



УДК: 615.322:582.998.16] – 047.37
DOI: 10.14739/2409-2932.2017.1.93436

Т. І. Баланчук¹, О. В. Мазулін², Т. В. Опрошанська³, Г. В. Мазулін²

Дослідження накопичення неорганічних елементів у рослинній сировині *Carduus nutans* L., *Carduus acanthoides* L.

¹Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова, Україна,

²Запорізький державний медичний університет, Україна,

³Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

Мета роботи – дослідження методом АЕС(AES) якісного складу та кількісного вмісту неорганічних елементів під час цвітіння в суцвіттях і листях перспективних видів *Carduus nutans* L. і *Carduus acanthoides* L.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – суцвіття та листя будяка пониклого (*Carduus nutans* L.) та б. акантовидного (*Carduus acanthoides* L.), що заготовлені в різних регіонах України під час цвітіння (травень–серпень 2013–2015 рр.), відповідно до загальних вимог ДФУ І (дод. 1.2). Сушіння здійснили в сушильній шафі «Termolab СНОЛ 24/350» (Україна), (t = 40 °С) протягом 15 год. Аналіз проведено на атомно-емісійному спектрометрі ДФС-8 з атомізатором ІВС-28. Для ідентифікації та кількісного визначення використані відповідні смуги поглинання за стандартними зразками (нм): 196,0 (Se); 213,9 (Zn); 223,1 (Bi); 228,8 (Cd); 232,0 (Ni); 240,7 (Co); 248,3 (Fe); 249,7 (B); 257,0 (Hg); 279,5 (Mn); 283,3 (Pb); 285,2 (Mg); 286,3 (Sn); 309,3 (Al); 313,3 (Mo); 318,4 (V); 324,7 (Cu); 328,1 (Ag); 357,9 (P); 357,9 (Cr); 365,0 (As); 422,6 (Ca); 460,0 (Sr); 589,0 (Na); 706,5 (K). Як основу (РСЗ) обрано суміш оксидів і солей металів, що була ідентичною складу різнограв'я. Для приготування 200,0 використані наважки речовин (г): Na₂SO₄ – 50; KH₂PO₄ – 50; K₂SO₄ – 40; CaCO₃ – 40; SiO₂ – 36; KCL – 14; MgO – 10. Речовини ретельно змішували, прокалювали у кварцових тиглях у муфельній печі (t = 500 °С) протягом 5 год. Використовували такий інтервал вмісту (мас. %), до озоління: Sr (1×10⁻²–1,0); V, Mo, Co, Cr (2×10⁻⁴–1×10⁻²); Mn (2×10⁻⁴–1,0); Ni, Pb, Ca, Ag, Sn (5×10⁻⁴–1×10⁻²); Cu (1×10⁻⁴–5×10⁻²); Cd (5×10⁻³–1×10⁻²); Ti (5×10⁻⁴–1,0); Zn від (1×10⁻²–2,0). Температура вимірювання (t = 23–25 °С). Атомізацію проб здійснили на графітових електродах пристрою ІВС-28 у розряді дуги змінного струму (I = 16 А, U = 220 в, t = 60 с). Інтенсивність ліній у спектрах фіксували мікрофотометром МФ-4 (λ = 196–706,5 нм). Паралельно виконали дослід порівняння з аналогічними реактивами. Результати опрацювали методом математичної статистики з застосуванням ліцензійної програми «Statistica 6.0 for Windows» (StatSoft Inc., № АХХR712 D833214 FANS).

Результати. Методом АЕС (AES) у суцвіттях і листях *Carduus nutans* L., *Carduus acanthoides* L. встановили наявність 15 неорганічних елементів, з котрих 10 (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Zn, Co, P, Mo) є есенціальними. У переважних концентраціях неорганічні елементи накопичувались у листі *Carduus nutans* L. (мг/100 г), макроелементи: Ca (1000,00 ± 95,20), K (305,0 ± 36,60), Mg (310,00 ± 79,30), P (110,0 ± 14,30), Si (100,00 ± 12,20), Na (61,00 ± 7,32); а також мікроелементи: Fe (61,00 ± 7,93), Zn (11,00 ± 1,32), Al (5,50 ± 0,51). Для листя *Carduus acanthoides* L. спостерігали аналогічну тенденцію. Переважно накопичувались макроелементи (мг/100 г): Ca (1000,00 ± 99,50), K (255,00 ± 28,15), Mg (255,00 ± 30,60), P (99,00 ± 8,63), Si (95,00 ± 8,60), Na (41,00 ± 5,33); а також мікроелементи: Fe (35,00 ± 4,55), Zn (10,20 ± 1,22), Al (5,30 ± 0,50). Вміст неорганічних елементів у суцвіттях рослин, що досліджували, був меншим за листя. У суцвіттях *Carduus nutans* L. (мг/100 г) були присутні макроелементи: Ca (540,00 ± 64,80), K (180,00 ± 21,60), Mg (180,00 ± 23,41), Si (90,00 ± 11,70), P (60,00 ± 7,80), Na (30,00 ± 3,60); а також мікроелементи: Fe (36,00 ± 4,35), Zn (6,00 ± 0,75), Al (2,00 ± 0,18). У дещо менших концентраціях спостерігали накопичення в суцвіттях *Carduus acanthoides* L. макроелементів (мг/100 г): K (96,00 ± 9,80), Ca (480,00 ± 57,60), Mg (145,00 ± 18,85), Si (48,00 ± 5,76), P (57,00 ± 6,84), Na (24,00 ± 3,12); а також мікроелементів: Fe (12,00 ± 1,56), Al (4,40 ± 0,39), Zn (3,80 ± 0,44). Накопичення токсичних неорганічних елементів (Cd, Co, Hg, Pb, As,) не було характерним для досліджуваної рослинної сировини та становило (<0,01–0,03 мг/100 г) або в межах ГПК (Sr) (0,50 ± 0,06 – 3,70 ± 0,44 мг/100 г). Зольність для досліджуваних зразків практично не відрізняється між видами. Вона вища в листі (до 12,14 ± 1,19%), ніж у суцвіттях (5,97 ± 0,56%).

Висновки. Експерименти свідчили про доцільність контролю рослинної сировини перспективних видів *Carduus nutans* L. і *Carduus acanthoides* L. на вміст загальної золи й макро- та мікроелементів. Уперше встановлено присутність і кількісний вміст 15 основних неорганічних елементів, із них 10 є есенціальними. Великий вміст есенціальних неорганічних елементів у листях і суцвіттях дає можливість рекомендувати рослини як перспективне джерело для одержання комплексних фітопрепаратів із гепатозахисною та антиоксидантною дією.

Ключові слова: атомно-емісійна спектроскопія, суцвіття, листя, будяк пониклий, будяк акантовидний, неорганічні елементи.

Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. – 2017. – Т. 10, № 1(23). – С. 42–48

Изучение накопления неорганических элементов в растительном сырье *Carduus nutans* L. и *Carduus acanthoides* L.

Т. И. Баланчук, А. В. Мазулин, Т. В. Опрошанская, Г. В. Мазулин

Цель работы – изучение методом АЭС (AES) качественного состава и количественного содержания неорганических элементов в период цветения в соцветиях и листьях перспективных видов *Carduus nutans* L. и *Carduus acanthoides* L.

Материалы и методы. Объектом исследования были соцветия и листья чертополоха поникшего (*Carduus nutans* L.) и ч. акантовидного (*Carduus acanthoides* L.), заготовленные в различных регионах Украины в период цветения (май–сентябрь 2013–2015 гг.), в соответствии с требованиями ГФУ І (доп. 1.2.). Сушка проведена в сушильном шкафу «Termolab СНОЛ 24/350» (Украина), (t = 40 °С) в течение 15 час. Анализ проведён на атомно-эмиссионном спектрометре ДФС-8 с атомизатором ІВС-28. Для идентификации и количественного определения использованы соответствующие полосы поглощения стандартных образцов (нм): 196,0 (Se); 213,9 (Zn); 223,1 (Bi); 228,8 (Cd); 232,0 (Ni); 240,7 (Co); 248,3 (Fe); 249,7 (B); 257,0 (Hg); 279,5 (Mn); 283,3 (Pb); 285,2 (Mg); 286,3 (Sn); 309,3 (Al); 313,3 (Mo); 318,4 (V); 324,7 (Cu); 328,1 (Ag); 357,9 (P); 357,9 (Cr); 365,0 (As); 422,6 (Ca); 460,0 (Sr); 589,0 (Na);

706,5 (К). В качестве основы (РСЗ) предложена смесь оксидов и солей металлов, идентичная составу разнотравья. Для приготовления 200,0 использованы навески веществ (г): Na_2SO_4 – 50; KH_2PO_4 – 50; K_2SO_4 – 40; CaCO_3 – 40; SiO_2 – 36; KCl – 14; MgO – 10. Вещества тщательно перемешивали, прокаливали в кварцевых тиглях в муфельной печи ($t = 500^\circ\text{C}$) в течение 5 час. Используются соответствующий интервал содержания (мас. %), до озоления: Sr (1×10^{-2} –1,0); V, Mo, Co, Cr (2×10^{-4} – 1×10^{-2}); Mn (2×10^{-4} –1,0); Ni, Pb, Ca, Ag, Sn (5×10^{-4} – 1×10^{-2}); Cu (1×10^{-4} – 5×10^{-2}); Cd (5×10^{-3} – 1×10^{-2}); Ti (5×10^{-4} –1,0); Zn (1×10^{-2} –2,0). Температура измерения ($t = 23$ – 25°C). Атомизацию проб проводили на графитовых электродах атомизатора ИВС-28 в разряде дуги переменного тока ($I = 16\text{ A}$, $U = 220\text{ V}$, $t = 60\text{ сек}$). Интенсивность линий в спектрах фиксировали микрофотометром МФ-4 ($\lambda = 196$ – $706,5\text{ нм}$). Параллельно проводили контрольные измерения с аналогичными реактивами. Полученные данные были обработаны методом математической статистики с использованием лицензионной программы «Statistica 6.0 for Windows» (Stat. Soft. Inc., № АХХХ 712 D833214 FANS).

Результаты. Методом АЭС (AES) в соцветиях и листьях *Carduus nutans* L., *Carduus acanthoides* L. установлено присутствие 15 неорганических элементов, из которых 10 (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Zn, Co, P, Mo) являются эссенциальными. В преобладающих концентрациях неорганические элементы накапливались в листьях *Carduus nutans* L. (мг/100 г), макроэлементы: Ca ($1000,00 \pm 95,20$), K ($305,0 \pm 36,60$), Mg ($310,00 \pm 79,30$), P ($110,0 \pm 14,30$), Si ($100,00 \pm 12,20$), Na ($61,00 \pm 7,32$); а также микроэлементы: Fe ($61,00 \pm 7,93$), Zn ($11,00 \pm 1,32$), Al ($5,50 \pm 0,51$). Для листьев *Carduus acanthoides* L. наблюдали аналогичную тенденцию. В большей степени накапливались макроэлементы (мг/100 г): Ca ($1000,00 \pm 99,50$), K ($255,00 \pm 28,15$), Mg ($255,00 \pm 30,60$), P ($99,00 \pm 8,63$), Si ($95,00 \pm 8,60$), Na ($41,00 \pm 5,33$); а также микроэлементы: Fe ($35,00 \pm 4,55$), Zn ($10,20 \pm 1,22$), Al ($5,30 \pm 0,50$). Содержание неорганических элементов в соцветиях исследуемых растений было меньшим, чем в листьях. В соцветиях *Carduus nutans* L. (мг/100 г) присутствовали макроэлементы: Ca ($540,00 \pm 64,80$), K ($180,00 \pm 21,60$), Mg ($180,00 \pm 23,41$), Si ($90,00 \pm 11,70$), P ($60,00 \pm 7,80$), Na ($30,00 \pm 3,60$); а также микроэлементы: Fe ($36,00 \pm 4,35$), Zn ($6,00 \pm 0,75$), Al ($2,00 \pm 0,18$). В несколько меньших концентрациях наблюдали накопление в соцветиях *Carduus acanthoides* L. макроэлементов (мг/100 г): K ($96,00 \pm 9,80$), Ca ($480,00 \pm 57,60$), Mg ($145,00 \pm 18,85$), Si ($48,00 \pm 5,76$), P ($57,00 \pm 6,84$), Na ($24,00 \pm 3,12$); а также микроэлементов: Fe ($12,00 \pm 1,56$), Al ($4,40 \pm 0,39$), Zn ($3,80 \pm 0,44$). Накопление токсичных неорганических элементов (Cd, Co, Hg, Pb, As) не было характерным для исследуемого растительного сырья и составляло ($<0,01$ – $0,03\text{ мг/100 г}$) или в пределах ПДК (Sr) ($0,50 \pm 0,06$ – $3,70 \pm 0,44\text{ мг/100 г}$). Зольность для исследуемых образцов практически не отличалась между видами. Она была выше в листьях (до $12,14 \pm 1,19\%$), чем в соцветиях ($5,97 \pm 0,56\%$).

Выводы. Проведенные эксперименты свидетельствуют о необходимости контроля растительного сырья перспективных видов *Carduus nutans* L. и *Carduus acanthoides* L. на содержание общей золы, макро- и микроэлементов. Впервые установлено накопление и количественное содержание 15 основных неорганических элементов, из которых 10 являются эссенциальными. Значительное содержание эссенциальных неорганических элементов в листьях и соцветиях позволяет рекомендовать растения как перспективные источники для получения комплексных фитопрепаратов с гепатозащитной и антиоксидантной активностью.

Ключевые слова: атомно-эмиссионная спектроскопия, соцветия, листья, чертополох поникший, чертополох акантовидный, неорганические элементы.

Актуальные вопросы фармацевтической и медицинской науки и практики. – 2017. – Т. 10, № 1(23). – С. 42–48

The investigation of inorganic elements composition in *Carduus nutans* L. and *Carduus acanthoides* L. flores and leaves

T. I. Balanchuk, A. V. Mazulin, T. V. Oproshanska, G. V. Mazulin

Aim. The flowers and plant leaves of *Carduus nutans* L. and *Carduus acanthoides* L. during flowering are perspective for identification, investigation and quantitative assay of biologically active inorganic elements by atomic emission spectroscopy (AES) methods.

Methods and materials. Accumulation of inorganic macro- and microelements in flowers and leaves of genus *Carduus* L. of Ukraine flora: *Carduus nutans* L. and *Carduus acanthoides* L. has been studied. Drying was conducted on setting "Termolab SNOL 24/350" (Україна), ($t = 40^\circ\text{C}$) 15 hours. The atomic emission spectroscopy (AES) method by DFS-4 with IBC-28, has been used for research.

Results. The content of 15 macro- and microelements has been determined in flowers and leaves of *Carduus nutans* L. and *Carduus acanthoides* L. Sufficiently high content of macro- and microelements (K, Ca, Mg, Fe) has been noted. Flowers and leaves of *Carduus nutans* L., *Carduus acanthoides* L. contain the inorganic element (Sr) in chronic values; the inorganic elements (Pb, Co, Cd, As, Hg) in insignificant concentrations.

Conclusions. The flowers and plant leaves of *Carduus nutans* L., *Carduus acanthoides* L. are perspective for inorganic elements (K, Ca, Mg, Fe) determinations by atomic emission spectroscopy (AES) methods. The inorganic chemical elements are required for normal human life and the hepatoprotective and antioxidant effects of herbal extracts. The accumulation of inorganic elements (Sr, Ni, Pb, Co, Cd, As, Hg) does not exceed the permissible levels of toxic. The parts of *Carduus* L. genus: *Carduus nutans* L. and *Carduus acanthoides* L. are important medicinal plants for identification and quantitative assay of toxically inorganic elements.

Key words: atomic emission spectroscopy, flowers, plant leaves, *Carduus nutans* L., *Carduus acanthoides* L., inorganic chemicals.

Current issues in pharmacy and medicine: science and practice 2017; 10 (1), 42–48

У сучасному світі суттєво збільшилась кількість населення з різноманітними ураженнями та патологіями печінки. Кількість хворих цієї групи постійно зростає та перевищує поширення серцево-судинних порушень і ВІЛ-інфекції. Передусім це пов'язано з постійним погіршенням екологічного стану довкілля, незбалансованими і неякісними харчуваннями, потраплянням до організму людини різноманітних небезпечних гепатотоксичних речовин [8].

У профілактиці та лікуванні захворювань печінки вагомим біологічним фактором мають неорганічні елементи та мінеральні речовини на їхній основі. Для нормального функціонування організму людини потрібно, щоб з їжею та питною водою постійно надходило до 70 макро- та мікронеорганічних елементів, із них 43 є есенціальними [3,12]. Вони беруть участь у всіх біохімічних процесах організму, м'язових скороченнях, визначають стан

системи згортання крові та є необхідним компонентом органів і тканин.

Потрібно постійно підтримувати в організмі необхідний рівень незамінних макро- та мікроелементів, що містяться у складі харчових продуктів, мінеральних або мінерально-вітамінних комплексів, лікарських рослин, засобів на їхній основі.

Печінка бере безпосередню участь в обміні мінеральних речовин, виробляє складні білкові, жирові та вуглеводневі комплекси цих речовин із неорганічними елементами, що забезпечують транспортування деяких гормонів, згортання крові та інші функції [8,9].

Лікарська рослинна сировина (ЛРС), фітопрепарати, мінеральні або мінерально-вітамінні комплекси природного походження містять різноманітні неорганічні елементи, котрі відрізняються своєю фізіологічною та біологічною дією на організм людини та високою активністю в окислювально-відновних реакціях.

Неорганічні елементи, котрі входять до складу ЛРС, найчастіше присутні у формі складних комплексів із різноманітними БАР органічної природи (ферменти, гормони, вітаміни) та постійно впливають на їхній біосинтез. Похідні неорганічних елементів – мінеральні речовини в організмі людини беруть участь у багатьох хімічних реакціях: каталітичних, регуляторних, окислювальних, відновних. Це – складова частина тканин і клітин, які забезпечують протікання пластичних процесів, активування ферментної системи, потенціювання біологічної дії вітамінів, синтез найважливіших сполук. Вони необхідні для лікування й профілактики багатьох захворювань печінки, що виникають під час порушення макро- та мікроелементного балансу організму людини, підвищення її захисних функцій [3,9,12].

За сучасними науковими дослідженнями, до 15 макро- та мікронеорганічних елементів для людини є есенціальними (життєво необхідними). Це насамперед кальцій (Ca), купрум (Cu), ферум (Fe), калій (K), магній (Mg), манган (Mn), цинк (Zn), кобальт (Co), фосфор (P), селен (Se), хром (Cr), молібден (Mo) тощо, які суттєво впливають на нормальну життєдіяльність організму. ЛРС має здатність накопичувати ці важливі неорганічні елементи та може використовуватися для лікування, профілактики захворювань печінки, що пов'язані з порушенням балансу макро- та мікроелементів [3,9].

Слід відзначити, що деякі токсичні неорганічні елементи, що накопичуються рослинами, у високих концентраціях небезпечні та можуть негативно впливати на стан печінки, здоров'я людини в цілому [2,10,14].

Широко відомий у світі та народній медицині України рід *Carduus* L. родини *Asteraceae* (айстрові) нараховує до 120 видів, котрі поширені у країнах Європи, Азії, Північної Африки, Туреччині, США, Канаді, Китаї, Аргентині, Австралії, Новій Зеландії тощо [11,13, 17–19].

В умовах України росте до 30 основних представників роду, але найпоширенішими по всій території країни є будяк акантовидний (*Carduus acanthoides* L.) і б. пониклий (*Carduus nutans* L.). Рослини постійно зустрічаються

в різних регіонах обабіч доріг, полів, на сухих пагорбах, пустирях, пасовищах, засмічених місцях [11].

Встановлено, що суцвіття та листя рослин містить у своєму складі флавоноїди, гідроксикоричні, органічні та амінокислоти, кумарини, неорганічні елементи, ефірну олію із сесквітерпеновими лактонами в її складі [7,15,16].

У сучасній народній медицині настій із трави видів роду *Carduus* L. (1:10) широко застосовують як гепатозахисний, протизапальний, протипухлинний засіб. Відвар коренів (1:10) виявляє заспокійливу, протипухлинну дію, його призначають при епілепсії [7,16].

Практично необмежений біологічний сировинний запас *Carduus acanthoides* L., *Carduus nutans* L. є перспективним для заготівлі, одержання та медичного застосування сучасних лікарських засобів, у тому числі у формі фітопрепаратів.

Накопичення неорганічних елементів у рослинній сировині видів роду *Carduus* L. до нашого часу практично не досліджене й з цього питання немає відповідних наукових даних у доступній літературі. Встановлення їхнього вмісту під час цвітіння має суттєве значення для заготівлі високоякісної рослинної сировини та отримання фітопрепаратів на її основі. До того ж необхідно постійно контролювати цей показник у зв'язку з не завжди сприятливими умовами заготівлі досліджуваних видів.

Зважаючи на широкий спектр біологічної дії неорганічних елементів, його важливість для терапевтичної дії досліджуваної рослинної сировини *Carduus acanthoides* L., *Carduus nutans* L., здійснено визначення якісного складу та кількісного вмісту цих речовин за методикою атомно-емісійної спектроскопії (АЕС) на приладі ДФС-8 (атомізатор ІВС-28). Метод заснований на вибірковому визначенні електромагнітного випромінювання атомів хімічного елемента, що перебувають у газовому або пароподібному стані [1,14]; дає змогу за відносно нетривалий термін здійснювати швидке, високоінформативне, одночасне визначення 40–50 неорганічних елементів із доволі високою межею ідентифікації (5×10^{-3} – 8×10^{-5} %). Відрізняється високою чутливістю, швидкістю та вибірковістю [1,4,10,14].

Мета роботи

Дослідження методом АЕС (AES) якісного складу та кількісного вмісту неорганічних елементів під час цвітіння в суцвіттях і листях перспективних видів: *Carduus nutans* L. і *Carduus acanthoides* L.

Матеріали і методи дослідження

Об'єкт дослідження – суцвіття та листя будяка пониклого та б. акантовидного, що заготовлені в різних регіонах України під час цвітіння (травень–серпень 2013–2015 рр.), відповідно до загальних вимог ДФУ (дод. 1.2) [6]. Сушіння здійснили в сушильній шафі «Termolab СНОЛ 24/350» (Україна) ($t = 40$ °C) протягом 15 год.

Для аналізу застосовували атомно-емісійний спектрометр ДФС-8 з атомізатором ІВС-28. Для ідентифі-

кації та кількісного визначення елементного складу досліджуваної рослинної сировини використовували відповідні смуги поглинання за стандартними зразками (нм): 196,0 (Se); 213,9 (Zn); 223,1 (Bi); 228,8 (Cd); 232,0 (Ni); 240,7 (Co); 248,3 (Fe); 249,7 (B); 257,0 (Hg); 279,5 (Mn); 283,3 (Pb); 285,2 (Mg); 286,3 (Sn); 309,3 (Al); 313,3 (Mo); 318,4 (V); 324,7 (Cu); 328,1 (Ag); 357,9 (P); 357,9 (Cr); 365,0 (As); 422,6 (Ca); 460,0 (Sr); 589,0 (Na); 706,5 (K).

Як основу для приготування робочих стандартних зразків (РСЗ) використали суміш оксидів і солей металів, що була ідентичною складу різотрав'я. Для приготування 200,0 використовували такі наважки речовин (г): Na_2SO_4 – 50; KH_2PO_4 – 50; K_2SO_4 – 40; CaCO_3 – 40; SiO_2 – 36; KCl – 14; MgO – 10. Усі речовини ретельно змішували, прокалювали у кварцових тиглях у муфельній печі ($t = 500^\circ\text{C}$) протягом 5 год.

Використовували такий інтервал вмісту (мас. %) до озоління: Sr від (1×10^{-2} –1,0); V, Mo, Co, Cr (2×10^{-4} – 1×10^{-2}); Mn (2×10^{-4} –1,0); Ni, Pb, Ca, Ag, Sn (5×10^{-4} – 1×10^{-2}); Cu (1×10^{-4} – 5×10^{-2}); Cd (5×10^{-3} – 1×10^{-2}); Ti від 5×10^{-4} –1; Zn від (1×10^{-2} –2,0). Температура вимірювання ($t = 23$ – 25°C).

Пробопідготовка: майже 0,3 г висушеної рослинної сировини (точна наважка) подрібнювали до порошкоподібного стану. Вносили у кварцовий тигель, додавали 10 мл 5 % розчину кислоти сульфатної, висушували ($t = 105^\circ\text{C}$) до постійної маси. Тиглі вносили до муфельної печі на 5 год ($t = 500^\circ\text{C}$), охолоджували, зважували. Розчиняли в кислоті сульфатній розведеної, вносили у кювети до електротермічного атомізатора приладу.

Атомізацію проб здійснили на графітових електродах пристрою ІВС-28 у розряді дуги змінного струму ($I = 16$ А,

$U = 220$ в, $t = 60$ с). Спектри реєстрували за допомогою спектрографа ДФС-8 (дифракційна решітка 600 шт/мм при тринізній системі освітлювання щілини). Інтенсивність ліній у спектрах фіксували мікрофотометром МФ-4 ($\lambda = 196$ – $706,5$ нм).

Паралельно виконали дослід порівняння з аналогічними реактивами. Перед наступним аналізом прилад ретельно промивали розчином порівняння та реєстрували початкове значення приладу.

Для досліджуваних хімічних елементів за результатами аналізів розраховували різницю в затемненні ліній емісії та фону. За допомогою калібрувального графіка визначали кількісний вміст хімічного елемента (%) до основи. Результати опрацювали методом математичної статистики з застосуванням ліцензійної програми «Statistica 6.0 for Windows» (StatSoft Inc., № AXXR712D833214FANS). Вірогідність відмінностей величин концентрацій оцінювали за t -критерієм Стьюдента ($p > 95\%$) [5]. Результати досліджень наведені в *таблицях 1, 2*.

Результати та їх обговорення

Методом АЕС (AES) у суцвіттях і листях *Carduus nutans* L., *Carduus acanthoides* L., що зібрані під час цвітіння (травень–серпень 2015 р.) в умовах України, встановили присутність 15 неорганічних елементів, із яких 10 (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Zn, Co, P, Mo) є есенціальними. Результати досліджень наведені в *таблицях 1, 2*.

У переважних концентраціях неорганічні елементи накопичувались у листі *Carduus nutans* L. (мг/100 г), макроелементи: Ca ($1000,00 \pm 95,20$), K ($305,0 \pm 36,60$), Mg ($310,00 \pm 79,30$), P ($110,0 \pm 14,30$), Si ($100,00 \pm 12,20$), Na ($61,00 \pm 7,32$); а також мікроелементи: Fe ($61,00 \pm 7,93$), Zn ($11,00 \pm 1,32$), Al ($5,50 \pm 0,51$).

Таблиця 1. Вміст неорганічних елементів у рослинній сировині *Carduus nutans* L., що заготовлена в м. Токмак Запорізької області (травень–серпень 2015 р.), мг на 100 г ($x \pm \Delta \bar{x}$), $\mu = 6$

№ п/п	Назва елемента	(λ , нм)	Суцвіття	Листя
1	Цинк (Zn)	213,9	$6,00 \pm 0,75$	$11,00 \pm 1,32$
2	Кадмій (Cd)	228,8	< 0,01	< 0,01
3	Нікель (Ni)	232,0	$0,15 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$
4	Кобальт (Co)	240,7	< 0,03	< 0,03
5	Ферум (Fe)	248,3	$36,00 \pm 4,35$	$61,00 \pm 7,93$
6	Силіцій (Si)	251,6	$90,00 \pm 11,70$	$100,00 \pm 12,20$
7	Меркурій (Hg)	257,0	< 0,01	< 0,01
8	Манган (Mn)	279,5	$0,70 \pm 0,08$	$0,99 \pm 0,09$
9	Магній (Mg)	285,2	$180,00 \pm 23,41$	$310,00 \pm 79,30$
10	Плюмбум (Pb)	283,3	< 0,03	< 0,03
11	Алюміній (Al)	309,3	$2,00 \pm 0,18$	$5,50 \pm 0,51$
12	Молибден (Mo)	313,3	$0,06 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,02$
13	Купрум (Cu)	324,7	$1,80 \pm 0,22$	$1,50 \pm 0,18$
14	Фосфор (P)	357,9	$60,00 \pm 7,80$	$110,00 \pm 14,30$
15	Арсен (As)	365,0	< 0,01	< 0,01
16	Кальцій (Ca)	422,6	$540,00 \pm 64,80$	$1000,00 \pm 95,20$
17	Стронцій (Sr)	460,0	$1,80 \pm 0,22$	$3,70 \pm 0,44$
18	Натрій (Na)	589,0	$30,00 \pm 3,60$	$61,00 \pm 7,32$
19	Калій (K)	706,5	$180,00 \pm 21,60$	$305,00 \pm 36,60$
Маса золи(%)			$5,97 \pm 0,56$	$12,14 \pm 1,19$

Таблиця 2. Вміст неорганічних елементів у рослинній сировині *Carduus acanthoides* L., що заготовлена в м. Токмак Запорізької області (червень–липень 2015 р.), мг на 100 г ($\bar{x} \pm \Delta \bar{x}$), $\mu = 6$

№ п/п	Назва елемента	(λ , нм)	Суцвіття	Лист
1	Цинк (Zn)	213,8	3,80 ± 0,44	10,20 ± 1,22
2	Кадмій (Cd)	227,8	<0,01	<0,03
3	Нікель (Ni)	231,0	0,05 ± 0,01	0,10 ± 0,01
4	Кобальт (Co)	240,6	<0,01	<0,01
5	Ферум (Fe)	248,1	12,00 ± 1,56	35,00 ± 4,55
6	Силіцій (Si)	251,6	48,00 ± 5,76	95,00 ± 8,60
7	Меркурій (Hg)	257,0	<0,01	<0,01
8	Манган (Mn)	278,4	0,40 ± 0,03	0,98 ± 0,08
9	Магній (Mg)	283,1	145,00 ± 18,85	255,00 ± 30,60
10	Плюмбум (Pb)	284,4	<0,03	<0,03
11	Алюміній (Al)	308,2	4,40 ± 0,39	5,30 ± 0,50
12	Молібден (Mo)	312,4	0,05 ± 0,01	0,10 ± 0,01
13	Купрум (Cu)	323,6	1,00 ± 0,13	0,80 ± 0,10
14	Фосфор (P)	357,9	57,00 ± 6,84	99,00 ± 8,63
15	Арсен (As)	365,0	<0,01	<0,01
16	Кальцій (Ca)	421,6	480,00 ± 57,60	1000,00 ± 99,50
17	Стронцій (Sr)	460,0	0,50 ± 0,06	1,50 ± 0,20
18	Натрій (Na)	589,0	24,00 ± 3,12	41,00 ± 5,33
19	Калій (K)	706,5	96,00 ± 9,80	255,00 ± 28,15
Маса золи (%)			4,85 ± 0,58	10,18 ± 1,32

Для листя *Carduus acanthoides* L. спостерігали аналогічну тенденцію. Переважно накопичувались макроелементи (мг/100 г): Ca (1000,00 ± 99,50), K (255,00 ± 28,15), Mg (255,00 ± 30,60), P (99,00 ± 8,63), Si (95,00 ± 8,60), Na (41,00 ± 5,33); а також мікроелементи: Fe (35,00 ± 4,55), Zn (10,20 ± 1,22), Al (5,30 ± 0,50).

Вміст неорганічних елементів у суцвіттях рослин, що досліджували, був меншим за листя, але тенденція щодо накопичення окремих із них повністю зберігалась. У суцвіттях *Carduus nutans* L. (мг/100 г) присутні макроелементи: Ca (540,00 ± 64,80), K (180,00 ± 21,60), Mg (180,00 ± 23,41), Si (90,00 ± 11,70), P (60,00 ± 7,80), Na (30,00 ± 3,60); а також мікроелементи: Fe (36,00 ± 4,35), Zn (6,00 ± 0,75), Al (2,00 ± 0,18).

У дещо менших концентраціях спостерігали накопичення в суцвіттях *Carduus acanthoides* L. мікроелементів (мг/100 г): K (96,00 ± 9,80), Ca (480,00 ± 57,60), Mg (145,00 ± 18,85), Si (48,00 ± 5,76), P (57,00 ± 6,84), Na (24,00 ± 3,12); а також мікроелементів: Fe (12,00 ± 1,56), Al (4,40 ± 0,39), Zn (3,80 ± 0,44).

Накопичення токсичних неорганічних елементів (Cd, Co, Hg, Pb, As) не було характерним для досліджуваної рослинної сировини та становило (<0,01–0,03 мг/100 г) або в межах гранично допустимих концентрацій ГПК (Sr) (0,50 ± 0,06–3,70 ± 0,44 мг/100 г), що рекомендовані органами санітарно-епідеміологічної служби для харчо-

вих продуктів і питної води [9,10].

Зольність для зразків, що досліджували, практично не відрізняється між видами. Вона була вищою в листі (до 12,14 ± 1,19%), ніж у суцвіттях (5,97 ± 0,56%).

Здійснені експерименти свідчили про доцільність контролю рослинної сировини перспективних видів *Carduus nutans* L. і *Carduus acanthoides* L. на вміст загальної золи та макро- й мікроелементів.

Склад і вміст неорганічних елементів свідчить про їхній вплив на біологічну активність лікарських засобів із трави досліджуваних видів за прояву гепатозахисної та антиоксидантної дії.

Висновки

1. Дослідили якісний склад і кількісний вміст неорганічних елементів у суцвіттях і листі *Carduus nutans* L. і *Carduus acanthoides* L. під час цвітіння.

2. Уперше встановили присутність і кількісний вміст 15 основних неорганічних елементів, із них 10 є есенціальними.

3. Значний вміст есенціальних неорганічних елементів у листях і суцвіттях *Carduus nutans* L. і *Carduus acanthoides* L. дає можливість рекомендувати рослини як перспективне джерело для одержання комплексних фітопрепаратів із гепатозахисною та антиоксидантною дією.

Список літератури

- [1] Алемасова А.С. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия / А.С. Алемасова, А.Н. Рокун, И.А. Шевчук. – Севастополь : Вебер, 2003. – 327 с.
- [2] Біохімія рослин : навчальний посібник / М.М. Сирий, М.М. Кулешов, Н.М. Гаджиева та ін. ; Харк. нац. аграр.

ун-т ім. В.В. Докучаєва. – Х. : ПБВ ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 2006. – 175 с.

- [3] Дереча Л.М. Макро- та мікроелементи: сучасні уявлення про їх функціональне значення в теплокровному організмі / Л.М. Дереча, В.В. М'ясоєдов // Експериментальна та клінічна медицина. – 2007. – №4. – С. 21–25.

- [4] Державна Фармакопея України / Держ. п-во «Науково-експертний фармакопейний центр». – 1-е вид. – X. : PIPEГ, 2004. – 556 с.
- [5] Державна Фармакопея України. Доповнення 1 / Держ. п-во «Науково-експертний фармакопейний центр». – 1-е вид. – X. : PIPEГ, 2004. – 520 с.
- [6] Державна Фармакопея України. Доповнення 2 / Держ. п-во «Науково-експертний фармакопейний центр». – 1-е вид. – X. : PIPEГ, 2004. – 617 с.
- [7] Кьосев П.А. Лекарственные растения: самый полный справочник / П.А. Кьосев. – М. : Эксмо-Пресс, 2011. – 939 с.
- [8] Литвинова Е.В. Гепатопротекторы растительного происхождения в лечении заболеваний печени / Е.В. Литвинова // Фітотерапія. Часопис. – 2007. – №3. – С. 75–80.
- [9] Минеральные вещества – основа снижения антропогенного воздействия окружающей среды на организм человека / А.А. Ефремов, Л.Г. Макаров, Н.В. Шагалова, Г.Г. Первышина // Химия растительного сырья. – 2002. – №3. – С. 65–68.
- [10] Определение содержания тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье / И.В. Гравель, Н.В. Петров, И.А. Самылина и др. // Фармация. – 2008. – №7. – С. 3–5.
- [11] Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброчаева, Ю.Н. Прокудин, М. И. Котов и др. – К. : Наук.думка, 1987. – 548 с.
- [12] Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А.В. Скальный. – М. : ОНИКС 21 век : Мир, 2004. – 216 с.
- [13] Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России / Н.Н. Цвелев. – СПб. : Изд-во СПУВА, 2000. – 781 с.
- [14] Arsenic, cadmium and lead in medicinal herbs and their fractionation / S. Arpadjan, G. Çelik, S. Taşkesen, Ş. Güçer // Food and Chemical Toxicology. – 2008. – Vol. 46. – №8. – P. 2871–2875.
- [15] Dimitrova-Dyalgerova I. Phenolic profile and *in vitro* antioxidant activity of endemic Bulgarian *Carduus* species / I. Dimitrova-Dyalgerova, I. Zheley, D. Mihaylova // Pharmacognosy Magazine. – 2015. – Vol. 11. – №4. – P. 575–579.
- [16] Hepatoprotective effects of Turkish folk remedies on experimental liver injuri / G. Aktay, D. Deliorman, E. Ergun et al. // Journal of Ethnopharmacology. – 2000. – Vol. 73. – №1–2. – P. 121–129.
- [17] Rauschert E.S.J. Coexistence patterns of two invasive species, *Carduus nutans* and *C. acanthoides*, at three spatial scales / E.S.J. Rauschert, K. Shea, O.N. Bjornstad // Biol Invasions. – 2012. – Vol. 14. – №1. – P. 151–164.
- [18] Remote Distinction of a Noxious Weed (Musk Thistle: *Carduus nutans*) Using Airborne Hyperspectral Imagery and the Support Vector Machine Classifier / M. Mirik, R.J. Ansley, K. Steddom et al. // Remote Sensing. – 2013. – Vol. 5. – №2. – P. 612–630.
- [19] Verloone F. *Carduus acanthoides* (Asteraceae), a locally invasive alien species in Belgium / F. Verloone // Dumortiera. – 2014. – Vol. 105. – P. 23–28.
- znachennia v teplokrovnomu orhanizmi [Macro- and microelements: current understanding of their functional significance in the body of warm-blooded]. *Eksperymentalna ta klinichna medytsyna*, 4, 21–25. [in Ukrainian].
- [4] Derzhavne pidpriemstvo «Naukovo-ekspertnyi farmakopeinyi tsentr» (2004) *Derzhavna Farmakopeia Ukrainy [The state pharmacopeia of Ukraine]*. Harkiv [in Ukrainian].
- [5] Derzhavne pidpriemstvo «Naukovo-ekspertnyi farmakopeinyi tsentr» (2004) *Derzhavna Farmakopeia Ukrainy Dopovnennia 1 [The state pharmacopeia of Ukraine, Vol. 1]*. Harkiv [in Ukrainian].
- [6] Derzhavne pidpriemstvo «Naukovo-ekspertnyi farmakopeinyi tsentr» (2004) (2004). *Derzhavna Farmakopeia Ukrainy Dopovnennia 2 [The state pharmacopeia of Ukraine, Vol. 2]*. Harkiv [in Ukrainian].
- [7] K'osev, P. A. (2011). *Lekarstvennyye rasteniya: samyy polnyy spravochnyk [The medical plants. The most complete encyclopedia]*. Moscow: Eksmo-Press. [in Russian].
- [8] Litvinova, E. V. (2007). *Gepatoprotektory rastitel'nogo proiskhozhdeniya v lechenii zabojevanij pecheni [The hepatoprotective herbal drugs in treatment of liver diseases]. Fitoterapia. Chasopy*, 3, 75–80. [in Ukrainian].
- [9] Ephremov, A. A., Makarov, L. G., Shatalina, N. V., & Pervyshina, G. G. (2002). *Mineral'nye veshchestva – osnova snizheniya antropogennoho vozdejstviya okruzhayushej srede na organism cheloveka [Mineral substances are basis of decline of the anthropogenic effects to organism of man]. Himiya rastitel'nogo syr'ya*, 3, 65–68. [in Russian].
- [10] Gravel', I. V., Petrov, N. V., Samylyna, I. A., Rudakova, I. P., Yakovlev, G. P. & Stulovskij, S. S. (2008). *Opreделение soderzhaniya tyazhelysh metallov v lekarstvennom rastitel'nom syr'e [Determination of mineral substances content in medicinal herbs]. Farmaciya*, 7, 3–5 [in Russian].
- [11] Dobrochaeva, D. N., Kotov, M. I., Prokudin, J. N., et al. (1987). *Opredelitel' visshikh rastenij Ukrainy [Manual of higher plants of Ukraine]*. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian].
- [12] Scal'nyj, A. V. (2004). *Khimicheskie e'lementy v fiziologii i e'kologii cheloveka [The Chemical elements in physiology and ecology of man]*. Moscow: ONIKS 21 vek : Mir [in Russian].
- [13] Cvelev, N. N. (2000). *Opredelitel' sosudistyh rastenij Severo-Zapadnoj Rossii [Manual of the vascular plants of North-West Russia]*. Saint-Petersburg: iz-vo SPUVA. [in Russian].
- [14] Arpadjan, S., Çelik, G., Taşkesen, S., & Güçer Ş. (2008) Arsenic, cadmium and lead in medicinal herbs and their fractionation. *Food and Chemical Toxicology*, 46(8), 2871–2875. doi: 10.1016/j.fct.2008.05.027.
- [15] Dimitrova-Dyalgerova, I., Zheley, I., & Mihaylova, D. (2015) Phenolic profile and *in vitro* antioxidant activity of endemic Bulgarian *Carduus* species. *Pharmacognosy Magazine*, 11(4), 575–579. doi: 10.4103/0973-1296.172964.
- [16] Aktay, G., Deliorman, D., Ergun, E., Ergun, F., Yeşilada, E., & Cevik, C. (2000) Hepatoprotective effects of Turkish folk remedies on experimental liver injuri. *Journal of Ethnopharmacology*, 73(1–2), 121–129. http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00286-5.
- [17] Rauschert, E. S. J., Shea, K., & Bjornstad, O. N. (2012) Coexistence patterns of two invasive species, *Carduus nutans* and *C. acanthoides*, at three spatial scales. *Biol Invasions*, 14(1), 151–164. doi:10.1007/s10530-011-9992-z.
- [18] Mirik, M., Ansley, R. J., Steddom, K., David, C. J., Charles, M. R., et al. (2013) Remote Distinction of a Noxious Weed (Musk Thistle: *Carduus nutans*) Using Airborne Hyperspectral Imagery and the Support Vector Machine Classifier. *Remote Sensing*, 5(2), 612–630. doi: 10.3390/rs5020612.
- [19] Verloone, F. (2014) *Carduus acanthoides* (Asteraceae), a locally invasive alien species in Belgium. *Dumortiera*, 105, 23–28.

References

- [1] Alemasova, A. S. (2003). *Analiticheskaya atomno-absorbcionnaya spektroskopiya [The analytical atomic absorption spectroscopy]*. Sevastopol' : Veber. [in Ukrainian].
- [2] Syryj, M. M., Kulieshov, M. M., Hadzhiieva, N. M., et al. (2006). *Biokhimiia roslyn [The biochemistry of plants]*. Harkiv: Hark. nac. agrar. un-t im. V. V. Dokuchaieva. [in Ukrainian].
- [3] Derecha, L. M., & Miasoiedov, V. V. (2007) Makro- ta mikroelementy: suchasni uiavlennia pro yikh funktsionalne

Відомості про авторів:

Баланчук Т. І., асистент каф. фармації, Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова, Україна.
Мазулін О. В., д-р фарм. наук, професор, зав. каф. фармакогнозії, фармацевтичної хімії та технології ліків ФПО, Запорізький державний медичний університет, Україна.

Опрошанська Т. В., канд. фарм. наук, асистент каф. ботаніки, Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна.

Мазулін Г. В., канд. фарм. наук, асистент каф. фармакогнозії, фармакології та ботаніки, Запорізький державний медичний університет, Україна.

Сведения об авторах:

Баланчук Т. И., ассистент каф. фармации, Винницкий национальный медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Украина.

Мазулин А. В., д-р фарм. наук, профессор, зав. каф. фармакогнозии, фармацевтической химии и технологии лекарств ФПО, Запорожский государственный медицинский университет, Украина.

Опрошанская Т. В., канд. фарм. наук, ассистент каф. ботаники, Национальный фармацевтический университет, г. Харьков, Украина.

Мазулин Г. В., канд. фарм. наук, ассистент каф. фармакогнозии, фармакологии и ботаники, Запорожский государственный медицинский университет, Украина.

Information about authors:

Balanchuk T. I., Teaching Assistant, Department of Pharmacy, Vinnytsia State Pirogov Memorial Medical University, Ukraine.

Mazulin A. V., Dr.hab., Professor, Head of the Department of Pharmacognosy, Pharmaceutical Chemistry and Medicinal Preparations Technology of FPE, Zaporizhzhia State Medical University, Ukraine.

Oproshanska T. V., Ph.D., Teaching Assistant, Department of Botany, National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine.

Mazulin G. V., Ph.D., Teaching Assistant, Department of Pharmacognosy, Pharmacology and Botany, Zaporizhzhia State Medical University, Ukraine.

E-mail: balti-ka@yandex.ua, mazulalev@rambler.ru

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of Interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшло до редакції / Received: 15.09.2016

Після доопрацювання / Revised: 25.10.2016

Прийнято до друку / Accepted: 07.12.2016