interest:** absent.

Стаття надійшла в редакцію 10.02.2025 р.  
Стаття прийнята до друку 20.03.2025 р.