

Original researches

Content of some essential mineral substances and heavy metals in wheat groats

V. H. Yefimov, K. O. Silvestrova, V. V. Kibalchenko

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Received: 20 April 2019

Revised: 29 April 2019

Accepted: 16 May 2019

Dnipro State Agrarian and Economic
University, Sergii Efremov Str., 25, Dnipro,
49600, Ukraine

Tel.: +38-067-727-55-75

E-mail: yefimov.v.h@dsau.dp.ua

Cite this article: Yefimov, V. H., Silvestrova, K. O., & Kibalchenko, V. V. (2019). Content of some essential mineral substances and heavy metals in wheat groats. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7(2), 59–62. doi: 10.32819/2019.71010

Abstract. The products of wheat processing remain for many peoples as one of the main sources of nutrients, essential minerals and heavy metals. Groats are the second largest product of wheat (after flour), and therefore it is expedient to determine the content of certain minerals in it. The purpose of the work was to determine the content of certain minerals in wheat groats and the level of heavy metals in it. To do this, samples of wheat groats of various types and brands were selected in the trading network: “Artek. Svoya liniya”, “Poltavska № 3. Zernari” and “Artek. Rozumnyj vybir”, in which determined the content of crude ash after dry mineralization, as well as calcium, phosphorus, magnesium, iron, manganese, cobalt, zinc, copper, lead and cadmium by atomic absorption and colorimetric methods. The determination of each indicator was performed in three parallel replications, and the difference between the obtained mean values was determined in accordance with the Duncan multiple test using the IBM SPSS Statistics 24.0 program. It was found that wheat groats “Artek” of different brands had no differences in the content of ash (1.27–1.32%), whereas in the groats “Poltavska № 3” was significantly lower the level of crude ash and phosphorus. It was determined that wheat groats of different brands and types did not differ according to the concentration of calcium (0.38–0.39 g/kg), magnesium (0.63–0.66 g/kg), iron (32.5–33.4 mg/kg) and manganese (17.4–20.5 mg/kg). The lowest content among investigated essential elements in wheat groats was found for cobalt, which varied in the range of 0.07–0.10 mg/kg. In the groats “Artek” concentration of copper and zinc did not differ significantly and was 3.96–4.48 mg/kg and 31.1–33.0 mg/kg, respectively. The lowest content of copper was in the groats “Poltavska № 3” – 2.58 mg/kg, as well as zinc – 16.2 mg/kg. In determining the level of heavy metals (lead – lower 0.19 mg/kg and cadmium lower 0.07 mg/kg) in the groats it is clarified that it does not exceed the level established by the national normative documents.

Keywords: macro-and microelements; ash; groats; wheat; lead; cadmium.

Уміст окремих есенціальних мінеральних речовин і важких металів у крупі пшеничній

V. H. Yefimov, K. O. Silvestrova, V. V. Kibalchenko

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

Анотація. Продукти переробки пшениці для значної частини людства залишаються одним з основних джерел поживних речовин, есенціальних мінеральних речовин і важких металів. Крупа є другим за величиною продуктом переробки пшениці (після борошна), тому визначення в ній окремих мінеральних речовин є актуальним. У роботі визначено вміст окремих есенціальних речовин і важких металів у крупі пшеничній. Для цього в торгівельній мережі були відібрані зразки зерна пшениці різних типів і марок: “Артек. Своя лінія”, “Полтавська №3. Зернари” і “Артек. Розумний вибір”. Визначали вміст сирової золи методом сухої мінералізації, а також Кальцій, Фосфор, Магній, Ферум, Манган, Кобальт, Цинк, Купрум, Плюмбум і Кадмій методами атомно-абсорбційного і колориметричного аналізу. Визначення кожного елемента виконували в трьох паралельних повторах, різницю між отриманими середніми значеннями визначали за допомогою множинного тесту Дункана з використанням програми IBM SPSS Statistics 24.0. Встановлено, що крупа пшенична “Артек” різних марок не мала відмінностей за вмістом золи (1,27–1,32%), тоді як у зерні крупі “Полтавська” був значно нижчий рівень сирової золи і Фосфору. З’ясовано, що крупа пшенична різних марок і видів не відрізнялася за концентрацією Кальцію (0,38–0,39 г/кг), Магнію (0,63–0,66 г/кг), Феруму (32,5–33,4 мг/кг) і Мангану (17,4–20,5 мг/кг). Найменший вміст серед досліджених есенціальних елементів у пшеничній крупі був характерний для Кобальту, який варіював у межах 0,07–0,10 мг/кг. У крупі “Артек” концентрація Купруму та Цинку істотно не відрізнялася і становила 3,96–4,48 мг/кг і 31,1–33,0 мг/кг, відповідно. Мінімальний вміст Купруму встановлено в крупі “Полтавська” – 2,58 мг/кг, аналогічно, як і Цинку – 16,2 мг/кг. При дослідженні важких металів (концентрація Плюмбуму була нижче 0,19 мг/кг і Кадмію – нижче 0,07 мг/кг) у крупі встановлено, що їх кількість не перевищує рівня, встановленого національними нормативними документами.

Ключові слова: макро- і мікроелементи; зола; круп’яні вироби; пшениця; Плюмбум; Кадмій.

Вступ

Достатність поживних речовин для організму є основою міцного здоров'я, продуктивного життя та довголіття людей (Welch, 2002). Водночас, у своєму харчовому наборі сучасне населення України віддає перевагу дешевим продуктам, що відрізняються низькими показниками біологічної повноцінності (Mytchenok & Nigaeva, 2013). Серед окремих мікронутрієнтів мінеральні речовини мають одне із провідних значень для людини та тварин (Soetan et al., 2010; Yefimov et al., 2017a). За деякими оцінками їх дефіцит спостерігають у близько 2 млрд осіб у світі, в першу чергу, стосовно заліза та цинку (Velu et al., 2014). Водночас, населення, що споживає переважно зернові продукти, або населяють райони, де спостерігається дисбаланс мінералів у ґрунтах, часто відчуває дефіцит Fe, Zn, Ca, Mg, Cu, I або Se (Hussain et al., 2010; Soetan et al., 2010; Velu et al., 2014).

У Великобританії пшеницю вважають важливим джерелом мінералів таких як Ферум, Цинк, Купрум і Магній. Показано, що концентрація цих елементів залишалася стабільною між 1845 і середині 1960-х років, але з того часу значно зменшилася, що збіглося з виведенням напівкарликових, високоврожайних сортів (Fan et al., 2008). Відомо, що органічно вирощені зернові культури містять значно більше вітаміну С, Феруму, Магнію і Фосфору, а також значно менше нітратів, ніж звичайні культури, на тлі меншої концентрації деяких важких металів (Worthington, 2004).

Традиційні підходи до забезпечення населення мінеральними речовинами за рахунок додаткового внесення до складу харчових продуктів не завжди є успішними. Альтернативним рішенням є збільшення концентрації мінералів у харчових культурах, тобто, "біофортificaція" (White & Broadley, 2005). Це можливо досягти шляхом внесення мінеральних добрив або ж селекції рослин. Істивні рослини, біофортифіковані мінералами, можна використовувати в якості мінеральних харчових добавок, які забезпечують високий ступінь біодоступності порівняно з неорганічними формами (Elless et al., 2000).

Питання біофортificaції окремих продовольчих культур за мінеральними речовинами, дослідження їх рівня в продуктах харчування в Україні віднімається все частіше, проте, більше стосується вивчення гречихи та продуктів її переробки (Dubinina et al., 2014; Yefimov et al., 2017b). Окремі дані наявні в літературі щодо мінерального складу пшениці та отриманих із неї продуктів переробки є недостатні (Drobot et al., 2014), особливо, стосовно круп пшеничної, що займає в раціоні харчування українців значну частку. Тому метою роботи було встановити вміст окремих мінеральних речовин і рівень важких металів у крупі пшеничній.

Матеріал і методи досліджень

Для визначення вмісту окремих есенціальних мінеральних речовин у крупі пшеничній відібрано у торговельній мережі зразки продукту різних видів і торговельних марок: "Артек.

Своя Лінія", "Полтавська № 3. Зернарі" та "Артек. Розумний вибір" (по 5 зразків різних партій кожного виду масою по 1 кг). Із загальної проби для подальших досліджень методом квартування було відібрано середню пробу. В середніх пробах проводили визначення вмісту мінеральних речовин бази Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Уміст сирової золи визначали після сухого озолення в муфельній печі за температури +550 °С. Попередньо зразки пшеничної крупі подрібнювали на лабораторному млині ЛЗМ-1, для мінералізації відбирали наважки масою близько 5 г, які поміщали в порцелянові тиглі. Масу отриманої золи зважували та після обробки кількісно переносили в розчин, який у подальшому використовували для визначення вмісту мінеральних речовин.

Рівень Фосфору визначали фотометрично за кольоровою реакцією з молібдатом амонію та аскорбіновою кислотою (Gavylin et al., 2012). Уміст інших мікроелементів визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії з атомізацією в газовій суміші ацетилен-повітря на AAC Selmi S-115 FCM (Havezov & Calev, 1983).

Визначення кожного показника проводили в трьох паралельних повтореннях. Різницю між отриманими середніми значеннями встановлювали за множинним тестом Дункана для однофакторного дисперсійного аналізу з використанням програми IBM SPSS Statistics 24.0 (Bjujul' & Cjofel', 2005). У наведених таблицях середні значення, помічені однаковими літерами, між собою суттєво не відрізняються (за рівнем значимості $\alpha = 0,05$).

Результати

Проведені результати свідчать, що крупа пшенична виду "Артек" різних торговельних марок не мала відмінностей за вмістом золи (табл. 1).

У крупі виду "Полтавська № 3. Зернарі" сумарний уміст мінеральних речовин у вигляді зольного залишку був вірогідно нижчим, порівняно з іншими видами та торговельними марками. Рівень Фосфору виявився нижчим, відповідно на 13,6 і 7,5%, порівняно з крупами "Артек" різних торговельних марок. За Кальцієм і Магнієм у крупах різних торговельних марок і видів різниці не встановлено.

Уміст основних есенціальних мікроелементів у зразках різних круп суттєвої різниці не мав. Зокрема, рівень Феруму в різних досліджених крупах знаходився у достатньо вузькому діапазоні та становив 32,5–33,4 мг/кг. Дещо більші відмінності встановлено стосовно рівню Мангану, проте вірогідних розбіжностей не виявлено.

Серед усіх есенціальних мікроелементів у пшеничній крупі найнижчим був уміст Кобальту, який знаходився у відносно вузькому діапазоні 0,07–0,10 мг/кг. Найбільша його концентрація виявлена в крупі "Артек" торговельної марки "Розумний вибір" відповідно на 42,8 і 25,0%, порівняно з крупами "Артек.

Таблиця 1. Показники мінерального складу пшеничної крупі

Показники	Вид крупі		
	"Артек. Своя Лінія"	"Полтавська № 3. Зернарі"	"Артек. Розумний вибір"
Зола, %	1,32 ^a	1,20 ^b	1,27 ^a
Кальцій, г/кг	0,39 ^a	0,38 ^a	0,39 ^a
Фосфор, г/кг	2,42 ^a	2,09 ^b	2,26 ^a
Магній, г/кг	0,66 ^a	0,63 ^a	0,64 ^a
Ферум, мг/кг	33,4 ^a	32,8 ^a	32,5 ^a
Манган, мг/кг	18,2 ^a	20,5 ^a	17,4 ^a
Кобальт, мг/кг	0,07 ^a	0,08 ^a	0,10 ^b

Таблиця 2. Рівень окремих важких металів у крупі пшеничній

Показники	Вид крупи			МДР
	“Артек. Своя Лінія”	“Полтавська № 3. Зернарі”	“Артек. Розумний вибір”	
Купрум, мг/кг	4,48 ^a	2,58 ^b	3,96 ^a	10,0
Цинк, мг/кг	33,0 ^a	16,2 ^b	31,1 ^a	50,0
Плюмбум, мг/кг	0,11 ^a	0,19 ^b	0,17 ^b	0,20
Кадмій, мг/кг	0,05 ^a	0,05 ^a	0,07 ^a	0,10

Своя Лінія” і “Полтавська № 3. Зернарі”.

Таким чином, серед досліджених різних видів і торговельних марок круп пшеничної спостерігаються певні відмінності мінерального складу: нижчий уміст золи в пшеничній крупі “Полтавська № 3. Зернарі” з меншим рівнем Фосфору, а також вищий уміст Кобальту в крупі “Артек. Розумний вибір”.

Дослідження рівня важких металів у даних крупах показує, що всі вони відповідали вимогам Наказу Міністерства охорони здоров’я України № 368 від 13.05.2013 р. “Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм. Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах”, а також “Медико-біологічним вимогам і санітарним нормам якості продовольчої сировини і харчових продуктів” (№5061-89 від 01.08.89 р).

Найнижчу кількість Купруму виявили в крупі пшеничній “Полтавська № 3. Зернарі”, його уміст був нижчим, відповідно на 42,4 і 34,8%, порівняно з крупами “Артек” торговельних марок “Своя лінія” і “Розумний вибір” (табл. 2)

Уміст Цинку був приблизно удвічі нижчим у крупі “Полтавська № 3. Зернарі”, порівняно з крупами “Артек”. Тобто, за рівнем есенціальних елементів, що входять до складу важких металів, пшенична крупа “Полтавська № 3. Зернарі” виявилася на них менш збагаченою.

Рівень Кадмію не мав вірогідної різниці в досліджених крупах і максимально досягав 0,07 мг/кг, що відповідає вимогам національних нормативних документів. Уміст Плюмбуму в крупі “Полтавська № 3. Зернарі” та “Артек. Розумний вибір” був вірогідно вищий, порівняно з крупною торговельної марки “Своя лінія”, відповідно в 1,73 і 1,54 рази та не перевищував максимально допустимого рівня.

Обговорення

Дослідження концентрації мінеральних елементів у зерні пшениці та продуктах його переробки важливі для здоров’я людини, а найбільше значення при цьому має рівень Феруму і Цинку (White & Broadley, 2005; Zhang et al., 2010).

Масштабні дослідження, проведені в різних країнах, показують, що вміст мінеральних речовин у різних сортах пшениці може суттєво варіювати (Oury et al., 2006; Ficco et al., 2009; Zhang et al., 2010). Аналогічно рівень окремих мінеральних речовин у ярої пшениці (B, Cu, Fe, Zn, Ca, S і K) є вищим, порівняно з озимією (Hussain, 2010).

Порівнюючи отримані нами дані з літературними, слід відзначити, що вміст Феруму і Цинку співпадає з результатами, отриманими Zhang et al., (2010), у дослідженнях, яких рівень Fe і Zn коливався в діапазоні від 28,0 до 65,4 мг/к і від 21,4 до 58,2 мг/кг для Fe і Zn відповідно, при середніх значеннях 39,2 і 32,3 мг/кг. Попри те, що нижчий рівень Цинку в крупі “Полтавська № 3. Зернарі” (19,6 мг/кг) порівняно з даними, отриманими в умовах Китаю, необхідно відзначити, що Oury et al., (2006) у своїй роботі отримав коливання вмісту Цинку від 15 до 35 мг/кг.

У наших дослідженнях уміст Кальцію був достатньо стабільним незалежно від виду та торговельної марки пшеничної крупи. Отримані дані відповідали літературним, згідно яких уміст Кальцію в різних сортах пшениці коливається в межах 25,1–53,5 мг/100 г (Akhtera, 2012). Аналогічно наші дані співпали і щодо рівню Магнію, хоча, порівняно з літературними даними (Oury et al., 2006), концентрація цього елемента знаходилася на відносно низькому рівні (від 600 до 1400 мг/кг). У той же час, ці дослідники зазначають, що існує негативний кореляційний зв’язок між врожайністю пшениці та концентрацією Магнію.

Серед усіх досліджених макроелементів найвищим результатом відрізнявся вміст Фосфору – від 2,09 до 2,42 мг/кг. У той же час, за даними Akhtera et al., (2012), уміст Фосфору в зерні пшениці знаходився в межах 298–314 мг/100 г, що дещо більше від отриманих нами даних. Водночас, слід підкреслити, що зернові культури містять високі рівні фітинової кислоти, які пригнічують абсорбцію окремих мінеральних речовин, зокрема, Феруму, Цинку, Кальцію і Мангану. В результаті цього засвоєння Феруму може становити 2–3% з каші на основі цілнозернових злаків за рівня фітинової кислоти 1 г/100 г (Hurrell, 2003).

Визначення кількості Купруму встановило його уміст у пшеничній крупі на рівні 2,58–4,48 мг/кг, що незначно вище, порівняно з даними, отриманими Taylor et al., (1995) у зерні пшениці. Концентрація Мангану була нижчою майже вдвічі порівняно з даними, що наводять Al-Gahri & Almussali, (2008). Водночас, залежно від типу ґрунтів, уміст Мангану в насінні пшениці може коливатися від 0,33 до 60 мг/кг (McCaу-Buis et al., 1995).

Уміст важких металів, зокрема Плюмбуму та Кадмію, відповідав вимогам, встановленим у країнах Єврозою та співпадав з даними, наведеними в літературі (Zhao et al., 1994; Li et al., 2011). Очевидно, що їх концентрація в зерні є показником екологічної ситуації в місцях вирощування зерна пшениці та залежить від умісту Кадмію в ґрунтах, поверхневого забруднення Плюмбумом, а також від надходження Нітрогену до вегетативних частин рослин.

Отже, за більшістю досліджених показників мінеральний склад круп пшеничної відповідає рівню окремих хімічних елементів у зерні пшениці. Проте, вміст окремих елементів був меншим від описаних у літературі, в першу чергу, стосовно рівню Мангану, Магнію та Фосфору. На нашу думку, подібні розбіжності можуть бути пов’язані з етапом технологічної обробки пшениці під час виготовлення круп, адже тоді зерно позбавляється оболонки, що може приводити до втрати близько 30% мінеральних речовин (Pedersen & Eggum, 1983).

Висновки

У досліджених зразках круп пшеничної вміст основних есенціальних мінеральних речовин (Ca, Mg, Fe і Mn) не мав суттєвої різниці, тоді як P, Cu і Zn був нижчим у крупі виду “Полтавська №3. Зернарі”.

Уміст важких металів (Cu, Zn, Cd і Pb) знаходився в межах максимально допустимого рівня, встановленого національними нормативними документами.

References

- Akhtera, S., Saeed, A., Irfana, M. & Malika K.A. (2012). In vitro de-phytinization and bioavailability of essential minerals in several wheat varieties. *Journal of Cereal Science*, 56 (3), 741–746.
- Al-Gabri, M. A. & Almussali, M. S. (2008). Microelement contents of locally produced and imported wheat grains in Yemen. *E-Journal of Chemistry*, 5 (4), 838–843.
- Bjajul', A. & Cjofel', P. (2005). SPSS: Iskusstvo obrabotki informacii. Analiz statisticheskikh dannyh i vosstanovlenie skrytyh zakonomenostej [The art of information processing. Analysis of statistical data and restoration of hidden patterns]. DiaSoftJuP, SPb (in Russian).
- Drobot, V. I., Mykhonik, L. A., & Semenova, A. B. (2014). Porivnjal' na harakterystyka himichnogo skladu ta tehnologichnyh vlastyvostej sucil'nozmelenogo pshenychnogo boroshna ta boroshna spel'ty [Comparative chemical composition and technological properties of the whole-wheat and whole-spelt flours]. *Hranenie i Pererabotka Zerna*, 4, 37–39 (in Ukrainian).
- Dubinina, A., Popova, T. & Lenert, S. (2014). Vitaminnyj i mineral'nyj sklad krupiv iz grechky [The vitamin and mineral content of buckwheat groats]. *Tovary i Rynky*, 2, 106–115 (in Ukrainian).
- Elless, M. P., Blaylock, M. J., Huang, J. W. & Gussman, C. D. (2000). Plants as a natural source of concentrated mineral nutritional supplements. *Food Chemistry*, 71 (2), 181–188.
- Fan, M.-S., Zhao, F.-J., Fairweather-Tait, S. J., Poulton, P. R., Dunham, S. J. & Mc Grath, S. P. (2008). Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22 (4), 315–324.
- Ficco, D. B. M., Riefolo C., Nicastro, G., De Simone, V., Di Gesù, A. M., Beleggia R., Platani, C., Cattivelli L. & De Vita, P. (2009). Phytate and mineral elements concentration in a collection of Italian durum wheat cultivars. *Field Crops Research*, 111 (3), 235–242.
- Gavrylin, P. M., Prokushenkova, O. G., Yefimov, V. G., Kucak, R. S. & Zazharska, N. M. (2012). Ekspertyza ta kontrol' jakosti produktiv harchuvannja [Expertise and quality control of food]. *Dnipropetrovs'k* (in Ukrainian).
- Havezov, I. & Calev, D. (1983). Atomno-absorbicijnyj analiz [Atomic absorption analysis]. Himija, Leningrad (in Russian).
- Hurrell, R. F. (2003). Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailability. *Journal of Nutrition*, 133 (9), 2973–2977.
- Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R., & Johansson, E. (2010). Mineral composition of organically grown wheat genotypes: contribution to daily minerals intake. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(9), 3442–3456.
- Li, X., Ziadi, N., Bélanger, G., Cai, Z. & Xu, H. (2011). Cadmium accumulation in wheat grain as affected by mineral N fertilizer and soil characteristics. *Canadian Journal of Soil Science*, 91 (4), 521–531.
- McCay-Buis, T. S., Huber, D. M., Graham, R. D., Phillips, J. D. & Miskin, K. E. (1995). Manganese seed content and take-all of cereals. *Journal of Plant Nutrition*, 18 (8), 1711–1721.
- Mytchenok, O. O. & Nigaeva, O. E. (2013). Ocinka rivnja spozhyvannja i vytrat naseleennja na produkty harchuvannja v Ukraini ta sviti [Evaluation of the level and costs of food consumption in Ukraine and world]. *Produktyvnist' agropromysloвого vyrobnytva*, 23, 108–112 (in Ukrainian).
- Oury, F.-X., Leenhardt, F., Rémésy, C., Chanliaud, E., Duperrier, B., Balfourier, F. & Charmeta, G. (2006). Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentrations in bread wheat. *European Journal of Agronomy*, 25 (2), 177–185.
- Pedersen, B. & Eggum, B. (1983). The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. *Wheat. Plant Foods for Human Nutrition*, 33 (1), 51–61.
- Soetan, K. O., Olaiya, C. O. & Oyewole O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200–222.
- Taylor, G. J., Penney, D. C., Owuochi, J. O. & Briggs, K. G. (1995). Response of eight Canadian spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to copper: Copper content in the leaves and grain. *Canadian Journal of Plant Science*, 75, 405–411.
- Velu, G., Ortiz-Monasterio, I., Cakmak, I., Hao, Y. & Singh, R.P. (2014). Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. *Journal of Cereal Science*, 59 (3), 365–372.
- Welch, R. M. (2002). The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Progress in Plant Nutrition: Plenary Lectures of the XIV International Plant Nutrition Colloquium*, 83–90.
- White, P. J. & Broadley, M. R. (2005). Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science*, 10 (12), 586–593.
- Worthington, V. (2004). Nutritional quality of Organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 7 (2), 161–173.
- Yefimov, V., Kostiushevych, K. & Rakytianskiy, V. (2017). Influence of feed additive from peat on morphological and biochemical blood profile of piglets. *Veterinarija ir Zootechnika*, 75 (97), 17–21.
- Yefimov, V., Tkachova, A. & Zavrina, S. (2017). Mineral composition buckwheat's groat, sold in retail. *Science and Technology Bulletin of SRC for Biosafety and Environmental Control of AIC*, 5(2), 70–73 (in Ukrainian).
- Zhang, Y., Song, Q., Yan, J., Tang, J., Zhao, R., Zhang, Y., He, Z., Zou, C. & Ortiz-Monasterio, I. (2010). Mineral element concentrations in grains of Chinese wheat cultivars. *Euphytica*, 174 (3), 303–313.
- Zhao, F. J., Adams, M. L., Dumont, C., Mc Grath, S. P., Chaudri, A. M., Nicholson, F. A., Chambers, B. J. & Sinclair, A. H. (2004). Factors affecting the concentrations of lead in British wheat and barley grain. *Environmental Pollution*, 131 (3), 461–468.