

УДК: 631.811

## Реакція рослин озимої пшениці сорту Артеміда на обробку насіння сірчанокислим марганцем

О.П. Ткач<sup>1</sup>, О.П. Каменчук<sup>2</sup>, Л.М. Михальська<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Ужгород, Україна)

<sup>2</sup>Інститут фізіології рослин і генетики НАН України (Київ, Україна)  
tkachelena84@gmail.com

У польовому досліді на Закарпатській державній сільськогосподарській станції вивчали вплив передпосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Артеміда розчинами сірчанокислового марганцю на ріст та вміст марганцю у зерні, а у лабораторних умовах – на схожість насіння. Результати показали, що при зростанні концентрації марганцю від 0,001 до 1% знижується схожість насіння та маса рослин. Виявлено, що по мірі зниження концентрації марганцю від 1 до 0,001 %, використаної для допосівної обробки насіння, вміст його у зерні збільшувався, але при цьому був нижчим, ніж вміст у контролі. Оптимальними для росту є розчини сульфату марганцю 0,01 та 0,001%-ної концентрації. Припускається, що за таких концентрацій марганець за передпосівної обробки насіння може діяти як мікроелемент, не спричинюючи негативного впливу на формування урожаю та вмісту у зерні біологічно важливого елементу – марганцю.

**Ключові слова:** озима пшениця, сульфат марганцю.

## Реакция растений озимой пшеницы сорта Артемида на обработку семян сернокислым марганцем

Е.П. Ткач, О.П. Каменчук, Л.Н. Михальская

В полевом опыте на Закарпатской государственной сельскохозяйственной станции изучали влияние предпосевной обработки семян пшеницы озимой сорта Артемида растворами сернокислового марганца на рост и содержание марганца в зерне, а также его влияние на лабораторную всхожесть семян. Результаты показали, что при росте концентрации марганца от 0,001 до 1% снижается всхожесть семян и масса растений. Выявлено, что по мере снижения концентрации марганца от 1 до 0,001%, использованной для предпосевной обработки семян, содержание его в зерне увеличивалось. Оптимальными для роста являются растворы сульфата марганца 0,01 и 0,001%-ной концентрации. Предполагается, что при таких концентрациях марганец при предпосевной обработке семян может действовать как микроэлемент, не оказывая негативного влияния на формирование урожая и содержания в зерне биологически важного элемента – марганца.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, сульфат марганца.

## The reaction of winter wheat plants of Artemida cultivar to seed treatment by manganese sulfate

E.P. Tkach, O.P. Kamenchuk, L.N. Mykhalska

This field research conducted at Transcarpathian State Agricultural Station studied the impact of pre-sowing treatment of "Artemida" winter wheat seeds with solutions of manganese sulfate at growth and manganese content in grain, as well as its effect at laboratory germination of seeds. Results demonstrated that increase of manganese sulfate concentration from 0.001 to 1% decreases the germination power of seeds and inhibits their growth. It was found that the content of manganese in grain harvested from plants grown from seeds treated by manganese sulfate was highest in the control group and lowest in the group treated with 1% solution. Manganese sulfate solutions of 0.01-0.001% concentration are optimal for growth and productivity of seeds. It is suggested, that such concentration of manganese used for pre-sowing treatment of seeds can act as a trace element without causing a negative impact on yield formation and content in grain valuable trace element – manganese.

**Key words:** winter wheat, manganese sulphate.

### Вступ

В останнє десятиліття досить активно обговорюється і досліджується проблема забруднення ґрунтів важкими металами (ВМ) у сільському господарстві внаслідок використання осадів міських стічних вод та мінеральних добрив (Минеев та ін., 1993; Мельничук та ін., 2004). Причому застосування

мінеральних добрив може призвести як до прямого підвищення рівня важких металів за рахунок того, що в них є їх домішки, так і до активації процесів мобілізації ВМ з ґрунтів та їх надходження до рослин (Егоров та ін., 2008-2009; Иванов, 2009; Самохвалова та ін., 2008; Чома та ін., 2012).

Забруднення ґрунтів ВМ впливає на їх біологічні та фізико-хімічні властивості, має токсичну дію на сільськогосподарські культури, знижуючи кількісні та якісні показники урожаю (Гармаш, 1985; Гутеева та ін., 1985). У літературних джерелах є численні дані щодо впливу ВМ та їх сполук на ріст і розвиток сільськогосподарських культур та їх стійкості до забруднення ґрунтів даними полютантами. Однак, переважна більшість таких даних відображує специфічність дії ВМ на рослинний організм залежно від рівня антропогенного навантаження і ґрунтово-кліматичних умов тільки того регіону, де проводилися дослідження. Тому такі дані не завжди коректно екстраполювати на регіони з іншими ґрунтово-кліматичними умовами. З цієї причини для отримання інформації, що відображає забруднення ґрунтів сполуками ВМ та їх вплив на оброблювані сільськогосподарські культури в окремому регіоні, потребує проведення комплексних досліджень в системі ґрунт-рослина.

В умовах Закарпаття проблема вивчення токсичної дії ВМ надзвичайно актуальна в зв'язку з тим, що для регіону характерною є досить інтенсивна сільськогосподарська діяльність, яка пов'язана з використанням великої кількості мінеральних та органічних добрив, пестицидів, тощо. Основним джерелом забруднення ґрунтів є виробнича діяльність людини (Матієга та ін., 2010). Екологічною проблемою та специфікою ґрунтів Карпатського регіону була і залишається їхня надзвичайно висока кислотність, зумовлена відсутністю карбонатних сполук та високим вмістом іонів водню, алюмінію, марганцю і заліза (Фандалюк та ін., 2004).

Відомо, що марганець – один з найважливіших мікроелементів у життєдіяльності рослин (Моргун та ін., 2010; Шпаар, 2012), хоча при перевищенні кількості його в ґрунті та за умови надходження високих концентрацій до рослини він проявляє себе як важкий метал та може призвести до загальних малоспецифічних фізіологічних та біохімічних змін (Гутієва, 1985). Природний рівень марганцю найвищий в буроземах, підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтах. Причиною цього, як встановлено цілим рядом вчених, є особливості генезису цих ґрунтів. Згідно моніторингу ґрунтів Інституту сільського господарства Карпатського регіону, більшість ґрунтів сільськогосподарських угідь області (61,1%) мають дуже високу забезпеченість марганцем, середньозважений показник якого становить 34,39 мг/кг ґрунту. Майже 50% площ мають дуже високу забезпеченість елементом. Помітно зменшились площі з середньо забезпеченим вмістом і збільшились з високим рівнем вмісту марганцю.

Тому є актуальним вивчення впливу різних концентрацій марганцю на схожість насіння, ріст рослин та накопичення його у зерні озимої пшениці, яку виростили на ґрунтах Закарпатського регіону з високим вмістом елементу з метою з'ясування гомеостазу ВМ в агрофітоценозах регіону.

#### **Об'єкти та методи дослідження**

Для дослідження впливу передпосівної обробки насіння водними розчинами сульфату марганцю різної концентрації був обраний районований сорт озимої пшениці Артеміда, який широко висівається в Закарпатському регіоні.

Лабораторну схожість визначали згідно ДСТУ 4138-2002, враховуючи фактор впливу передпосівної обробки різними концентраціями сульфату марганцю ( $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ ). Насіння замочували на 24 години в розчинах солі марганцю відповідної відсоткової концентрації: 1,0; 0,5; 0,1; 0,01; 0,001, і пророщували в чашках Петрі у термостаті при  $20 \pm 1^\circ C$ . Кожен варіант досліду складав чотири вибірки по 100 насінин. Контроль – насіння пророщене на воді. Схожість визначали на 7–8 добу з моменту закладання досліду.

Дослідження впливу марганцю на ріст рослин та накопичення елементу в зерні проводили у стаціонарному досліді впродовж 2012–2014 рр. на базі Закарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону, в с. Нижні Ворота. У цьому досліді були ті ж варіанти обробки насіння розчинами марганцю, що і в лабораторному.

Сівбу проводили в першій декаді жовтня. Попередник – багаторічні бобові трави. Загальна площа ділянок – 330 м<sup>2</sup>, облікова – 300 м<sup>2</sup>. Тип ґрунту – дерново-буроземний середньо суглинистий щербуватий, слабо змитий, окультурений. Агрохімічна характеристика ґрунту надана лабораторією агрохімії Дослідної станції: вміст гумусу 3,19 %; легкогідролізованого азоту (N) 109,0 мг/кг; вміст рухомого калію ( $K_2O$ ) 69,6 мг/кг; рухомого фосфору ( $P_2O_5$ ) 38,8 мг/кг; гідролітична кислотність 3,47; рН сольове (обмінна кислотність) 4,82.

Для визначення показника росту – маси сухої речовини рослин, у фазі 3–4 листка (27–29 добу після посіву) відбирали по 100 рослин з кожного варіанту досліду у 4-разовій повторності. Рослинний матеріал просушували в сушильній шафі за температури 120°C.

Зразки зерна були відібрані вибірково з ділянок кожного варіанту в фазі повної стиглості. Для аналізу готували середню пробу з кожної повторності. Визначення марганцю в зразках зерна здійснювали на емісійному спектрометрі ICP-MS Agilent 7700x в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України за методикою МУК 4.1.1483-03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой». Для аналізу зразки зерна змолоти та озолили в азотній кислоті (осч) за допомогою мікрохвильової системи пробопідготовки Milestone Start D. Усі розчини готували на воді 1-го класу (18 Мом), підготовленої на системі очищення води Scholar-UV Nex Up 1000 (Human Corporation, Корея). В якості калібрувальних стандартів використовували Fluka Multielement standard solution 5 for ICP. Межі кількісного визначення марганцю, встановлені при валідації методики МУК 4.1.1483-03 складали – 0,02 мг/кг.

Для врахування рівня забезпеченості ґрунту рухомим марганцем на накопичення його у зерні були відібрані проби ґрунту для аналізу рендомізованим способом. Для кожного з горизонтів – від орного до материнської породи – визначили середній вміст обмінного марганцю. Безпосередньо після відбирання проби ґрунту висушували до повітряно-сухого стану, просіювали і очищували від рослинних домішок, перетирали в порцеляновій ступці до однорідної маси. Вилучали марганець амонійно-ацетатним буферним розчином рН 4.8 за М.К. Крупським і Г.М. Александровою. Вміст марганцю визначали методом мас-спектрометрії на емісійному спектрометрі ICP-MS Agilent 7700x.

Результати досліджень оброблені за допомогою методів математичної статистики. Критерії показників розраховані за допомогою сервісних функцій статистичного пакету електронних програм MS Excel. Відмінність між вибірками вважали достовірними при  $P < 0,05$ , оцінювали їх за допомогою ANOVA. На рисунках та в таблиці наведені середньоарифметичні значення та стандартні відхилення вибірок.

### Результати та обговорення

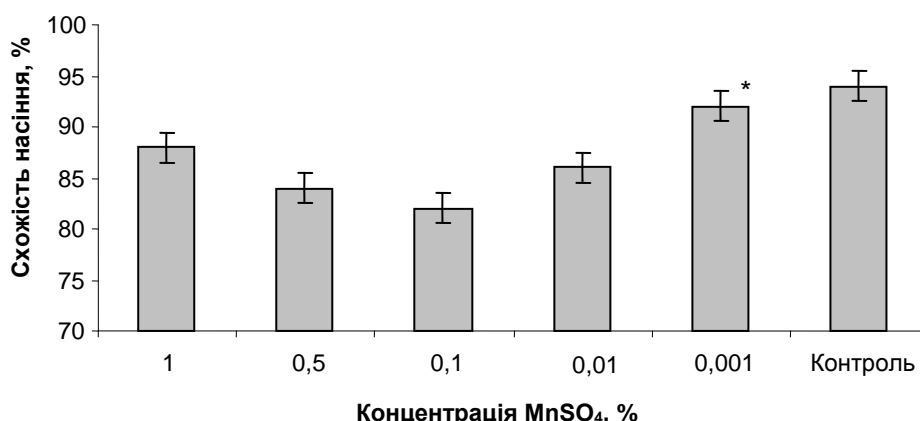
У різних ґрунтах вміст доступних рослинам мікроелементів неоднаковий. Потреба зернових культур в мікроелементах різна. Велику потребу мають зернові, зокрема озима пшениця, в таких мікроелементах, як мідь, цинк та марганець. Результати багатьох дослідів вказують на позитивний вплив марганцевмісних та мідних добрив на врожайність зернових, у т.ч. й пшениці (Моргун та ін., 2010; Шпаар, 2012). Відомим є використання для забезпечення рослин добривом гранульованого марганізованого суперфосфату. Із-поміж солей марганцю часто використовується водорозчинний сульфат марганцю ( $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ ), який містить 22,8 % марганцю (Моргун та ін., 2014).

Достатня кількість Mn є необхідною умовою нормального фізіологічного розвитку рослин та отримання високих врожаїв. Вміст у зерні марганцю, як одного з необхідних для людини мікроелементів, є важливим показником якості зерна (Рибалка, 2011). Накопичення Mn рослиною зумовлене не тільки факторами, які впливають на його кількість і досяжність для рослин у ґрунті, але й ефективністю поглинання мікроелементу рослинним організмом.

Досліди з впливу марганцю на лабораторну схожість насіння озимої пшениці сорту Артеміда показали, що передпосівна обробка 0,001%-вими розчинами сульфату марганцю покращує показник схожості в порівнянні з використанням більш концентрованих розчинів солі (рис. 1).

Поглинання марганцю насінням та проростком за передпосівної обробки насіння розчинами з іонами мікроелементу зумовлене процесами набубнявіння та проростання. На відміну від інших металів, марганець може мобілізуватися паростком із насінневих покривів: у пшениці поглинання металу з покривів триває до сьомої доби (Purcel et al., 2000).

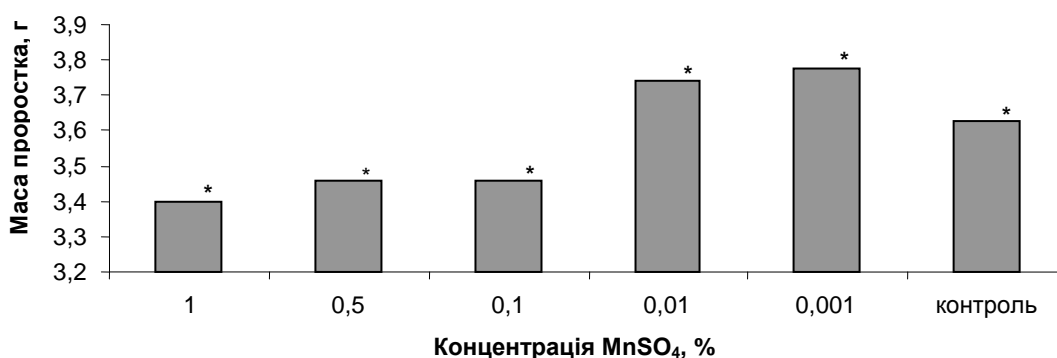
З підвищенням концентрації солей затримується бубнявіння насіння, спостерігається втрата схожості при проникненні іонів солей у насіння. Порівняння схожості насіння в межах дії концентрацій від 0,01 до 1,0% показує, що прояв ефекту стимуляції знижується (рис. 1). Концентрацію 1,0% не можна вважати «граничною», оскільки вона не викликає інгібуючий ефект на схожість насіння на першому етапі органогенезу пшениці озимої і не відрізняється істотно від дії нижчих концентрацій. Таким чином, дія сірчанокислового марганцю в концентрації 0,001% для передпосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Артеміда є оптимальною для проростання насіння.



**Рис. 1. Вплив марганцю на схожість насіння озимої пшениці сорту Артеміда (n=4).**

Примітка: \*) – різниця з показниками за концентрації 1-0,1% істотна при  $P \leq 0,05$ .

При дослідженні маси рослин у польових умовах у фазі 3-4 листка було виявлено чітку залежність росту рослин від концентрації сульфату марганцю за передпосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Артеміда (рис. 2). З отриманих результатів видно, що середнє значення маси рослин, вирощених за дії 0,01-0,001% розчинів сульфату марганцю, було вищим, ніж у контрольному досліді. Дія вищих концентрацій 0,1-1,0% проявляється у гальмуванні ростових процесів. В період формування проростка, на другому етапі органогенезу озимої пшениці всі органи – зародковий корінець, листя, стебло, утворюються за рахунок материнських поживних речовин. Проростки рослин, поряд з автотрофним живленням, використовують запаси поживних речовин насіння, тому в цей період розвитку фітотоксична дія ВМ проявляється більшою мірою. Оптимальними для росту рослин озимої пшениці є використання в якості передпосівної обробки насіння 0,01-0,001%-ві розчини сульфату марганцю. Обробка даними концентраціями стимулює ріст рослин в порівнянні з контролем.



**Рис. 2. Вплив допосівної обробки насіння марганцем на ріст рослин пшениці озимої сорту Артеміда у польових умовах.**

Примітка: \*) – різниця між показниками за концентрацій 1,0-0,1 та 0,01-0,001 і контролем істотна при  $P \leq 0,05$ .

Визначення вмісту марганцю у зерні показало його залежність від концентрації елемента, використаної для допосівної обробки насіння (табл. 1). Загальна закономірність цієї залежності полягала у тому, що по мірі зменшення концентрації марганцю при допосівній обробці насіння, вміст його у зерні зростав, але при цьому був меншим, ніж вміст у зерні контрольного варіанту. Встановлено також, що вміст марганцю у зерні за обробки насіння у концентрації 1 та 0,5 % був однаковим і меншим, ніж при обробці насіння у концентрації 0,1 і 0,01 %. Крім того, за вмістом марганцю у зерні не виявлено

різниці між варіантами передпосівної обробки насіння у концентраціях марганцю 0,1 і 0,01 % (табл. 1). Результати дають підставу припустити, що передпосівна обробка зерна марганцем у концентраціях 0,1 і 0,01% може бути оптимальною для накопичення цього елемента у зерні пшениці озимої сорту Артеміда.

Вміст марганцю в рослині є важливим показником, який свідчить про забезпеченість рослин мікроелементом. Прийнято вважати високим вміст марганцю для рослин більше ніж 200 мг/кг маси сухої речовини (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989; Graham et al., 1985). Мінімальною кількістю елемента для основних сільськогосподарських культур, нижче якої спостерігають порушення росту та ознаки нестачі мікроелементу є, 20-15 мг/кг сухої речовини (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989). Відповідно, значення вмісту марганцю які лежать у межах вказаних максимуму та мінімуму, можуть бути віднесені до середніх або низьких. За даними наших досліджень показники вмісту марганцю у генеративних органах озимої пшениці можна віднести до середніх (табл. 1).

Таблиця 1.

**Вміст марганцю в зерні пшениці озимої сорту Артеміда за передпосівної обробки насіння сульфатом марганцю**

Варіант досліджу	Передпосівна обробка розчинами $MnSO_4$ , %	Концентрація сульфату марганцю, мкМ	Вміст марганцю в зерні, мг/кг
1	1,0	66000	41,72 <sup>B</sup>
2	0,5	33000	40,83 <sup>B</sup>
3	0,1	6600	45,17 <sup>0</sup>
4	0,01	660	42,52 <sup>0</sup>
5	0,001	66	44,85 <sup>0</sup>
Контроль	Без обробки	–	50,00 <sup>a</sup>

Примітка: Однаковими літерами позначені варіанти, які не відрізняються (за  $P \leq 0,05$ ).

Згідно результатів аналізу ґрунту було виявлено, що у нашому досліді він забезпечений рухомими формами марганцю в орному шарі (табл. 2). Порівнюючи отримані дані з узагальненими даними, якими користуються в центрі "Облдержродючість", можемо стверджувати наступне: гумусовий горизонт має дуже високу забезпеченість рухомими формами марганцю, що перевищує показник  $>20,1$ , а в перехідному горизонті до материнської породи високий показник забезпеченості.

Таблиця 2.

**Вміст рухомих форм марганцю (за Крупським та Александровою) (n=2)**

Генетичний горизонт	Hd	H	Hp	HP
Глибина відбору	0-8	18-20	26-30	40-45
Середньозважений показник марганцю	54±3,8	26±7,5	31±11	23±3,6

Враховуючи високу забезпеченість рухомими формами марганцю, що перевищує норму 7,1-10, та результати аналізу на вміст марганцю у зерні пшениці озимої (табл. 1) можемо вважати, що обробка насіння сірчаноокислим марганцем в оптимальних концентраціях сприяє активації росту на ранніх етапах органогенезу, але не впливає на накопичення марганцю в насінні. З досягненням певного рівня концентрації елементів починають діяти механізми, які перешкоджають їх подальшому поглинанню, так звані фізіологічні бар'єри поглинання, а характер розподілу важких металів по органам і тканинам в більшості випадків визначається властивостями металів та їх фізіологічним значенням для рослинного організму, а також видовими особливостями рослин (Гришко та ін., 2012). Розподіл важких металів в органах рослини в значній мірі генетично детермінований (Алексеев, 1987; Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989). З підвищенням концентрації марганцю за передпосівної обробки істотно знижується вміст елемента в зерні пшениці озимої, за рахунок стимуляції розвитку культури у вегетативний період при цьому рівень накопичення мікроелементу в генеративних органах знижується відповідно до збільшенням загальної маси рослин (Моргун, Швартау, Кризій, 2010).



Вірогідно, що за концентрації 0,01-0,001% марганець за передпосівної обробки насіння може діяти як мікроелемент, не спричинюючи негативного впливу на формування врожаю та вмісту в зерні пшениці озимої біологічно важливого елементу – марганцю.

Аналітичні дослідження виконувалися за підтримки проекту ЄС «Оздоровчі та екологічні програми, пов'язані із Чорнобильською зоною відчуження».

### Список літератури

- Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с. / Alekseev Yu.V. Tyazhelye metally v pochvakh i rastenyakh. – L.: Ahropromyzdat, 1987. – 142 s.
- Гармаш Н.Ю. Тяжелые металлы и качество зерна пшеницы // Химия в сельском хозяйстве. – 1985. – Т.23. – №6. – С.48-49./ Garmash N.Ju. Tjzhelye metally i kachestvo zerna pshenicы // Himija v sel'skom hozjajstve. – 1985. – Т.23. – №6. – С.48-49.
- Гришко В.М., Сишиков Д.В., Піскова О.М. та ін. Машталер Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна безпека. – Донецьк: Донбас, 2012. – 304 с. / V.M. Hryshko, D.V. Syshchykov, O.M. Piskova, O.V. Danyl'chuk, N.V. Mashtaler Vazhki metaly: nadkhodzhennya v grunty, translokatsiya u roslinakh ta ekolohichna bezpeka. – Donets'k: Donbas, 2012. – 304 s.
- Гутиева Н.М. Влияние тяжелых металлов Zn, Mn, Ni на урожай и качество ячменя (вегетационный опыт) // Бюл. почв, ин-та. им. В.В. Докучаева. – М., 1985. – Вып.37. – С. 12-15. / Gutieva N.M. Vlijanie tjzhelyh metallov Zn, Mn, Ni na urozhaj i kachestvo jachmenja (vegetacionnyj opyt) // Bjul. pochv, in-ta. im. V.V. Dokuchaeva. – М., 1985. – Вып.37. – С. 12-15
- Егоров В.С., Госсе Д.Д. Влияние удобрений на динамику содержания свинца в системе почва-растение на дерново-подзолистых почвах // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – №4. – С. 34–38 / V.S. Ehorov, D.D. Hosse Vlyyanye udobrenny na dynamyku sodержanyya svyntsa v sisteme pochva-rastenye na dernovo-podzolistykh pochvakh // Problemy ahrokhymyy u ekolohyy. – 2008. – №4. – С. 34-38
- В.С. Егоров, Д.Д. Госсе, А.А. Дзержинская Влияние удобрений на содержание и поведение кадмия в системе почва-растение на дерново-подзолистых почвах // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – №2. – С. 27–31. / V.S. Egorov, D.D. Gosse, A.A. Dzerzhinskaja Vlijanie udobrenij na sodержanija i povedenija kadmija v sisteme pochva-rastenija na dernovo-podzolistykh pochvakh // Problemy ahrohimii i jekologii. – 2009. – №2. – С. 27-31.
- Иванов А.Л. Научное обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – №4. – С. 42–47. / Ivanov A.L. Nauchnoe obespechenie monitoringa zemel' sel'skohozjajstvennogo naznachenija // Problemy ahrohimii i jekologii. – 2009. – №4. – С. 42–47
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях/ Пер. с англ. Д.В.Гричука и Е.П.Яниной: Под ред. Ю.Е.Саета. – М.: Мир, 1989. – 440 с. / Kabata-Pendias A., Pendias H. Mikrojelementy v pochvakh i rastenijah / Per. s angl. D.V.Grichuka i E.P.Janinoj: Pod red. Ju.E.Saeta. – М.: Мир, 1989. – 440 s.
- Лурье А.А., Фокин А.Д., Касатиков В.А. Поступление цинка и кадмия в зерновые культуры из почвы, внесенных с удобрениями и осадками сточных вод // Агрохимия. – 1995. – №11. – С.80–92. / Lur'e A.A., Fokin A.D., Kasatikov V.A. Postuplenie cinka i kadmija v zernovye kul'tury iz pochvy, vnesennyh s udobrenijami i osadkami stochnyh vod // Agrohimiya. – 1995. – №11. – С.80–92.
- Матієга В.Й., Пасічник О.Р., Похил В.В., Поличко В.С. Еколого-токсикологічний стан ґрунтів на території Тячівського та Рахівського районів Закарпатської області // Проблеми агропромислового комплексу Карпат: зб. ст. – 2010. – № 19. – С. 94–102. / V.Y. Matiyeha, O.R.Pasichnyk, V.V. Pokhyl, V.S. Polychko Ekoloho-toksykolohichnyy stan gruntiv na terytoriyi Tyachivs'kohо ta Rakhivs'kohо rayoniv Zakarpats'koyi oblasti // Problemy ahropromyslovoho kompleksu Karpat: zb. st. – 2010. – № 19. – С. 94–102
- Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення / О.І. Рибалка. – К.:Логос, 2011. – 496 с. / Rybalka O.I. Yakist' pshenytsi ta yiyi polipshennya / O.I. Rybalka. – К.:Lohos, 2011. – 496 s.
- Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральное удобрение. – М.: Колос, 1993. – 413 с. / Mineev V.G., Debreceni B., Mazur T. Biologicheskoe zemledelie i mineral'noe udobrenie / Mineev V.G., Debreceni B., Mazur T. – М.: Kolos, 1993. – 413 s.
- Мельничук Д. Якість ґрунту та сучасні стратегії удобрення / за ред. Д. Мельничука, Дж. Гофман, М. Городнього. – К.: Арістей. 2004. – 488с. / Mel'nychuk D. Yakist' gruntu ta suchasni stratehiyi udobrennya / za red.. D. Mel'nychuka, Dzh. Hofman, M. Horodn'oho. – К.: Aristey, 2004. – 488s
- Моргун В.В., Швартау В.В., Киризий Д.А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков // Физиология и биохимия культурных растений. – 2010. – Т. 42, № 5. – С. 371–392. / V.V. Morgun, V.V. Schwartau, D.A. Kirizij Fiziologicheskie osnovy formirovanija vysokoj produktivnosti zernovyh zlakov // Fiziologija i biohimiya kul'turnyh rastenij. – 2010. – Т. 42, №5. – С. 371–392.
- Моргун В.В., Санін Е.В., Швартау В.В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та системи живлення і захисту озимої пшениці. – Київ, Логос. – 2014. – 148 с. / V.V. Morhun, E.V. Sanyn, V.V. Schwartau Klub 100 tsentneriv. Suchasni sorty ta systemy zhyvlennya i zakhystu ozymoyi pshenyts. – Kyiv, Lohos. – 2014. – 148 s.

Самохвалова В.Л., Фатеев А.И., Журавлева И.М. Аспекты изучения и оценка состояния загрязнения тяжелыми металлами системы почва-растение // *Агроэкологичний журнал*. – 2008. – № 1. – С. 28-36. / V.L. Samohvalova, A.I. Fateev, I.M. Zhuravleva Aspekty izuchenija i ocenka sostojanija zagrjaznenija tjazhelymi metallami sistemy pochva-rostenie // *Аgroekologichnij zhurnal*. – 2008. – №1. – С. 28-36.

Фандалюк А.В., Сотмарі М.П. Оптимізація використання та охорони родючості ґрунтів Закарпаття // *Охорона родючості ґрунтів: зб. ст.* – 2004. – №1. – С. 80-87. / A.V. Fandalyuk, M.P. Sotmari Optymizatsiya vykorystannya ta okhorony rodyuchosti hruntiv Zakarpattya // *Okhorona rodyuchosti gruntiv: zb. st.* – 2004. – №1. – С. 80-87

Чома З.З., Чома Ж.Й., Бондарчук Т.М. Вплив тривалого використання добрив на вміст рухомих форм мікроелементів в дерново-буроземному ґрунті // *Проблеми агропромислового комплексу Карпат: зб. ст.* – 2012. – № 21. С. 88-99. / Z.Z. Choma, Zh.Y. Choma, T.M. Bondarchuk Vplyv tryvalohov vykorystannya dobryv na vmist rukhomykh form mikroelementiv v dernovo-burozemnomu grunti // *Problemy ahropromyslovoho kompleksu Karpat: zb. st.* – 2012. – №21. С. 88-99.

Шпаар Д. *Зерновые культуры: выращивание, уборка, хранение и использование.* – К.: Издательский дом "Зерно", 2012. – 704 с. / Shpaar D. *Zernovye kul'tury: vyrashhivanie, uborka, hranenie i ispol'zovanie.* – K.: Izdatel'skij dom "Zerno", 2012. – 704 s.

Graham R.D., Davies W.J., Ascher J.S. Critical concentration of manganese in field-grown wheat // *Aust. J. Agric. Res.* – 1985. – Vol. 36, № 2. – P. 145-155.

Purcell L.C., King C.A., Ball R.A. Soybean cultivar differences in ureides and the relationship to drought tolerant nitrogen fixation and manganese nutrition // *Crop Science.* – 2000. – Vol.40. – P. 1062-1070.

---

**Представлено: Ю.В. Лихолат / Presented by: Yu.V. Lykholat**

**Рецензент: В.В. Жмурко / Reviewer: V.V. Zhmurko**

*Подано до редакції / Received: 11.11.2014*