

О.В. ГУРСЬКА¹, С.В. ПИДА², І.П. ГРИГОРЮК³

¹ Кременецький обласний гуманітарно-педагогічний інститут імені Тараса Шевченка
Україна, 47003 Тернопільська область, м. Кременець, вул. Лицейна, 1

² Тернопільський національний університет імені Володимира Гнатюка
Україна, 46027 м. Тернопіль, вул. Максима Кривоноса, 2

³ Національний університет біоресурсів та природокористування України
Україна, 03041 м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15

ВМІСТ ДЕЯКИХ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТІ ТА РОСЛИНАХ РОДУ PYRETHRUM ZINN.

Установлено, що рослини піретруму дівочого (*Pyrethrum parthenium* (L.) Smith.) і п. червоного (*P. coccineum* (Willd.) Worosch.), які зростали на достатньо забезпеченому мікроелементами (Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Pb, Cd) сірому лісовому ґрунті Кременецького горбогір'я, акумулюють значну кількість Zn та Mn, незначну — Cu, Co, Ni, Pb і Cd.

Ключові слова: *Pyrethrum parthenium* (L.) Smith., *Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch., мікроелементи, ґрунт, коефіцієнт біологічного накопичення.

Мікроелементи є важливими компонентами мінерального живлення і необхідні для забезпечення життєдіяльності рослин, реалізації їх генетичного потенціалу та формування високоякісного врожаю, синтезу ферментів, які підвищують інтенсивність використання енергії та води, забезпечення високої окисно-відновної активності тканин і реакцій фітоімунітету, стабілізації колоїдних систем клітин та певної спрямованості біохімічних процесів [1, 10].

Суттєвий вплив на акумуляцію мікроелементів рослинами здійснюють внутрішні (фізіологічні) та зовнішні (екологічні) чинники [4]. До фізіологічних чинників належать генетичні особливості, до екологічних — едафічні, кліматичні та погодні умови місцезростання [3, 4].

Елементний склад рослин, вплив екологічних і фізіологічних чинників на накопичення мікроелементів рослинами окремих таксономічних груп вивчено недостатньо. Такі дослідження є особливо актуальними для роду *Pyrethrum* Zinn., до якого належать перспективні квітниково-декоративні, лікарські, ефіроолійні та пряноароматичні культури.

Мета роботи — вивчити ступінь накопичення мікроелементів у ґрунті і рослинах видів піретрум дівочий (*Pyrethrum parthenium* (L.) Smith.) та п. червоний (*P. coccineum* (Willd.) Worosch.) в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріал і методи

Об'єктами дослідження були зразки сірого лісового парового ґрунту і рослин сортів *Pyrethrum parthenium* Snowball (25–30 см заввишки, з білими махровими суцвіттями помпонного типу), White Gem (15–20 см заввишки, з білими густомахровими суцвіттями), Golden Ball (20–25 см заввишки, з махровими світло-жовтими суцвіттями помпонного типу), Phora Pleno (35 см заввишки, з густомахровими білими суцвіттями) та *P. coccineum* (50 см заввишки, поодинокі рожеві суцвіття). Рослини вирощували на сірому лісовому ґрунті науково-дослідних ділянок Кременецького обласного гуманітарно-педагогічного інституту імені Тараса Шевченка з розсади широкорядним способом.

Зразки ґрунту відбирали з парової ділянки у горизонті 0–30 см, листків та суцвітть рослин — у фазу цвітіння (повне розкриття кошиків) згідно з методиками [2, 8].

Вміст загальних (грунт, рослини) і рухомих (грунт) форм мікроелементів (Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Pb, Cd) визначали після екстрагування наважки ґрунту, листків та суцвіть азотною кислотою з наступним випаровуванням пероксидом водню на атомно-адсорбційному спектрофотометрі С-115 М-1 [5] у трьох повторностях.

Ступінь накопичення мікроелементів рослинами розраховували за коефіцієнтом біологічного накопичення (КБН) за формулою [4]

$$\text{КБН} = \frac{m_1}{m_2},$$

де m_1 — вміст елемента в кілограмі сухої біомаси, мг;

m_2 — вміст елемента в кілограмі ґрунту, мг.

Загальну кислотність ґрунту у водній витяжці визначали на рН-метрі 159 М [2].

Отримані результати обробляли статистично. Вміст важких металів (ВМ) порівнювали з гранично допустимими концентраціями (ГДК) [11] та фоновими показниками у ґрунтах досліджуваного регіону [10].

Результати та обговорення

Показано, що дослідні зразки сірого лісового опідзоленого ґрунту належать до слабокислих (рН — $5,6 \pm 0,19$). Цей тип ґрунту розташований на оптимально дренажних вододільних плато та сформувався на карбонатних лесах під широколистяними лісами з потужно розвиненою трав'янистою рослинністю. За літературними даними [6, 7], ґрунти містять 2,5–4,0 % гумусу, середньо забез-

печені калієм, достатньо — рухомих фосфором.

Зразки ґрунту Кременецького горбогір'я містять достатню кількість мікроелементів (табл. 1). За вмістом у ґрунті їх можна розташувати в порядку зменшення в такій послідовності: для загальних форм (ЗФ) $\text{Zn} > \text{Mn} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co} > \text{Cd}$, для рухомих (РФ) — $\text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Cd}$. За розташуванням у рядах консервативними є три елементи. Вміст рухомих форм Mn і Ni є вищим порівняно з таким Zn та Pb.

Виявлені нами відмінності в ступені рухомості досліджуваних елементів зумовлені фізико-хімічними властивостями сполук, які входять до складу ґрунту. Отримані дані засвідчують, що вміст рухомих форм Co, Cd та Cu був високим і становив 65,1 % (Cu) — 83,7 % (Co) від валової кількості. До помірно зв'язаних мікроелементів віднесено Zn, Mn та Pb, їх біодоступність становила 22,5 % (Zn) — 37,8 % (Pb).

Досліджувані нами мікроелементи належать до ВМ, тому їх вміст у ґрунті порівнювали з ГДК [11]. Установлено, що вміст валової форми металів була в межах допустимих значень (див. табл. 1). Виняток становив лише Zn, кількість якого перевищувала ГДК в 1,2 разу. Вміст рухомих форм Cu і Ni у ґрунті був у діапазоні фонових показників, Mn, Co та Pb — нижчим від мінімального фонового вмісту для Лісостепу України [9].

Згідно з отриманими результатами, мікроелементи в найбільшій кількості накопичувалися в надземній частині рослин (табл. 2), що підтверджує їх участь у регуляції біохімічних процесів [1, 10].

Таблиця 1. Вміст загальних та рухомих форм мікроелементів у ґрунті, мг/кг

Показник	Мікроелемент						
	Zn	Cu	Mn	Co	Ni	Pb	Cd
Загальна форма	356,9±7,5	18,42±0,45	347,9±21,0	8,76±0,79	14,83±1,38	24,37±2,04	1,27±0,07
Рухома форма	80,4±3,12	12,00±1,03	111,8±12,0	7,33±0,14	23,12±1,46	9,21±0,24	0,90±0,05
ГДК* ЗФ	300	55	1500	50	85	32	3
Фоновий вміст** РФ	20–90	10–48	240–3000	8–40	10–80	10–20	—

Примітка: * — ГДК подано за [11]; ** — фоновий вміст наведено за [10].

Таблиця 2. Вміст рухомих форм мікроелементів у листках і суцвіттях рослин роду *Pyrethrum* Zinn., мг/кг

Вид	Сорт	Орган	Мікроелемент						
			Zn	Cu	Mn	Co	Ni	Pb	Cd
P. parthenium	White Gem	Листки	1163,3±22,5	5,61±0,01	167,33±10,37	2,89±0,07	14,38±0,25	3,37±0,13	0,269±0,051
		Суцвіття	678,3±23,7	6,17±0,14	109,60±4,16	2,32±0,09	10,22±0,76	5,28±0,12	1,220±0,032
	Phlora Pleno	Листки	960,9±51,5	4,05±0,06	69,72±2,42	1,93±0,03	6,41±0,16	0,70±0,02	0,159±0,005
		Суцвіття	563,7±10,4	7,17±0,21	113,70±4,10	2,54±0,11	8,92±0,60	5,36±0,25	0,810±0,017
	Golden Ball	Листки	510,6±27,7	5,21±0,16	102,48±2,32	2,03±0,15	6,56±0,18	0,97±0,08	0,154±0,010
		Суцвіття	736,8±38,5	8,73±0,29	49,0±1,42	3,13±0,08	10,49±0,80	6,71±0,27	0,453±0,011
	Snowball	Листки	1503,1±54,2	7,20±0,16	125,07±3,70	3,12±0,20	9,16±0,11	1,44±0,10	0,161±0,012
		Суцвіття	527,2±35,1	7,02±0,23	68,47±2,33	3,12±0,20	8,14±0,52	6,79±0,18	0,613±0,045
P. coccineum	Листки	1541,3±71,6	9,57±0,35	77,33±2,18	2,27±0,07	13,66±0,66	2,52±0,07	0,43±0,036	
	Суцвіття	971,7±27,6	4,85±0,21	137,80±3,03	3,09±0,15	13,21±0,22	8,31±0,14	1,537±0,156	

Вміст Zn у листках був вищим в 1,7 (Phlora Pleno) — 2,9 (Snowball) разу для піретруму дівочого та в 1,6 разу — для піретруму червоного порівняно з вмістом у суцвіттях. Виняток становив 'Golden Ball', листки якого накопичували меншу кількість елементу порівняно із суцвіттями. Цинк є компонентом окисно-відновних ферментів, які необхідні для поділу клітини, функціонування мембран, підвищення стійкості рослин до грибкових і бактеріальних інфекцій [1, 4, 10].

Найвищий вміст Cu зафіксовано у листках P. coccineum — у 2,0 рази більше порівняно із суцвіттями. Листки і суцвіття рослин сортів White Gem та Snowball накопичували однако-

ву кількість цього елементу. Вміст Cu у суцвіттях рослин сортів Phlora Pleno та Golden Ball був у 1,7–1,8 разу більшим, ніж у листках. Cu входить до складу ферментів, які беруть участь у фенольному, азотному, нуклеїновому та ауксиновому обміні, і є необхідним для реакцій внутрішньоклітинного окиснення, фотосинтезу та фіксації атмосферного азоту [1, 10].

Концентрація Mn була найвищою в листках рослин сорту White Gem і суцвіттях P. coccineum. Листки P. parthenium нагромаджували Mn у 1,5 (White Gem) — 2,1 (Golden Ball) разу більше, а 'Phlora Pleno' та P. coccineum — в 1,6 і 1,8 разу менше порівняно із суцвіттями. Mn виконує функцію

Таблиця 3. Коефіцієнт біологічного накопичення мікроелементів для листків і суцвіть рослин роду *Pyrethrum* Zinn., у. о.

Вид	Сорт	Орган	Мікроелемент						
			Zn	Cu	Mn	Co	Ni	Pb	Cd
P. parthenium	White Gem	Листки	14,47	0,47	1,50	0,39	0,62	0,37	0,30
		Суцвіття	8,44	0,51	0,98	0,32	0,44	0,57	1,36
	Phlora Pleno	Листки	11,95	0,34	0,62	0,26	0,28	0,08	0,18
		Суцвіття	7,01	0,60	1,02	0,35	0,39	0,58	0,90
	Golden Ball	Листки	6,35	0,43	0,92	0,28	0,28	0,11	0,17
		Суцвіття	9,16	0,73	0,44	0,43	0,45	0,73	0,50
	Snowball	Листки	18,70	0,60	1,12	0,43	0,40	0,16	0,18
		Суцвіття	6,56	0,59	0,61	0,43	0,35	0,74	0,68
P. coccineum	Листки	19,17	0,80	0,69	0,31	0,59	0,27	0,48	
	Суцвіття	12,09	0,40	1,23	0,42	0,57	0,90	1,71	

Таблиця 4. Кореляційні зв'язки між мікроелементами в листках і суцвіттях рослин роду *Pyrethrum Zinn*.

	Zn	Cu	Mn	Co	Ni	Pb	Cd
<i>Листки (n=15)</i>							
Zn	\	+**	o	o	+*	o	+*
Cu	+**	\	o	o	+*	o	+**
Mn	o	o	\	+**	o	+*	o
Co	o	o	+**	\	o	o	o
Ni	+*	+*	o	o	\	+***	+**
Pb	o	o	+*	o	+***	\	+**
Cd	+*	+**	o	o	+**	+**	\
<i>Суцвіття (n=15)</i>							
Zn	\	o	o	+**	+***	+*	+*
Cu	o	\	o	o	o	o	-***
Mn	o	o	\	o	o	o	+
Co	+**	o	o	\	+**	+*	o
Ni	+***	o	o	+**	\	+*	+*
Pb	+*	o	o	+*	+*	\	o
Cd	+*	-***	+	o	+*	o	\
<i>Me (листки) - Me (суцвіття) (n=15)</i>							
Me	o	-**	o	-**	o	o	+***

Примітка: «+» — прямий зв'язок; «-» — непря- мий зв'язок; o — достовірного зв'язку не виявле- но; * — p = 0,1; ** — p = 0,05; *** — p = 0,01.

катализатора для окремих реакцій циклу Кребса, фотосинтезу, ауксинового обміну, бере участь у біосинтезі вітаміну С, хлорофілу, нуклеїнових кислот [4, 10].

Вміст Co і Ni у листках та суцвіттях до- сліджуваних видів рослин був найсталішим серед елементів. Co сприятливо впливає на інтенсивність синтезу білків і нуклеїнових кислот, дихання, фотохімічну активність хлоропластів, активує синтез вітамінів С та Е, порфіринових структур. Ni бере участь у стабілізації структури хромосом [1, 4, 10]. Ми з'ясували, що суцвіття накопичували більше Pb (в 1,6 (White Gem) — 7,7 (Phlora Pleno) рази) та Cd (у 2,9 (Golden Ball) — 5,1 (Phlora Pleno) рази) порівняно з листками.

Інтегральним критерієм оцінки вибірко- вого поглинання елементів живлення з грун- ту є КБН. Якщо його значення більше ніж 1, то це свідчить про високий рівень акумуля-

ції мікроелементів і навпаки [4]. В наших експериментах величина КБН відрізнялася залежно від виду і сорту (табл. 3). Зокрема найвищі його значення виявлено для Zn, а для інших мікроелементів воно наближало- ся або незначно перевищувало 1 (Mn).

На підставі розрахунку коефіцієнтів коре- ляції встановлено залежність між акумуля- цією у листках та суцвіттях певних пар мікро- елементів (табл. 4). Зокрема в листках коре- ляційні зв'язки є сильнішими для пар Ni-Pb, Ni-Cd, Pb-Cd і слабкішими — для пар Zn-Ni, Zn-Co, Co-Ni, Co-Pb та Cu-Cd порівняно із суцвіттями. Виявлено прямо пропорційну кореляцію для пар Zn-Cu, Cu-Ni, Mn-Pb у листках рослин та помірну обернено пропо- рційну — у суцвіттях. Стійкий кореляційний зв'язок як для листків, так і для суцвіть рос- лин видів роду *Pyrethrum* характерний для пари Zn-Cd. Найтіснішу прямо пропорційну кореляцію встановлено для пар Ni-Pb (лист- ки), Zn-Ni (суцвіття), обернено пропорційну — для пари Cu-Cd (суцвіття). При дослідженні пар Me (листки)-Me (суцвіття) виявлено тіс- ну пряму залежність для Cd ($r = +0,94$), обер- нену — для Cu і Co ($r = -0,67$ і $r = -0,63$).

На підставі аналізу вмісту мікроелемен- тів у ґрунті та органах рослин видів *Pyre- thrum* встановлено такі закономірності:

— органи рослин накопичують значну кількість Zn на тлі його високого вмісту в ґрунті та незначну — Co та Ni за низької їх концентрації у педосфері;

— листки рослин *P. sossineum* містять вищу кількість Cu та Zn, а суцвіття — Zn порівняно з аналогічними показниками *P. parthenium*;

— серед досліджуваних сортів рослин *P. parthenium* найвищий вміст Mn та Ni на- копичують листки, меншою мірою — су- цвіття 'White Gem', Cu — 'Golden Ball', Zn — 'Snowball';

— встановлено тісний зв'язок між накопи- ченням у рослинах роду *Pyrethrum* пари Cd- Pb ($p = 0,01$, $n = 30$, $r = +0,78$), у листках — Ni-Pb ($p = 0,01$, $n = 15$, $r = +0,96$), суцвіттях — Zn-Ni і Cu-Cd ($p = 0,01$, $n = 15$, $r = +0,88$ та $r =$

= -0,91), а також Cd-(листках) - Cd-(суцвіт-
тях) ($p = 0,01$, $n = 15$, $r = +0,94$).

Висновки

Установлено, що сірий лісовий паровий ґрунт Кременецького горбогір'я відзначається високим вмістом рухомих форм Zn, Cu, Pb і Cd та низьким — Mn, Co та Ni.

Накопичення мікроелементів в органах рослин роду *Pyrethrum* залежить від виду, сорту та екологічних чинників.

Найвищі значення КБН характерні для Zn, найнижчі — для Co і Ni.

Установлено тісні кореляційні зв'язки між накопиченням пари Ni-Pb у листках, Zn-Ni і Cu-Cd — у суцвіттях, Cd (листках) — Cd (суцвіттях).

1. Бульгин С.Ю., Демішев Л.Ф., Доронин В.А. и др. Микроэлементы в сельском хозяйстве. — Днепропетровск: Сич, 2007. — 100 с.

2. Гасцькевич В.Г., Позняк С. Лабораторний практикум з ґрунтознавства. — Львів: Вид-во ЛНУ імені Івана Франка, 2001. — 62 с.

3. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. — Новосибирск: Наука, 2001. — 229 с.

4. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений. — Новосибирск: Наука, 1991. — 294 с.

5. Методи аналізів ґрунтів і рослин (методичний посібник) / За заг. ред. С.Ю. Булигіна, С.А. Балука, А.Д. Міхновської, Р.А. Розумної. — Харків: ННЦ ІГА, 1999. — 160 с.

6. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Ґрунтознавство: Підручник. — Чернівці: Книги XXI, 2004. — 400 с.

7. Полушан М.І., Соловей Б.В., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України / За ред. М.І. Полушана. — К.: Аграрна наука, 2005. — 300 с.

8. Солодовченко Н.М., Журавльов М.С., Ковальов В.М. Лікарська рослинна сировина та фітопрепарати: Посіб. з фармакогнозії з основами біохімії лікарських рослин. — Харків: Вид-во НФАУ Золоті сторінки, 2001. — 408 с.

9. Фонової вміст мікроелементів у ґрунтах України / За ред. А.І. Фадєєва, Я.В. Пашенко. — Харків: Прапор, 2003. — 115 с.

10. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. — М.: Наука, 1974. — 324 с.

11. Якість ґрунту. Визначення дії забруднювачів на флору ґрунту. Частина 2. Вплив хімічних ре-

човин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-2: 1995, IDT): ДСТУ ISO 11269-2: 2002. — [Чинний від 2004-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2004. — 14 с. (Національний стандарт України).

Рекомендувала до друку Н.В. Заїменко

О.В. Гурская¹, С.В. Пыда², И.А. Григорюк³

¹ Кременецкий областной гуманитарно-педагогический институт им. Тараса Шевченко, Украина, г. Кременец

² Тернопольский национальный университет имени Владимира Гнатюка, Украина, г. Тернополь

³ Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Украина, г. Киев

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ РОДА PYRETHRUM ZINN.

Установлено, что растения пиретрума девичьего (*Pyrethrum parthenium* (L.) Smith.) и п. красного (*Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch.), которые произрастали на достаточно обеспеченной микроэлементами (Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Pb, Cd) серой лесной почве Кременецкого горбогорья, аккумулируют значительное количество Zn и Mn, небольшое — Cu, Co, Ni, Pb и Cd.

Ключевые слова: *Pyrethrum parthenium* (L.) Smith., *Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch., микроэлементы, почва, коэффициент биологического накопления.

О.В. Gurs'ka¹, S.V. Pyda², I.P. Hrigoryuk³

¹ Taras Shevchenko Kremenetskiy Regional Humanitarian Pedagogical Institute, Ukraine, Kremenets

² Volodymyr Hnatiuk Ternopil National University, Ukraine, Ternopil

³ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine, Kyiv

THE CONTENT OF SOME MICROELEMENTS IN SOIL AND IN PLANTS OF THE GENUS PYRETHRUM ZINN.

It was found that plant of *Pyrethrum parthenium* (L.) Smith. and *Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch., which are growing at a sufficiently secured microelements (Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Pb, Cd) gray forest soil of Kremenets' region, were accumulated significant amounts of Zn and Mn, low — Cu, Co, Ni, Pb and Cd.

Key words: *Pyrethrum parthenium* (L.) Smith., *Pyrethrum coccineum* (Willd.) Worosch., microelements, soil, coefficients of biological accumulation.