

# СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ЕКОЛОГІЯ. АГРОНОМІЧНІ ТА ЗООТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 633.11:631.8.504.73  
© 2017

**Г.М. ГОСПОДАРЕНКО,**  
*доктор сільськогосподарських наук*

**А.Т. МАРТИНЮК,  
О.Д. ЧЕРНО,  
В.В. ЛЮБИЧ,**  
*кандидати сільськогосподарських наук*

*Уманський національний  
університет садівництва, Україна  
E-mail: lyubichv@gmail.com  
вул. Інститутська, 1, м. Умань*

**ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНЕ  
ОЦІНЮВАННЯ  
ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ  
ЗА ТРИВАЛОГО (З 1965 р.)  
ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ  
У ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ**

*Встановлено, що вміст радіоактивних нуклідів і хімічних елементів істотно змінювався залежно від тривалості застосування добрив у польовій сівозміні. Найвищою була питома активність  $^{40}\text{K}$ , яка істотно змінювалася залежно від системи удобрення. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  була найнижчою порівняно з іншими радіонуклідами і залежала від агротехнології вирощування. З'ясовано, що за тривалого застосування добрив після конюшини в зерні пшениці озимої зменшувався вміст мanganу, заліза, міді, кобальту, нікелю, кадмію, а вміст  $\text{Zn}$  підвищувався. Застосування високих доз добрив за органічної та органо-мінеральної систем знижує вміст токсичних елементів (кобальту, хрому та кадмію) у зерні.*

**Ключові слова:** пшениця озима, система удобрення, важкі метали, радіонукліди.

**Постановка проблеми.** Національна безпека країни тісно пов'язана зі збереженням та раціональним використанням ґрунтів, а відсутність об'єктивної інформації про їхню родючість, у тому числі поживний стан, призводить до хибних управлінських рішень у сфері землекористування та аграрного виробництва, до помилок у меліорації земель, нерационального застосування добрив тощо. У зв'язку з новими соціальними, економічними та екологічними викликами функції агрохімічної складової в аграрному секторі нині є більш широкими, а її значення у вирішенні продовольчої проблеми зростає [1]. Найповніші знання про трансформацію важких металів і радіонуклідів у системі добриво-ґрунт-рослини забезпечує тривале застосування добрив [2]. Крім цього, резуль-

тати вивчення впливу удобрення на вміст хімічних елементів у зерні суперечливі [3–5]. Тому дослідження щодо формування якості отриманої продукції та охорони навколишнього природного середовища мають наукове та практичне значення.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Відомо [6], що вміст свинцю в зерні збільшується з 0,6 до 1,1 мг/кг за внесення  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ , вміст цинку підвищується відповідно з 13,6 до 15,9, нікелю – з 0,1 до 2,6 мг/кг зерна. Уміст міді зменшується відповідно з 7,1 до 4,9 мг/кг, проте за внесення  $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$  вміст свинцю знижується до 0,2 мг/кг зерна, а вміст хрому не змінюється від удобрення. Дослідження інших учених [7] свідчать про те, що тривале застосування різних систем удобрення зменшує надходження міді, цинку та свинцю

в зерно пшениці порівняно з варіантом без добрив.

Найбільшою розповсюдженістю серед природних радіоактивних ізотопів характеризується радіоактивний калій ( $^{40}\text{K}$ ). Загальна активність його в земній корі більша, ніж активність усіх інших ізотопів, разом узятих. Він широко розсіяний у ґрунтах, особливо глинистих, де міцно утримується внаслідок процесів сорбції [8].

Використання калійних добрив із залишковою природною радіоактивністю не призводить до істотного підвищення радіоактивності врожаю сільськогосподарських культур, проте трапляються випадки зростання її у кілька разів порівняно з радіоактивністю рослин, вирощених у природних умовах без застосування добрив. Таке явище спостерігається зазвичай у молодих рослин на ранніх стадіях розвитку після внесення в ґрунт високих доз калійних добрив [2].

Для калійних добрив характерна присутність двох природних радіоактивних нуклідів:  $^{226}\text{Ra}$  і  $^{40}\text{K}$ . При цьому основним радіонуклідом є  $^{40}\text{K}$  [9].

У літературі майже відсутні дані про рівні радіоактивності калійних добрив. Відомо, що на 1 г природного калію припадає 29,6 Бк  $^{40}\text{K}$ , тому що у природному калії 0,0119 %  $^{40}\text{K}$ . Радіоактивний калій ( $^{40}\text{K}$ ) має період напіврозпаду  $1,2 \cdot 10^9$  років. Характеризується бета-негативним типом розпаду з

енергією 1,32 Мев (88,4 %) та частковим гамма-випромінюванням (К-захват) з енергією 1,46 Мев (11,6 %) [10].

**Метою нашої роботи** було вивчення (з 1965 р.) впливу застосування мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення на вміст важких металів і радіонуклідів у зерні пшениці озимі.

**Матеріали і методи досліджень.** Експериментальну роботу виконано в тривалому стаціонарному досліді в польовій сівозміні зерно-бурякового виду з набором традиційних для регіону культур. Дослід, закладений в 1964 р., нині продовжується. Його основа – 10-пільна сівозміна, розгорнута в часі та просторі, реалізується на 10 фонах: без внесення добрив та з органічною, мінеральною і органо-мінеральною системами удобрення трьох рівнів застосування добрив. Розміщення полів і варіантів систематичне. Схема досліді розроблена так, що дає змогу оцінити високі дози добрив у контексті екології, низькі – з позиції економічної ефективності, а поєднання різних доз і видів добрив дає можливість встановити потенційні можливості вирощування культур.

У досліді польову сівозміну одночасно розгорнуто на всіх полях, що дає змогу щорічно отримувати дані продуктивності всіх культур сівозміни і виявляти вплив на них агрометеорологічних чинників та встановити ефективність добрив (табл. 1).

### 1. Схема тривалого польового досліді, закладеного з 1964 року

Варіант досліді	Насиченість на 1 га сівозмінної площі*			
	гній, т	мінеральні добрива, кг д. р.		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без добрив (контроль)	-	-	-	-
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	-	45,0	45,0	45,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	-	90,0 (135,0)	90,0 (135,0)	90,0 (135,0)
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	-	135,0	135,0	135,0
Гній 9 т	9,0	-	-	-
Гній 13,5 т	13,5	-	-	-
Гній 18 т	18,0 (13,5)	-	-	-
Гній 4,5 т + N <sub>22</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	4,5	22,0	34,0	18,0
Гній 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>68</sub> K <sub>36</sub>	9,0 (6,8)	45,0 (101,0)	68,0 (118,0)	36,0 (95,0)
Гній 13,5 т + N <sub>68</sub> P <sub>101</sub> K <sub>54</sub>	13,5	68,0	101,0	54,0

\* У дужках – I та II rotaції сівозміни.

Площа посівної ділянки становить 170 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>, повторність досліду триразова, розміщення варіантів послідовне. У досліді застосовували такі добрива: напівперепрілий підстилковий солом'яний гній великої рогатої худоби, аміачну селітру, суперфосфат гранульований, калій хлористий. В I і II ротаціях сівозміни калійні добрива вносили у вигляді калійної солі змішаної. Дози мінеральних добрив визначали за кількістю N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, що містилися у відповідних дозах гною і, залежно від культури, диференційовано розміщували у полях.

Питому активність радіонуклідів визначали спектрометричним методом, уміст мікроелементів – методом атомно-абсорбційної спектрометрії за ГОСТ 30178–96. Математичну обробку даних проводили методом двофакторного дисперсійного аналізу [11].

**Результати дослідження та їх обговорення.** У природі калій знаходиться у вигляді трьох ізотопів <sup>39</sup>K (93,1 %), <sup>41</sup>K (6,9 %) і радіоактивний <sup>40</sup>K (0,012 %). Із загальної кількості <sup>40</sup>K 88 % припадає на “м'яке” і лише 12 % на “жорстке” випромінювання. На загальному фоні природних джерел випромінювання <sup>40</sup>K становить 12 % [12].

Дослідження свідчать про те, що найвищою була питома активність <sup>40</sup>K, яка істотно змінювалася залежно від системи удобрення (табл. 2). Так, за мінеральної системи удобрення після конюшини питома активність підвищувалася до 69,3–87,2 Бк/кг зерна, або на 2–28 % порівняно з контролем (68,1 Бк/кг). За органо-мінеральної системи удобрення цей показник змінювався від 68,3 до 73,2 Бк/кг, тобто на 1–7 %. Найменшою була питома активність за органічної системи удобрення – від 68,5 до 69,1 Бк/кг зерна. На варіантах вирощування пшениці озимої після гороху питома активність змінювалася подібно, а після кукурудзи на силос була нижчою. За мінеральної системи удобрення питома активність зростала від 69,8 до 77,6 Бк/кг зерна, органо-мінеральної – від 68,2 до 71,7 та органічної – від 68,1 до 68,4 Бк/кг зерна.

У тривалих польових дослідях встановлено безпечність калійних добрив як носіїв радіоактивності, що створюється <sup>40</sup>K. Випро-

мінювання калію, що створює природний радіаційний фон, не обмежується діючими нормами і не є небезпечним для здоров'я людини [13]. Проте відома важлива екологічна функція калію – антагонізм відносно радіоактивних <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr. Значну роль калійних добрив для зниження інтенсивності та міграції радіонуклідів у системі ґрунт–рослина відзначають багато вчених [14, 15, 18]. Як показано [16], калій інгібує потрапляння <sup>137</sup>Cs до культур агроценозів. Найбільший ефект досягається за внесення високих доз калійних добрив [17].

Питома активність <sup>232</sup>Th була нижчою порівняно з <sup>40</sup>K і змінювалася від 18,1 до 22,8 Бк/кг зерна пшениці озимої. Підвищенню активності цього радіонукліду сприяло застосування мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення, однак органічна система майже не змінювала питому активності. З'ясовано також, що поглинання <sup>232</sup>Th було вищим на варіантах вирощування пшениці після конюшини та гороху – від 19,6 до 22,8 Бк/кг зерна, а після кукурудзи на силос – від 18,1 до 19,8 Бк/кг.

На питому активність <sup>226</sup>Ra майже не впливали досліджувані елементи агротехнології вирощування. Так, його активність змінювалася від 6,4 до 6,7 Бк/кг зерна за вирощування після конюшини, від 6,5 до 6,8 – після гороху та від 6,0 до 6,2 – після кукурудзи на силос залежно від системи удобрення.

Питома активність <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr була найнижчою порівняно з іншими радіонуклідами і змінювалася відповідно від 1,7 до 2,0 та від 0,8 до 1,1 Бк/кг зерна залежно від агротехнології вирощування. Це свідчить про те, що тривале застосування досліджуваних систем удобрення є безпечними. Крім цього, питома активність <sup>137</sup>Cs в 40–47 разів, а <sup>90</sup>Sr в 127–145 разів була нижчою порівняно з ГДК.

Мікроелементи беруть участь в окисно-відновних процесах, вуглецевому і азотному обміні. Під їх впливом збільшується вміст хлорофілу в листках, поліпшується фотосинтез, посилюється асиміляційна діяльність всієї рослини. Багато мікроелементів входять в активні центри ферментів і вітамінів. За внесення мікроелементів поліпшується баланс мінерального живлення рослин: мідь і бор впливають на азотне живлення, цинк

**2. Питома активність радіонуклідів у зерні пшениці озимої після тривалого  
(1964–2015 рр.) застосування добрив у польовій сівозміні, Бк/кг**

Варіант досліджу (фактор А)	<sup>40</sup> K	<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
<b>Попередник конюшина (фактор В)</b>					
Без добрив (контроль)	68,1	19,6	6,5	1,7	0,8
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	69,3	19,5	6,4	1,7	0,8
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	74,5	20,2	6,6	1,9	0,9
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	87,2	22,8	6,7	2,1	1,0
Гній 9 т	68,5	19,8	6,5	1,7	0,8
Гній 13,5 т	68,9	19,7	6,4	1,8	0,8
Гній 18 т	69,1	19,9	6,5	1,9	0,9
Гній 4,5 т + N <sub>22</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	68,3	19,7	6,6	1,7	0,8
Гній 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>68</sub> K <sub>36</sub>	69,9	20,0	6,4	1,9	0,8
Гній 13,5 т + N <sub>68</sub> P <sub>101</sub> K <sub>54</sub>	73,2	20,7	6,5	2,0	0,9
<b>Попередник горох</b>					
Без добрив (контроль)	68,4	19,5	6,6	1,7	0,8
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	70,1	19,8	6,7	1,8	0,8
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	76,2	20,4	6,7	1,9	1,0
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	86,4	21,7	6,8	2,1	1,1
Гній 9 т	68,1	19,5	6,5	1,7	0,7
Гній 13,5 т	70,2	19,9	6,6	1,7	0,8
Гній 18 т	69,8	19,8	6,5	1,8	0,9
Гній 4,5 т + N <sub>22</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	69,4	19,4	6,6	1,7	0,8
Гній 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>68</sub> K <sub>36</sub>	70,3	19,9	6,7	1,9	0,9
Гній 13,5 т + N <sub>68</sub> P <sub>101</sub> K <sub>54</sub>	74,1	21,1	6,7	2,0	1,0
<b>Попередник кукурудза на силос</b>					
Без добрив (контроль)	68,3	18,1	6,0	1,7	0,8
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	69,8	18,2	6,1	1,7	0,8
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	71,7	19,3	6,1	1,7	0,9
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	77,6	19,8	6,1	1,8	1,0
Гній 9 т	68,1	18,4	6,0	1,7	0,8
Гній 13,5 т	68,9	18,6	6,2	1,7	0,8
Гній 18 т	68,4	18,5	6,0	1,7	0,9
Гній 4,5 т + N <sub>22</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	68,2	18,3	6,1	1,7	0,8
Гній 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>68</sub> K <sub>36</sub>	69,5	18,9	6,2	1,7	0,8
Гній 13,5 т + N <sub>68</sub> P <sub>101</sub> K <sub>54</sub>	71,7	19,2	6,0	1,8	0,9
НІР <sub>05</sub>	А	1,7	0,5	0,2	0,1
	В	1,4	0,4	0,2	0,1
ГДК	-	-	-	80	140

змінює проникність клітинних мембран для калію і магнію; надходження магнію в рослини поліпшується за достатнього забезпечення міддю, цинком і бором. Дефіцит цинку, молібдену, надлишок кобальту і марганцю викликають зменшення надходження амонійного азоту, а міді і мангану знижує швидкість поглинання рослинами нітратного азоту [19].

Наявність азоту, фосфору та калію в поживному середовищі великою мірою визначає інтенсивність росту рослин і поглинання ними інших елементів живлення. Поліпшення азотного живлення збільшує присутність в рослинах міді, заліза, мангану й цинку. Надмірне фосфорне та калійне живлення знижує присутність в рослинах міді, заліза й мангану. За різних рівнів забезпеченості елементами міне-

рального живлення взаємодія між ними відбувається неоднаково, можливі швидкі переходи процесів антагонізму в синергізм, і навпаки [20].

З'ясовано, що тривале застосування добрив після конюшини вміст мангану зменшує на 4–17 % за мінеральної системи, 4–19 – за органічної та на 8–20 % – за органо-мінеральної системи удобрення (табл. 3). Уміст заліза знижується відповідно на 3–8 %, 5–6 і 3–9 %; уміст міді – на 6–35 %, 2–5 і 1–6 %; уміст кобальту – на 10–24 %, 13–20 і 11–21 %; уміст нікелю – на 21–64 %, 58–62 і 58–59 %, уміст кадмію – на 38–69, 54–77 і 50–81 %. Змінювався подібно і вміст досліджуваних елементів у варіантах вирощування пшениці озимої після гороху та кукурудзи на силос.

**3. Вміст хімічних елементів у зерні пшениці озимої після тривалого (з 1965 р.) застосування добрив у польовій сівозміні, мг/кг**

Варіант досліджу (фактор А)	Mn	Fe	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd
<b>Попередник конюшина (фактор В)</b>									
Без добрив (контроль)	33,8	26,6	18,1	2,18	1,28	0,73	0,85	0,33	0,26
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	28,1	24,5	18,6	2,05	1,15	0,26	0,96	0,37	0,16
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	30,8	25,4	15,3	1,97	1,09	0,31	1,24	0,38	0,10
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	32,4	25,8	15,0	1,42	0,97	0,34	1,55	0,39	0,08
Гній 9 т	32,4	24,9	18,9	2,19	1,11	0,28	0,56	0,32	0,12
Гній 13,5 т	29,7	25,3	19,2	2,13	1,08	0,29	0,48	0,33	0,08
Гній 18 т	27,4	25,4	20,1	2,08	1,02	0,31	0,31	0,35	0,06
Гній 4,5 т + N <sub>22</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	31,1	25,8	18,7	2,17	1,14	0,31	0,62	0,30	0,13
Гній 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>68</sub> K <sub>36</sub>	28,5	25,4	18,3	2,11	1,09	0,28	0,52	0,34	0,06
Гній 13,5 т + N <sub>68</sub> P <sub>101</sub> K <sub>54</sub>	27,2	24,3	17,9	2,05	1,01	0,30	0,30	0,38	0,05
<b>Попередник горох</b>									
Без добрив (контроль)	34,1	26,7	18,0	2,17	1,29	0,72	0,84	0,32	0,25
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	28,5	24,5	18,2	2,06	1,16	0,24	0,95	0,35	0,14
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	30,7	25,5	15,4	1,95	1,07	0,30	1,23	0,38	0,11
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	32,5	25,6	15,1	1,43	0,97	0,32	1,54	0,37	0,07
Гній 9 т	32,3	24,7	18,7	2,16	1,12	0,27	0,56	0,32	0,13
Гній 13,5 т	29,9	25,2	19,3	2,14	1,07	0,29	0,47	0,31	0,06
Гній 18 т	27,5	25,5	20,1	2,09	1,01	0,30	0,32	0,32	0,06
Гній 4,5 т + N <sub>22</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	31,2	25,8	18,6	2,15	1,13	0,31	0,61	0,31	0,12
Гній 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>68</sub> K <sub>36</sub>	28,6	25,3	18,4	2,10	1,08	0,27	0,52	0,33	0,07
Гній 13,5 т + N <sub>68</sub> P <sub>101</sub> K <sub>54</sub>	27,1	24,2	17,7	2,04	1,02	0,29	0,32	0,32	0,06

Продовження табл. 3

Варіант досліду (фактор А)	Mn	Fe	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd	
<b>Попередник кукурудза на силос</b>										
Без добрив (контроль)	30,2	25,1	16,5	2,10	1,21	0,64	0,61	0,25	0,21	
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	29,7	25,0	16,6	2,12	1,20	0,62	0,62	0,26	0,20	
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	27,2	24,6	16,0	2,04	1,10	0,34	0,84	0,28	0,16	
N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	25,1	24,3	15,2	1,98	0,98	0,31	0,91	0,30	0,11	
Гній 9 т	29,6	24,9	17,4	2,12	1,18	0,59	0,59	0,24	0,19	
Гній 13,5 т	29,1	25,0	18,6	2,10	1,14	0,39	0,51	0,25	0,12	
Гній 18 т	28,2	25,3	19,7	2,09	1,12	0,34	0,42	0,29	0,08	
Гній 4,5 т + N <sub>22</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	29,5	24,7	16,7	2,11	1,19	0,54	0,55	0,30	0,18	
Гній 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>68</sub> K <sub>36</sub>	28,6	24,6	16,4	2,06	1,12	0,49	0,51	0,33	0,13	
Гній 13,5 т + N <sub>68</sub> P <sub>101</sub> K <sub>54</sub>	28,3	24,3	16,3	2,01	1,05	0,43	0,47	0,36	0,09	
HIP <sub>05</sub>	A	0,8	0,6	0,4	0,05	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01
	B	0,6	0,4	0,3	0,04	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01
ГДК	40,0	100,0	50,0	10,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,1	

Вміст цинку та хрому в зерні пшениці озимої мав іншу закономірність. Так, вміст цинку у варіанті без добрив за вирощування після конюшини становив 18,1 %, збільшуючись до 18,7 мг/кг зерна за одинарної норми добрив мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення. Середнє та високе насичення добривами зменшувало вміст цинку на 1–17 %. Проте застосування органічних добрив сприяло підвищенню вмісту цинку до 18,9–20,1 %.

Уміст хрому збільшувався лише за мінеральної системи удобрення на 13–82 %, проте за органічної системи удобрення зменшувався на 34–64 і 65–67 % – за органо-мінеральної. Подібні зміни виявлено під час вирощування пшениці озимої після гороху та кукурудзи на силос.

З покращенням мінерального живлення істотно збільшувався вміст свинцю в зерні (HIP<sub>05</sub> = 0,01) і залежав від варіанта досліду, проте значення завжди було нижче ГДК.

Зазначимо, що вміст кобальту в 1,2–1,3 раза, хрому – в 1,2–1,7 і кадмію – в 2,1–2,6 раза перебільшували ГДК, проте вміст кобальту в зерні пшениці озимої не перевищував його за високого насичення 1 га сівозміни мінеральними добривами. Безпечний вміст хрому отримано за органічної та органо-мінеральної системи удобрення, а вміст кадмію – за середнього та високого насичення 1 га площі сівозміни добривами. Крім цього, під час розмелювання зерна вміст важких металів знижується в борошні: цинку в 1,4 раза, міді – в 3,3, свинцю – удвічі, кадмію – в 1,4, нікелю – в 1,3 раза порівняно із зерном [4].

### Висновки

Уміст радіоактивних нуклідів і хімічних елементів істотно змінювався залежно від тривалого застосування різних доз добрив і систем удобрення в польовій сівозміні. З'ясовано, що в зерні після тривалого застосування мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення істотно підвищується питома активність радіонуклідів, а найвищу активність має <sup>40</sup>K. Питома активність <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr у зерні

не перевищувала ГДК. Тривале застосування добрив зменшує вміст Mn, Fe, Cu, Co, Ni, Cd і Pb у зерні пшениці озимої, вміст Cr – за органічної та органо-мінеральної систем удобрення, а вміст Zn підвищується за тривалого внесення органічних добрив. Застосування високих доз органічних та органо-мінеральних добрив сприяє зменшенню вмісту токсичних елементів: кобальту, хрому та кадмію.

### **Бібліографія**

1. *Господаренко Г.М.* Вплив тривалого застосування добрив на вміст легкорозчинних сполук калію в чорноземі опідзоленому / *Г.М. Господаренко, І.В. Прокопчук, О.В. Нікітіна* // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2015. – № 1. – С. 5–13.
2. *Господаренко Г.М.* Фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого в тривалому польовому досліді / *Г.М. Господаренко, І.В. Прокопчук, О.В. Нікітіна* // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2015. – Вип. 87. – С. 7–13.
3. Тяжелые металлы в системе элемент–почва–зерновые культуры / *О.Я. Соколова, А.В. Стряпков, С.В. Антимонов, С.Ю. Соловых* // Вестник ОГУ. – 2006. – № 4. – С. 106–110.
4. *Васбиева М.Т.* Влияние длительного применения осадков сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и растениях / *М.Т. Васбиева, Д.С. Зинovieв* // Плодородие. – 2013. – № 5. – С. 35–37.
5. *Tyler G.* Heavy metal pollution and soil enzymation activity Plant and soil Biology of North–West Caucasus / *G. Tyler* // Summaries of Latinamerican Congress of Soil Science Chile. – 1999. – 206 p.
6. *Алитов Ш.И.* Влияние средств химизации на соединение тяжелых металлов в почве, растениях и промывных водах / *Ш.И. Алитов, Н.В. Смолин, С.В. Путаев* // Вестник Краснодарского ГАУ. – 2000. – № 2. – С. 57–60.
7. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции / *Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Ф.В. Моисеенко, М.Г. Драганская* // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 36. – С. 22–29.
8. *Эмсли Дж.* Элементы / *Дж. Эмсли.* – М.: Мир, 1993. – 256 с.
9. *Хоботова Е.Б.* Радіаційно-екологічні аспекти застосування добрив / *Е.Б. Хоботова, М.І. Уханьова, О.В. Гречешкіна* // Вісник СевДТУ. – 2009. – Вип. 97. – С. 137–176.
10. *Коваленко Г.Д.* Радиоэкология Украины / *Г.Д. Коваленко, К.Г. Рудя.* – К.: Київський університет, 2001. – 167 с.
11. Основы научных исследований в агрономии / [*Єценко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогрив П.В.*]. – К., 2005. – 286 с.
12. *Гудков І.М.* Радіоекологія / *І.М. Гудков, В.А. Гайченко, В.О. Кашипаров.* – К.: НУБіП України, 2011. – 368 с.
13. *Прокошев В.В.* Калий и калийные удобрения / *В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин.* – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
14. *Алексахин Р.М.* Поведение <sup>137</sup>Cs в системе почва–растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклидов в урожае / *Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров* // Агрехимия. – 1992. – № 8. – С. 127–138.
15. *Дричко В.Ф.* Системы методов изучения почвенного покрова, деградированного под влиянием химического загрязнения / *В.Ф. Дричко, Т.М. Поникарова* // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 1992. – С. 51–54.
16. *Алексахин Р.М.* Поведение радионуклидов в системе почва–растение и ведение растениеводства на подвергшихся радиоактивному загрязнению территориях / *Р.М. Алексахин, А.Н. Ратников, Н.И. Санжарова* // Вестник РАСХН. – 1996. – № 4. – С. 18–20.
17. *Прищеп Н.И.* Совершенствование методологии агрохимических исследований / *Н.И. Прищеп, Е.В. Присянников, С.О. Коровяковская.* – М.: Изд-во МГУ, 1997. – С. 152–165.
18. *Ma J.F.* Fertilizer and Plant Silicon Research in Japan / *J.F. Ma, E. Takahashi.* – Amsterdam, 2002. – 215 p.
19. *Господаренко Г.М.* Агрехимія / *Г.М. Господаренко.* – К.: ТОВ “СІК ГРУП УКРАЇНА”, 2015. – 376 с.
20. Пшениця спельта / [*Г.М. Господаренко, П.В. Костогрив, В.В. Любич, Ф.М. Парій, С.П. Полторецький, І.О. Полянецька, Л.О. Рябовол, Я.С. Рябовол, О.Г. Сухомуд*]; за заг. ред. *Г.М. Господаренка.* – К.: ТОВ “СІК ГРУП Україна”, 2016. – 312 с.