



УДК 615.322:582.998.16-52:546.16

НАКОПИЧЕННЯ ФЛУОРИДІВ РОСЛИНАМИ ВИДУ *BIDENS TRIPARTITA* L. НА ЕНДЕМІЧНИХ ТЕРИТОРІЯХ

О. О. Перепелиця, О. І. Сметанюк, К. П. Купчанко

Вищий державний навчальний заклад України
“Буковинський державний медичний університет”
вул. Театральна, 2, Чернівці 58001, Україна
e-mail: perpelutsya.olesia@gmail.com

Досліджено вплив едафічних і географічних чинників на накопичення флуоридів рослинами виду *Bidens tripartita* L. Для оцінки впливу географічних чинників на вміст Флуору в системі ґрунт–рослина досліджували вплив макрорельєфу – порівнянням вмісту флуоридів залежно від місця росту рослин у різних фізико-географічних областях Чернівеччини та мезорельєфу – способом порівняння вмісту флуоридів у рослинах, що ростуть на схилових і рівнинних, суходільних і заплавних екотопах. Встановлена здатність до концентрування флуоридів рослинами виду *Bidens tripartita* L. за сприятливих умов зростання. Варіабельність вмісту флуоридів у рослинах виду *B. tripartita* L. залежить від фізико-хімічних характеристик ґрунту і природно-кліматичних умов зростання рослин. Встановлено, що несприятливими чинниками для накопичення флуоридів рослинами *B. tripartita* є висока поглинальна здатність ґрунтів. Доведено, що вміст флуоридів у рослинах рівнинних луків визначається водорозчинними та рухомими формами Флуору. Вміст флуоридів у надземній і підземній частині рослин, які зростали на заплавних луках, вищий, ніж у рослинах суходолів. Вплив місцезростання на вміст флуоридів у рослинах *B. tripartita* пов'язаний із вмістом водорозчинних форм Флуору в ґрунті та підвищенням міграційної здатності (доступності) його рухомих форм за умов підвищеного зволоження.

Ключові слова: рослини *Bidens tripartita* L., лучні біотопи, флуориди, накопичення, чинники.

ВСТУП

Профілактика мікроелементозів у населення, що проживає на ендемічних територіях, фітозборами в наш час є економічно виправданим і ефективним напрямом, зокрема, в медицині розвинених країн Європи та Канади [4]. Тому дослідження складу рослин є перспективним для розробки багатоконпонентних фітозборів із заданим мікроелементним складом для профілактики хвороб у населення, що проживає в аномальних геохімічних провінціях, до яких належить і Чернівецька область.

Чернівецьку поділяють на три фізико-географічні області – лісостепова область (Прут-Дністровське межиріччя), яка належить до країни – Східно-Європейська рівнина, передгірська (Прут-Сіретське межиріччя) та гірська (Буковинські Карпати) області, які належать до країни – Українські Карпати. Фізико-географічні області різняться між собою за кліматичними, едафічними й орографічними умовами [3]. За ландшафтним районуванням на території Чернівецької області виділено три провінції: Карпатську гірсько-лісову, Передкарпатську височинну лісо-лучну і Прут-Дністровську височинну лісостепову, кожна з яких характеризується специфічним спектром ґрунтів [13].

Попередні наші дослідження рослин виду *Bidens tripartita* L. засвідчили їх здатність концентрувати елемент Флуор із високою біологічною активністю [10], що є актуальним для населення Чернівецької області, ендемічної за низьким вмістом Флуору в навколишньому середовищі [1,15]. Окрім того, до складу рослин виду *Bidens tripartita* L. входять біологічно активні речовини, різні за складом і хімічною будовою: ефірна олія, сапоніни, вітамін С, дубильні речовини, вуглеводи, органічні кислоти, кумарини, флавоноїди, віскоза, ліпіди, каротин, слизи, гіркоти [5, 8, 9, 16]. Мінеральний склад рослинної сировини (31–34 %) представлений мікроелементами К, Са, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Al, V, Se, Ni, Sr, Pb, В, з яких рослина концентрує Se, Mn, Zn, Cu [7]. Тому рослини виду *Bidens tripartita* L. застосовують у складі зборів при діатезі, простудних захворюваннях, гастритах, хронічних гепатитах, панкреатиті, діабеті, нейродермітах, алергії, а також у разі порушення обміну Купруму, Йоду [11]. Зокрема, трава *B. tripartita* входить до складу відомого збору “Детоксифіт” як засобу, який стимулює метаболічні процеси.

Bidens tripartita L. (череда трироздільна) – однорічна трав'яниста рослина з родини айстрових (*Asteraceae*). Коренева система галузиста, стебла поодинокі, прямостоячі, супротивно-галузисті, заввишки 60–100 см, голі або злегка опушені, листки темно-зелені супротивні, короткочерешкові, сидячі, трироздільні або розсічені. Квітки дрібні, жовто-коричневі, лише трубчасті. Квітки зібрані у прямостоячі або пониклі, поодинокі на кінцях стебел і гілок кошики. Кошики з двохаровою обгорткою поодинокі або зібрані по два–три на кінцях пагонів. Плід – сім'янка, вгорі з двома–трьома зазубреними щетинками. Цвіте в липні–вересні.

На сьогодні лікувальні властивості *B. tripartita* L. використовують неповно через брак даних щодо хімічного складу рослин цього виду залежно від місця зростання, що звужує застосування її в офіційній медичній практиці. Тому відомості щодо мікроелементного складу рослин на території з дефіцитом Флуору сприятиме ширшому застосуванню виду *B. tripartita* L. у складі багатокомпонентних фітозборів для профілактики і лікування відповідних груп населення.

Мета роботи – дослідити чинники, сприятливі для накопичення флуоридів рослинами виду *Bidens tripartita* L., що ростуть на дефіцитній за вмістом Флуору території.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом досліджень обрано рослини виду *B. tripartita* L. і ґрунт вісьми лучних біотопів Чернівецької області. Виділені для дослідження ландшафтні ділянки розташовані на відстані не менше 10 км від підприємств різного профілю та населених пунктів і 3–5 км від центральних доріг. Опис досліджуваних ділянок наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Опис досліджуваних ділянок

Table 1. Description of the studied biotopes

Номер	Розміщення лучного біотопу	Рельєсф	Ділянка схилу	Експозиція
КРАЇНА – СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКА РІВНИНА				
Прут-Дністровське межиріччя				
1.	с. Новоселиця	Рівнинні луки	–	–
2.	с. Росошани	Рівнинні луки	–	–
3.	с. Нагоряни	Лучні схили	Верхня половина	Південно-східна
КРАЇНА – УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ				
Прут-Сіретське межиріччя				
1.	с. Турятка	Рівнинні луки	–	–
2.	с. Байраки	Лучні схили	Нижня частина	Північно-західна
Покутсько-Буковинські Карпати				
2.	с. Шурдин	Лучні схили	Середина схилу	Північно-східна
3.	с. Шепіт	Лучні схили	Верхня третина	Північно-східна

Рослини збирали з дотриманням екологічних рекомендацій щодо збору лікарської рослинної сировини [2]. Відбір ґрунтових зразків проводили в шарах 0–20 см за загальноприйнятою методикою [12]. Вплив фізико-хімічних властивостей ґрунту на вміст флуоридів у рослинах оцінювали за допомогою показників фізико-хімічного складу (актуальна, обмінна, гідролітична кислотність, сума ввібраних основ, ємність поглинання) й агрохімічних показників (ґумус і елементи живлення — Фосфор, Калій, Нітроген). Визначення обмінної кислотності проводили потенціометричним методом, гідролітичної кислотності — методом Каппена, суми ввібраних основ — методом Каппена-Гільковіца, гумусу — методом Тюріна, Фосфору та Калію — методом Кірсанова, Нітрогену — методом Корнфілда [12]. Уміст обмінних форм флуоридів у ґрунті та вміст флуоридів у надземній і підземній частинах рослин визначали потенціометричним методом із флуоридселективним електродом ЭК-120101 на йономері типу И-160. Результати опрацьовані за допомогою пакету програми “Statistica-7.0”.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Для оцінки накопичення флуоридів рослинами досліджуваного виду застосовували три показники: вміст флуоридів у рослині, коефіцієнт специфічного відносного поглинання (КСВП) і коефіцієнт біологічного поглинання (КБП) [6]. Результати аналізу свідчать, що вміст флуоридів у рослинах виду *B. tripartita* L. в досліджуваних місцях зростання варіює у широких межах: розмах вмісту флуоридів у надземній частині становить 0,34–3,98 мг/кг сухої маси, у підземній – 0,54–8,62 мг/кг сухої маси, тоді як уміст у надземній частині більшості рослин Чернівецької області – 0,15–1,2 мг/кг сухої маси, у підземній частині – 0,20–1,28 мг/кг сухої маси [10]. Середній вміст флуоридів у надземній частині рослин виду *B. tripartita* L. досліджуваних екотопів становить $2,0 \pm 1,24$ мг/кг сухої маси, у підземній – $2,7 \pm 1,4$ мг/кг сухої маси.

КБП визначали як відношення вмісту елемента в рослині до його вмісту в ґрунті й розраховували окремо для надземної та підземної частин. Розмах КБП у надземній і підземній частинах становить 0,1–4,9 та 0,1–9,3, відповідно. Тільки для рослин досліджуваної ділянки с. Нагоряни КБП був меншим одиниці, що, очевидно, пов'язано з механізмом зв'язування сполук Флуору лугово-чорноземним карбонатним ґрунтом цього екотопу [13]. Отже, за КБП *B. tripartita* L. є видом, для якого характерна висока інтенсивність поглинання флуоридів.

Розмах КСВП, який визначали як відношення вмісту елемента в рослині до середнього вмісту елемента в усіх рослинах з одного місцезростання, становить 0,2–3,5 у надземній та 0,3–7,7 у підземній частині. Нижче одиниці виявився тільки КСВП флуоридів для рослин виду *B. tripartita* L. с. Нагоряни, що свідчить про накопичення флуоридів рослинами виду за сприятливих умов зростання. Тобто несприятливим чинником для накопичення флуоридів рослинами є висока поглинальна здатність карбонатних ґрунтів.

Отже, за комплексом критеріїв накопичення хімічних елементів – вмістом флуоридів у рослині, КСВП та КБП встановлено здатність до концентрування флуоридів рослинами виду *B. tripartita* L. за сприятливих умов зростання. Проте значний розмах вмісту флуоридів свідчить про вплив екологічних чинників на накопичення флуоридів, зокрема, хімічного складу ґрунтів [14].

Для оцінки впливу едафічних чинників проведено кореляційний аналіз залежності вмісту флуоридів у надземній і підземній частинах рослин кожного біотопу від фізико-хімічних показників ґрунту (табл. 2). Статистичний аналіз засвідчив наявність достовірних кореляційних залежностей вмісту флуоридів у підземній частині

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники ґрунту лучних біотопів Чернівецької області

Table 2. Physical and chemical properties of soil from the meadow biotopes of Chernivtsi region

Показники едафотопу	Розміщення лучного біотопу						
	Новоселиця	Росошани	Нагоряни	Турятка	Байраки	Шурдин	Шепіт
Уміст водорозчинних форм Флуору, мг/кг	0,49	0,40	1,0	0,89	0,47	0,91	0,78
Уміст рухомих форм Флуору, мг/кг	0,51	0,82	4,72	0,93	0,95	1,43	2,86
Обмінна кислотність	6,2	6,3	7,4	6,1	6,1	4,4	5,2
Актуальна кислотність	6,1	6,3	7,4	6,5	7,2	5,2	3,9
Гідролітична кислотність, мгекв/100 г	1,9	1,43	0,3	1,13	0,33	3,63	6,97
Сума ввібраних кислот, мгекв/100 г	15	18,9	23,8	8,2	22,5	8,5	2,2
Ємність поглинання, мгекв/100 г	16,9	20,3	24,1	9,3	22,8	11,1	9,2
Гумус, %	5	5,1	5,1	3,2	4	2,2	1,7
Уміст Фосфору (P ₂ O ₅), мг/1кг ґрунту	86	120	206	47	93	233	28
Уміст Калію (K ₂ O), мг/1кг ґрунту	187	247	195	178	190	58	40
Уміст Нітрогену, мг/1кг ґрунту	151	155	115	98	112	129	60

рослин від суми ввібраних основ ($r = -0,75$, $p < 0,05$) та ємності поглинання ($r = -0,81$, $p < 0,05$). Відсутність достовірних залежностей між вмістом флуоридів у надземній і підземній частинах рослин і вмісту різних форм флуоридів у ґрунті, на нашу думку, пов'язано з низькими концентраціями галогену в ґрунті, за яких надходження Флуору в рослини визначають іншими чинниками, зокрема поглинальною здатністю ґрунтів. Варто зауважити, що для досліджуваних екотопів характерна наявність у вибірці ґрунтів різного ґенезу, для яких, як відомо, властиві різні механізми поглинання флуоридів.

Встановлено достовірну кореляційну залежність між вмістом водорозчинних і рухомих форм Флуору ($r = 0,76$, $p < 0,01$). Очевидно, в умовах підвищеного зволоження вміст рухомих форм Флуору зменшується завдяки створенню сприятливих умов для їх міграції.

Для вивчення впливу географічних чинників на вміст Флуору в системі ґрунт–рослина досліджували вплив макро- та мезорельєфу. Вплив макрорельєфу оцінювали способом порівняння вмісту флуоридів залежно від місця зростання рослин у різних фізико-географічних областях Чернівецької області. Достовірних відмінностей щодо вмісту Флуору в рослинах виду *B. tripartita* L. Прут–Дністровського межиріччя, Прут–Сіретського межиріччя та Буковинських Карпат не встановлено.

Вплив мезорельєфу оцінювали порівнянням вмісту флуоридів у рослинах, що ростуть на схилових і рівнинних, суходільних і заплавних екотопах. Під час порівняння вмісту Флуору в рослинах і ґрунтах рівнинних луків встановлено, що вміст Флуору в надземній частині рослин у 4 рази ($p < 0,05$) більший від вмісту водорозчинних форм та у 3,1 рази ($p < 0,05$) більший від вмісту рухомих форм Флуору (рис. 1). Вищий вміст флуоридів у рослинах рівнин, порівняно з вмістом у ґрунті, пояснюється сприятливими умовами для накопичення флуоридів. Трохи вищим є вміст флуоридів у надземній і підземній частинах рослин рівнинних луків, порівняно з рослинами, зібраними на схилах (рис. 1). При цьому доступнішими для рослин є водорозчинні форми Флуору, низький вміст яких у ґрунтах схилів і рівнин пояснюється вимиванням їх із ґрунту. Порівняльний аналіз вмісту флуоридів у ґрунті рівнинних і схилових лучних біотопів засвідчив значну відмінність лише стосовно рухомих форм Флуору. Порівняно високий вміст рухомих форм Флуору зареєстровано на схилах, що, ймовірно, пов'язано з переважаанням карбонатних і буроземних ґрунтів, які мають значну поглинальну здатність щодо Флуору.

Отже, вірогідних відмінностей у вмісті Флуору в рослинах схилових і рівнинних луків не встановлено. Вплив місцезростання на нагромадження флуоридів у рослинах, в основному, пов'язаний із різною доступністю з ґрунту сполук Флуору, із яких водорозчинні форми є доступнішими для рослин, ніж рухомі. Рухомі форми Флуору є доступнішими на рівнинних луках, ніж на схилах, що сприяє нагромадженню флуоридів у підземній частині рослин рівнинних територій.

На підвищених місцях зволоженість ґрунту визначають лише атмосферними опадами, а ґрунти схилів, особливо долин одержують додаткове зволоження завдяки волозі, що переміщується з більш високих місць. Тому для підтвердження попередніх висновків щодо водорозчинних форм як важливого (пріоритетного) чинника у нагромадженні рослинами флуоридів, серед досліджуваних біотопів Чернівецької області виділено суходільні та заплавні луки. Одержані результати засвідчили достовірну різницю щодо вмісту флуоридів у рослинах суходолів і заплав. У надземній частині рослин виду *Bidens tripartita* L., що зростають на заплавних луках, вміст флуоридів у 6,9 разу ($p < 0,001$) більший, ніж у рослинах суходіль-

них луків; для підземної частини це співвідношення становить 5,8 ($p < 0,001$) (рис. 2). При цьому вміст Флуору в підземній частині рослин суходолів у 1,6 разу ($p < 0,001$) більший, ніж у надземній частині, а співвідношення аналогічних показників для рослин заплав становить 1,3 ($p < 0,001$).

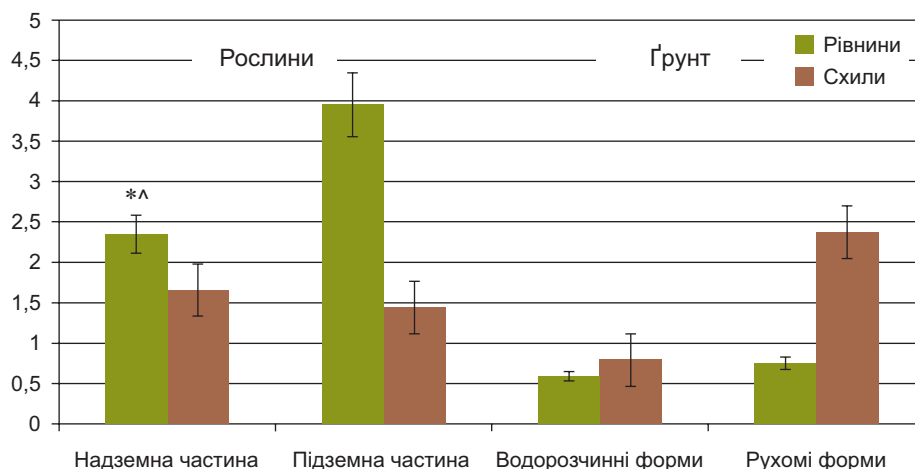


Рис. 1. Вміст флуоридів (мг/кг сухої маси) у ґрунті й рослинах виду *Bidens tripartita* L. рівнинних і схилових біотопів Чернівецької області (* – відмінність достовірна щодо вмісту водорозчинних форм Флуору в ґрунті; ^ – відмінність достовірна щодо вмісту рухомих форм Флуору в ґрунті)

Fig. 1. Fluorides' content (mg/kg of dry weight) in the soil and plants from the species *Bidens tripartita* L. that grow on the plain and sloped biotopes of the Chernivtsi oblast (* – the difference is significant with regard to the content of water-soluble fluorine forms in the soil; ^ – the difference is significant with regard to the content of active fluorine forms in the soil)

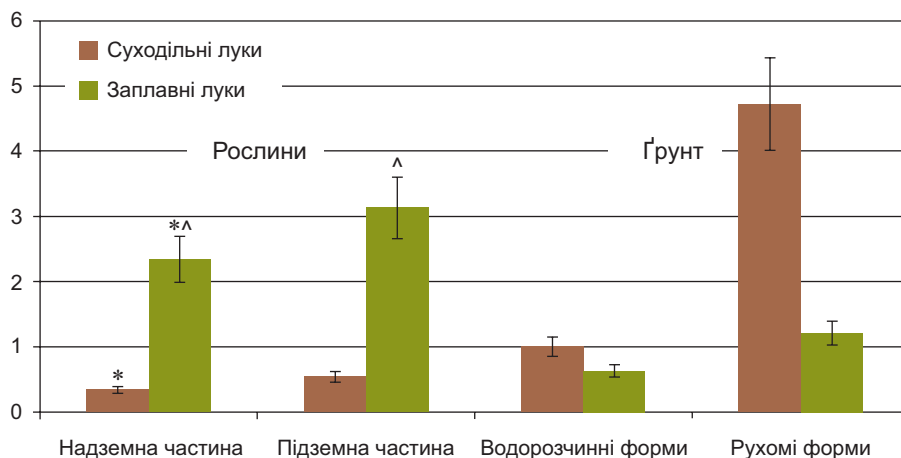


Рис. 2. Вміст флуоридів (мг/кг сухої маси) у ґрунті й рослинах виду *Bidens tripartita* L. суходільних і заплавних луків Чернівецької області (* – відмінність достовірна порівняно з підземною частиною рослин суходолів і заплав; ^ – відмінність достовірна у порівнянні з вмістом флуоридів у рослинах суходолів)

Fig. 2. Fluorides' content (mg/kg of dry weight) in the soil and plants from the species *Bidens tripartita* L. that grow on the dry and inundable meadows of the Chernivtsi oblast (* – the difference is significant with regard to the content of fluorides in the underground parts of the plants; ^ – the difference is significant with regard to the content of fluorides in the plants from the dry lands)

Отже, встановлено достовірну різницю щодо вмісту флуоридів у рослинах суходолів і заплав. Водорозчинні та рухомі форми Флуору є доступнішими для рослин заплав з пріоритетним накопиченням їх у підземній частині.

Загалом географічні особливості місцезростання рослин виду *Bidens tripartita* L. впливають на вміст Флуору в системі ґрунт–рослина, що проявляється у зміні міграційної здатності сполук Флуору в ґрунті та його доступності рослинам.

ВИСНОВОК

Варіабельність вмісту флуоридів у рослинах виду *Bidens tripartita* L. залежить від фізико-хімічних характеристик ґрунту і природно-кліматичних умов зростання рослин. Накопичення флуоридів рослинами залежить від поглинальної здатності ґрунтів і їхнього зволоження. Вплив місцезростання на нагромадження флуоридів у рослинах, в основному, пов'язаний із різною доступністю з ґрунту сполук Флуору, серед яких водорозчинні форми є доступнішими для рослин, ніж рухомі. В умовах підвищеного зволоження вміст рухомих форм Флуору зменшується завдяки створенню сприятливих умов для їхньої міграції.

1. *Bystryh V.V., Boyev V.M., Perepelkin S.V.* Fluorine-dependent microelementosis' development risk evaluation matters. **Hygiene and Sanitation**, 2002; 6: 64–65. (In Russian).
2. *Dutchenko L.G.* Plant raw materials' collection. **Phytotherapy in Ukraine**, 1999; 3–4: 58–65. (In Ukrainian).
3. *Gutsulyak V.M.* **Landscape-geochemical ecology**. Chernivtsi: Ruta, 1995: 110–116. (In Ukrainian).
4. *Isaev Yu. A.* **Treatment with trace substances, metals and minerals**. Kyiv: Health, 1992. 118 p. (In Russian).
5. *Kaskoniene, Vilma; Maruska, Audrius.* Investigation of Recovery of Volatiles of *Bidens tripartita* L. Using Solid-Phase Extraction Trap in Supercritical Fluid Extraction. **Acta Chimica Slovenica**, 2015; 62(1): 1–7.
6. *Kostyshyn S.S.* Evaluation of fluorides' absorption by the plants from meadow biotopes of Chernivtsi region. **Scientific Bulletin of Chernivtsi University**, 2008; 417: 181–188. (In Ukrainian).
7. *Kyslychenko V.S.* Medical plants as sources of minerals. **Pharmacist**, 1999; 20 / <http://www.provisor.com.ua>. (In Russian).
8. *Li, Jie-Li; Zhang, Lai-Bin.* Flavonoids and polyacetylenes from the aerial parts of *Bidens tripartita* L. **Biochemical Systematics and Ecology**, 2013; 48: 42–44.
9. *Oproshanskaya T.V.* Fatty Acids from *Bidens tripartita* Herb. **Chemistry of Natural Compounds**, 2015; 51(5): 944–955.
10. *Perepelytsia O.O., Rudenko S.S.* Fluorides' content in the plants from meadow biotopes of Chernivtsi region. **Bulletin of Zaporizhzhya National University**, 2007; 1: 159–164. (In Ukrainian).
11. *Pishak V.P., Smetanyuk O.I.* **Wild medicinal plants of Bukovina. Ecological, resource, and medical importance**. Chernivtsi: Ruta, 2008: 69. (In Ukrainian).
12. *Polchyna S. M.* **Popular methods of soil analysis: Methodological recommendations for term and qualifying papers**. Chernivtsi: Ruta, 2006. 88 p. (In Ukrainian).
13. *Polchyna S.M., Nikorych V.A., Danchu O.A.* Application of modern FAO/WRB soil classification system to the soil landscape map of Chernivtsi region. **Soil Science**, 2004; 5(1): 27–33. (In Ukrainian).
14. *Rudenko S.S., Perepelytsia O.O.* Edaphic factors' influence on accumulation of fluorides by the plants of meadow biotopes of Chernivtsi region. **Problems of Ecology and Medicine**, 2007; 1–2: 3–7. (In Ukrainian).

15. Vanhanen V.V., Chijhevsky I.V., Vanhanen V.D. et al. Prevention of dental caries using fluoride in different biogeochemical regions of Ukraine. **Medicine**, 1997, 3: 17–20. (In Russian).
16. Zuzuk B.M., Kutsyk R.V. Tripartite bur-marigold. *Bidens tripartita* L. Analytical review. **Pharmacist**, 2006; 21: 36–40. (In Russian).

ACCUMULATION OF FLUORIDES BY PLANTS OF *BIDENS TRIPARTITA* L. SPECIES ON THE TERRITORIES WITH ENDEMIC FLUORINE DEFICIT

O. O. Perepelytsia, O. I. Smetanjuk, K. P. Kupchanko

*State Higher Educational Institution in Ukraine „Bukovinian State Medical University”
2, Teatralna St., Chernivtsi 58001, Ukraine
e-mail: perepelutsya.olesia@gmail.com*

The influence of edaphic and geographic factors on accumulation of fluorides by the plants of the species growing on the territory with deficit of fluorine was studied. To assess the influence of geographic factors on the content of fluorine in the soil–plant system the influence of the macrorelief was studied by comparing the fluorides' content depending on plants' habitat in different physical-geographical areas of the Chernivtsi region; the influence of mesorelief was also studied by comparison of fluorides' content in plants growing on the slopes, plains, dry and inundable ecotopes. The ability of the plants from *Bidens tripartita* L. species to accumulate fluorides in favorable growing conditions was observed. It was determined that high soil adsorption capability adversely affects the accumulation of fluorides. The impact of plants' habitat on the fluorides' content in the plants from *Bidens tripartita* L. species is related to the content of water-soluble fluorine forms in the soil and to the increase of migrational capability (availability) of its active forms in the conditions of increased moistening. It was proven that the content of fluorides in plants growing on plain meadows is determined by water-soluble and active forms of fluorine, and the content of fluorides in the over- and underground parts of plants from inundable meadows is higher than in plants from dry lands. Variability of fluorides' content in the plants from *Bidens tripartita* L. species depends on physical-chemical characteristics of the soil, natural environment and climatic conditions of plants' growth.

Keywords: plants, meadow biotopes, fluorides, accumulation, factors.

Одержано: 24.12.2016