

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 2 (174) 2022

УДК 631/635(062.552):378.4(477.41) БНАУ
А 26

Агробіологія = Agrobiology: збірник наукових праць. № 2 (174) 2022. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2022. 167 с. DOI 10.33245

Засновник, редакція, видавець і виготовлювач:
Білоцерківський національний аграрний університет (БНАУ)

Збірник розглянуто і затверджено до друку рішенням Вченої ради БНАУ
(Протокол № 11 від 27.12.2022 р.)

«Агробіологія» («Agrobiology») – збірник наукових праць є фаховим виданням, який включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» (Наказ Міністерства освіти і науки України № 1643 від 28.12.2019 р.), і є продовженням «Вісника Білоцерківського державного аграрного університету», започаткованого 1992 року. Збірник представлено на порталі Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar, Crossref.

Редакційна колегія:

Головний редактор – **Карпук Л.М.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Заступник головного редактора – **Єзерковська Л.В.**, канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Члени редакційної колегії:

Базіль П., гол. інженер, Французька асоціація географічної інформації (AFIGEO), Сен-Манде, Франція

Белік П., д-р габіл., проф., Словацький сільськогосподарський університет, Нітра, Словацька Республіка

Вахній С.П., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Грабовський М.Б., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Демидась Г.І., д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Заячук В.Я., канд. с.-г. наук, доцент, Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна

Ішук Г.П., канд. с.-г. наук, доцент, Уманський національний університет садівництва, Умань, Україна

Ішук Л.П., д-р біол. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Лавров В.В., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Литвиненко М.А., д-р с.-г. наук, проф., академік НААН, Селекційно-генетичний інститут Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення, Одеса, Україна

Лобачова С.В., ст. викладач, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Марченко А.Б., д-р с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Примак І.Д., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Рубік Х., д-р філософії, доц., Чеський університет природничих наук, Прага, Чехія

Сич З.Д., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Ткаченко Н., д-р філософії, Університет Варвіка, Ковентрі, Великобританія

Фучило Я.Д., д-р с.-г. наук, проф., Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, Україна

Хахула В.С., канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Хрик В.М., канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Шмідке К., д-р наук, проф., Науково-дослідницький інститут органічного землеробства, Фрік, Швейцарія

Юхновський В.Ю., д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Editorial board:

Editor-in-Chief – **Karpuk L.**, D.Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine Deputy
Editor-in-Chief – **Ezerkovska L.**, PhD, Assistant Professor, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Members of editorial board:

Bazile P., Chief Engineer, French Association for Geographic Information (AFIGEO), Saint-Mandé, France

Bielik P., Dr habil., Professor, Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

Demydas' G., Dr of Agriculture Science, Professor, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

Fuchylo Ya., Dr of Agriculture Science, Professor, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAN, Kyiv, Ukraine

Grabovskiy M., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Ishchuk H., Candidate of agricultural Science, Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Ishchuk L., Dr of Biological Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Khakhula V., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Khryk V., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Lavrov V., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Lobachova S., Senior Lecturer, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Lytvynenko M., Dr of Agriculture Science, Professor, Academician of NAAS, Breeding and Genetic Institute of the National Center for Seed Science and Variety Research, Odessa, Ukraine

Marchenko A., Dr of Agriculture Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Prymak I., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Roubík H., PhD, Associate Professor, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

Schmidtke K., Dr., Professor, Research Institute of Organic Agriculture, Frick, Switzerland

Sych Z., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Tkachenko N., PhD, University of Warwick, Coventry, United Kingdom

Vakhniy S., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Yukhnovskiy V., Dr of Agriculture Science, Professor, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

Zayachuk V., Candidate of agricultural Science, Associate Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

Адреса редакції: Білоцерківський національний аграрний університет, Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква, 09117, Україна, e-mail: redakciaviddil@ukr.net.

ЗМІСТ

Фурманець М.Г., Фурманець Ю.С., Фурманець І.Ю. Щільність будови темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем обробітку під культурами сівозміння.....	6
Романчук Л.Д., Вишнівський П.С., Можарівська І.А. Концентрація важких металів у фітомасі енергетичних культур при вирощуванні в умовах Житомирського Полісся.....	13
Данюк Ю.С., Балагура О.В. Наростання вегетативної маси верби залежно від сортових особливостей та періоду заготівлі садивного матеріалу.....	19
Давиденко С.Ю. Урожайність зерна гібридів сорго різних груп стиглості за впливу норми висіву насіння та ширини міжрядь у Північному Степу України.....	27
Вінічук М.М. Ефективність позакореневого підживлення ярої пшениці сорту Струна миронівська сполуками цинку та марганцю в умовах Полісся України.....	37
Хіврич О.Б., Ганженко О.М., Атаманюк О.М., Сенчук С.М., Клименко В.П. Вплив строків збирання енергетичних буряків цукрових в зоні Лісостепу України на вихід біогазу.....	48
Лозінський М.В., Устинова Г.Л., Федорук Ю.В. Вплив генотипу і умов року на трансгресивну мінливість за довжиною стебла у популяції другого покоління пшениці м'якої озимої.....	56
Говенько Р.В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи.....	68
Разанов С.Ф., Вдовенко С.А., Коминар М.Ф., Недашківський В.М., Качмар Н.В. Вплив мінерального удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення радіоцезію та важких металів у квітковому пилку соняшнику.....	79
Правдива Л.А., Атаманюк О.М., Яланський О.В. Формування біометричних показників сорго звичайного двокольорового (<i>Sorghum bicolor</i> L.) в умовах Правобережного Лісостепу України.....	87
Глеваський В.І., Городецький О.С., Куянов В.В. Роль генетичних і біологічних особливостей рослин у формуванні врожаю буряків цукрових при різних строках сівби.....	96
Миколайко І.І. Оцінка потенціалу побічної продукції гірчиці для удобрення.....	106
Кратюк О.Л. Дослідження видового різноманіття рослин лісів ДП «Радомишльське ЛМГ».....	112
Романчук Л.Д., Діденко П.В. Санітарний стан соснових насаджень Полісся Житомирщини.....	120
Лось Р.М., Дубовик Н.С. Дослідження сучасних сортів пшениці озимої за урожайністю залежно від умов вирощування.....	128
Марченко А.Б. Екологічні аспекти прояву інвазійного виду <i>Cydalima perspectalis</i> (Walker, 1859) в урбанізованих екосистемах.....	138
Марченко А.Б., Роговський С.В., Олешко О.Г., Струтинська Ю.В. Дендрофлора ботанічного саду бнау та перспективи її збагачення у зв'язку із розвитком території як об'єкта природно-заповідного фонду.....	147
Єщенко В.О., Коваль Г.В., Накльока Ю.І. Плюси і мінуси no-till технології.....	156

УДК 631.41.633.17.551.521

Концентрація важких металів у фітомасі енергетичних культур при вирощуванні в умовах Житомирського Полісся

Романчук Л.Д.,  Вишнівський П.С.,  Можарівська І.А. 

Поліський національний університет

✉ innamozharivska@gmail.com



Романчук Л.Д., Вишнівський П.С., Можарівська І.А. Концентрація важких металів у фітомасі енергетичних культур при вирощуванні в умовах Житомирського Полісся. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 2. С. 13–18.

Romanchuk L., Vyshnivskiy P., Mozharivska I. The concentration of heavy metals in the energy crops phytomass when grown in the conditions of Zhytomyr Polissia. «Agrobiology», 2022. no. 2, pp. 13–18.

Рукопис отримано: 08.09.2022 р.
Прийнято: 23.09.2022 р.
Затверджено до друку: 27.12.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-174-2-13-18

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Наслідки аварії на ЧАЕС призвели до забруднення важкими металами сільськогосподарських угідь дванадцяти областей України. Контролюванню підлягають більш як 50 тис. гектарів найродючіших земель [2].

Забруднення важкими металами є одним з найбільш поширених і найсильніших за ді-

Високий рівень техногенного навантаження на агроландшафти останнім часом призводить до підвищеного рівня забруднення їх важкими металами, які належать до найшкідливіших для навколишнього середовища хімічних забруднювальних речовин. Важкі метали передаються по трофічних ланцюгах з вираженим кумулятивним ефектом, у зв'язку з чим токсичність їх може проявлятися раптово на окремих ланках трофічних ланцюгів. небезпека від важких металів визначається тим, що на відміну від органічних забруднювачів вони не руйнуються, а переходять з однієї форми в іншу [1].

За результатами дослідження було встановлено, що накопичення важких металів енергетичними рослинами залежить від виду культури. Доведено, що концентрація важких металів у рослинах енергетичних культур за вирощування на території радіоактивного забруднення знаходилася у межах гранично допустимих концентрацій.

За вирощування усіх енергетичних культур у варіанті без добрив, було відмічено найнижчу концентрацію токсикантів.

Предметом дослідження були енергетичні культури (*Silhium perfoliatum* L., *Sorghum alnum* Parodi, *Bunias orientalis* L., *Sida hermaphrodita* Rusby, *Miscanthus giganteus* G.), важкі метали в рослинах, дерново-підзолистий супіщаний ґрунт, мінеральні добрива.

Метою досліджень було визначення у фітомасі енергетичних культур концентрації токсичних речовин, які вирощувалися на забруднених радіонуклідами територіях внаслідок аварії на ЧАЕС.

Під час виконання роботи використовували як загальнонаукові, так і спеціальні методи досліджень: польовий – для проведення стаціонарних та короткострокових польових дослідів, аналітичний – для визначення вмісту важких металів у рослинах (сильфія пронизанолистого, сорго багаторічного, свербиги східної, сіди багаторічної, міскантуса гігантського).

Дослідження проводили впродовж 2017–2020 рр. на дерново-підзолистих ґрунтах на території с. Христинівка Житомирської області, яка належить до зони безумовного обов'язкового відселення (2-а зона радіоактивного забруднення).

Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на встановлення закономірностей розподілу важких металів у шарах ґрунту за вирощування енергетичних культур.

Ключові слова: сіда багаторічна, сильфій пронизанолистий, сорго багаторічне, свербига східна, міскантус гігантський, свинець, кадмій, мідь, цинк.

єю хімічних елементів [3, 4]. Забруднення важкими металами атмосфери, ґрунту, води знижує продуктивність сільськогосподарських культур та порушує природно сформовані фітоценози, зумовлює за певних умов деструкцію асиміляційного потенціалу фітомаси, призводить до порушення процесів органогенезу у вигляді специфічних змін, що виникають у рослин, та по-

гіршує якість продуктів сільського господарства [5, 6].

Підвищений вміст важких металів у рослинах залежить від фенофази розвитку рослин. Найбільша кількість металів накопичується в них наприкінці періоду росту. Винос рослинами важких металів не завжди пов'язаний з їх кількістю в ґрунті, оскільки чим більше в ґрунті органічної речовини, тим більше вона адсорбує метали, утворюючи сполуки типу хелатів [7]. Перехід у рослини металів і коефіцієнт їх поглинання зумовлені загалом вмістом їх рухомих форм, співвідношенням у ґрунті металів, проявом процесів антагонізму іонів тощо.

На техногенно забруднених територіях вміст важких металів у ґрунті та продукції рослинництва є додатковим до радіоактивного негативним чинником, сукупна дія яких на сьогодні час мало досліджена. Вивчення цієї проблематики відображено у наукових працях Л.Д. Романчук, С.М. Рижук, І.Т. Слюсара, В.А. Вергунова, А.М. Русанова, Е.В. Блохіна, Н.Н. Зеніна, Е.А. Милякова, А.Н. Ратніков, Т.Л. Жигарьова, Д.Г. Свириденко, Г.І. Попова [8].

Поведінка важких металів у системі ґрунт–рослина визначається багатьма чинниками, а саме: їх концентрацією і формою вмісту в ґрунті, вмістом гумуса, механічним і мінералогічним складом ґрунту, рН, рівнем окислювально-відновного потенціалу та біологічними особливостями рослин. Тому слід відмітити, що надходження важких металів у рослини наразі вивчено недостатньо [9, 10].

Згідно із прогнозами, у перспективі важкі метали можуть стати більш небезпечними, ніж відходи атомних електростанцій і поділити перше місце з пести-

цидами. За останні роки забруднення ними навколишнього середовища збільшилося у 3 рази [11–13].

Забруднення навколишнього середовища важкими металами створило серйозні проблеми для безпечного сільськогосподарського використання ґрунтів та фітомаси сільськогосподарських рослин.

Тому **метою** досліджень було визначення концентрації важких металів у фітомасі енергетичних культур в умовах радіоактивного забруднення.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2017–2020 рр. на дерново-підзолистих ґрунтах території Мотіїківської сільської ради (с. Христинівка) Народицького району Житомирської області, яка належить до зони безумовного обов'язкового відселення (2-а зона радіоактивного забруднення).

Територія дослідної ділянки характеризується рівнинним рельєфом. Поверхня ґрунту задернована, після аварії на Чорнобильській АЕС – ділянка не була в сільськогосподарському використанні. Ґрунт – дерново середньо підзолистий, глеюватий на водо-льодовикових покривах, характеризується супіщаним механічним складом, доброю водопроникністю та аерацією, що сприяє відносно швидкому розкладанню органічних речовин і значному вимиванню елементів мінерального живлення з верхніх горизонтів у нижній.

Вихідний матеріал енергетичних рослин було отримано в Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України. Оригіном сортів: Фітоенергія (2008 р.), Олімпійська (2008 р.), Переможець (2008 р.), Колумбо (2008 р.), Гулівер (2012 р.) є Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України.

Схема досліджень енергетичних культур:

Сіда багаторічна (*Sida hermaphrodita*)
Сильфій пронизанолистий (*Silvium perfoliatum*)
Сорго багаторічне (*Sorghum alatum Parodi*)
Свербіга східна (*Bunias orientalis*)
Міскантус-гігантеус (*Miscanthus giganteus*)

сорт Фітоенергія;
сорт Переможець;
сорт Колумбо;
сорт Олімпійська;
сорт Гулівер.

Культури вирощували на 2-х фонах удобрення: без добрив (контроль); N₅₀P₅₀K₅₀. Енергетичні культури вирощувалися за загальноприйнятими технологіями. Повторність

дослідів 6-кратна, розміщення повторень в один ярус, варіантів – систематичне. Загальна площа ділянки 195 м², площа посівної ділянки – 2,5 м², облікової – 1,5 м².

Відбір зразків ґрунту для визначення важких металів проводили згідно ДСТУ 4287:2004 [14]. ДСТУ ISO 10381-5:2009. Якість ґрунту. Відбирання проб [Чинний від 2009-07-29]. Київ Держспоживстандарт України, 2004. 25 с.

Підготовку рослинних зразків енергетичних культур для визначення важких металів здійснювали методом сухої мінералізації згідно з ДСТУ 7670:2014 [15] та ДСТУ 8123:2015 [16].

Масову концентрацію важких металів у продукції визначали атомно-абсорбційним

методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С115-1М відповідно до ГОСТу 30178-96 [17].

Результати дослідження та обговорення. Результати лабораторних досліджень зеленої маси енергетичних культур (*Silvum per-foliatum* L., *Sorghum alnum* Parodi, *Bunias orientalis* L., *Sida hermaphrodita* Rusby, *Miscanthus giganteus* G.) показали, що усі досліджувані культури не перевищували встановлений норматив за вмістом важких металів для кормів (табл. 1).

Таблиця 1 – Концентрація важких металів у фітомасі енергетичних культур (2017–2020 рр.)

Культура	Варіант удобрення	Важкі метали, мг/кг			
		Pb	Cd	Cu	Zn
Сіда багаторічна	контроль	1,65	0,186	4,21	26,44
	N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	1,77	0,198	4,00	28,10
Сильфій пронизанолистий	контроль	2,65	0,234	5,79	32,83
	N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,89	0,253	5,60	34,50
Сорго багаторічне	контроль	2,02	0,197	5,38	27,94
	N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,19	0,212	5,15	29,80
Свербіга східна	контроль	2,53	0,221	5,47	31,50
	N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,77	0,240	5,26	33,02
Міскантус гігантеус	контроль	1,87	0,191	4,79	25,55
	N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	2,02	0,205	4,57	27,10
ГДК, мг/кг		5,0	0,3	10,0	50,0
НІР ₀₅		0,11	0,01	0,14	1,24

Порівнюючи концентрацію свинцю у фітомасі рослин слід зазначити, що найбільший вміст цього елемента відмічено у рослинах сильфію пронизанолистого та свербіги східної [18]. Цей показник знаходився у межах 2,65–2,89 та 2,53–2,77 мг/кг, відповідно, по культурах. Найнижчий вміст свинцю відмічено у рослинах сіди багаторічної (1,65–1,77 мг/кг). Щодо сорго багаторічного та міскантуса гігантеуса, то вміст токсиканта варіював к межах 2,02–2,19 мг/кг та 1,87–2,00 мг/кг, відповідно.

Також відмічено різницю за вмістом свинцю між варіантами удобрення, тобто найнижча концентрація цього елемента була за вирощування усіх енергетичних культур у варіанті без добрив – 1,65–2,65 мг/кг. За вирощування культур із застосуванням доб-

рив валовий вміст елемента був на рівні 1,77; 2,02; 2,19; 2,77; 2,89 мг/кг, відповідно, у сіди багаторічної, міскантуса гігантеуса, сорго багаторічного, свербіги східної, сильфія пронизанолистого. Тобто у разі застосування мінеральних добрив вміст свинцю у фітомасі досліджуваних рослин порівняно із контролем більший на 7,3; 8,0; 8,4; 9,0; 9,5 % за вирощування сіди багаторічної, міскантуса гігантеуса, сорго багаторічного, сильфія пронизанолистого та свербіги східної відповідно, однак, ці показники значно нижчі ГДК [19, 20].

Концентрація кадмію у рослинах енергетичних культур варіювала від 0,186 до 0,253 мг/кг. Найнижчу концентрацію кадмію відмічено у фітомасі сіди багаторічної (0,186–0,198 мг/кг), а найвищу – у рослинах

сильфія пронизанолистого (0,234–0,253 мг/кг). За вирощування енергетичних культур у варіантах без добрив вміст кадмію був на 6,9–8,6 % вищим порівняно із контролем.

Що стосується таких токсикантів як мідь і цинк, то їх уміст у фітомасі енергетичних культур за вирощування на радіоактивно забруднених територіях також був значно нижче ГДК і знаходився у межах 4,00–5,79 та 25,55–34,50 мг/кг, відповідно.

Концентрація міді була найвищою у рослинах свербиги східної (5,26–5,47 мг/кг) та сильфія пронизанолистого (5,60–5,79 мг/кг). Найнижчий валовий вміст відмічено у рослинах сіди багаторічної, де концентрація токсиканта була у межах 4,00–4,21 мг/кг.

Найвищий вміст цинку відмічено у рослинах сильфія пронизанолистого, де його концентрація варіювала від 32,83 до 34,50 мг/кг. Найнижчу концентрацію цинку мали рослини міскантуса гігантеуса та сіди багаторічної за вирощування без застосування добрив (25,55–26,44 мг/кг).

Також встановлено, що при вирощуванні енергетичних культур у варіантах із застосуванням мінеральних добрив спостерігався несуттєво підвищений вміст міді та цинку у фітомасі порівняно із вирощуванням культур без добрив. Зокрема, вміст міді був вищим на 3,3; 3,8; 4,3; 4,6; 5,0 % за вирощування сильфія пронизанолистого, свербиги східної, сорго багаторічного, міскантуса гігантеуса та сіди багаторічної, а вміст цинку – на 5,1; 5,7; 6,0; 6,3; 6,7 % відповідно.

Висновки. Отже встановлено, що прояв накопичення важких металів рослинами залежав від виду культури. Концентрація важких металів у рослинах енергетичних культур за вирощування на території радіоактивного забруднення знаходилася у межах гранично допустимих концентрацій.

Найнижчу концентрацію токсикантів відмічено за вирощування усіх енергетичних культур у варіанті без добрив. Найбільший вміст важких металів відмічено у фітомасі сильфію пронизанолистого, а найнижчий – у рослинах сіди багаторічної, крім концентрації цинку. Найнижчий вміст цинку був у фітомасі міскантуса гігантеуса.

У зв'язку з цим, ведення землеробства на забруднених важкими металами ґрунтах є одним з актуальних питань для агроекологів. Забруднені важкими металами ґрунти потребують спеціальних засобів детоксикації ґрунту, що могли б не допустити надходження їх у рослинницьку продукцію. З огляду на це, дослідження токсичного впливу важких металів на природну ланку «ґрунт–рослина» і розробка заходів з детоксикації ґрунту є надзвичайно важливими.

Подяка. Автор висловлює подяку співробітникам відділу культурної флори Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України за наукову співпрацю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Нац. доповідь України / В.І. Балога та ін. Київ: Атіка, 2006. 224 с.
2. Возіанова О.Ф., Бебешка В.Г., Базики Д.А. Медичні наслідки аварії на Чорнобильській атомній електростанції: монографія. Київ: ДІА, 2007. 800 с.
3. Агроекологія: навч. посібник / О.Ф. Смаглій та ін. Київ: Вища освіта, 2006. 671 с.
4. Агрохімія: підручник / М.М. Городній та ін. Київ: Алефа, 2003. 778 с.
5. Основи землеробства: підручник / О.Ф. Смаглій та ін. Житомир: Держ. агрокол. ун-т, 2008. 514 с.
6. Бенцаровський Д.М., Дацько Л.В. Зміна родючості ґрунтів України під впливом сільськогосподарського використання. Охорона родючості ґрунтів. 2004. Вип. 1. 123 с.
7. Созінов О.О. Чорнобильська трагедія і агро-екологія. Агрокол. журн. 2001. № 1. С. 50–58.
8. Рижук С.М., Слюсар І.Т., Вергунов В.А. Агро-екологічні особливості високоефективного використання осушуваних торфових ґрунтів Полісся і Лісостепу. Київ: Аграрна наука. 2002. 136 с.
9. Сухарев С.М., Чудак С.Ю., Сухарева О.Ю. Основи екології та охорони довкілля: навч. Посібник. Київ: Центр навч. літератури, 2006. 394 с.
10. Продуктивность сельскохозяйственных культур и накопление в урожае ¹³⁷Cs и тяжелых металлов на почвах нечерноземной зоны / А.Н. Ратников и др. Вестник РУДН. 2003. № 9. С. 188–191.
11. Романчук Л.Д. Радіоекологічна оцінка формування дозового навантаження у мешканців сільських територій Полісся України: монографія. Житомир: ЖНАЕУ. 2015. 300 с.
12. Трембіцький В.А. Агроекологічний стан ґрунтів правобережного Полісся України, вдосконалення управління їх родючістю і продуктивністю агроценозів: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Житомир, 2004. 22 с.
13. Бенцаровський Д.М., Дацько Л.В. Зміна родючості ґрунтів України під впливом сільськогосподарського використання. Охорона родючості ґрунтів. 2004. Вип. 1. 123 с.

14. ДСТУ ISO 10381-5: 2009. Якість ґрунту. Відбирання проб [Чинний від 2009-07-29]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 25 с.

15. ДСТУ 7670: 2014. Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних речовин. [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2014. 18 с.

16. ДСТУ 8123: 2015. Визначення важких металів у кормах. [Чинний від 2001-06-27]. Київ, 2004. 22 с.

17. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. Москва, 2001. 20 с.

18. Можарівська І.А. Вирощування енергетичних культур на забруднених радонуклідами територіях. Природне агровиробництво: проблеми становлення, перспективи розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (22–23 жовтня 2015 р.). Дніпропетровськ, 2015. С. 109–111.

19. Ковальова С.П., Можарівська І.А. Концентрація важких металів у ґрунті при вирощуванні енергетичних культур на території радіоактивного забруднення. Наукові горизонти, 2020. № 03 (88). С. 121–126.

20. Олійник Є., Єлови́кова Т. Вирощування енергетичних плантацій. Інститут технічної теплофізики НАН України «Біомаса». 2010. С. 29–43.

REFERENCES

1. Baloha, V.I. (Ed.) (2006). 20 rokiv Chornobylskoi katastrofy. Pohliad u maibutnie: Nats. Dopovid Ukrainy [20 years of the Chernobyl disaster. A look into the future: National report of Ukraine]. Kyiv, Atika, 224 p.

2. Vozianova, O.F., Bebeska, V.H., Bazyky, D.A. (2007). Medychni naslidky avarii na Chornobylskii atomnii elektrostantsii [Medical consequences of an accident on Chernobyl nuclear power plant]. Kyiv, DIA, 800 p.

3. Smahlii, O.F., Kardashov, A.T., Lytvak, P.V., Malynovskiy, A.S., Radko, V.H., Rybak, M.F., Talko, S.M., Khrapiichuk, P.P., Shudrenko, I.V., Didora, V.H., Dema, V.M. (2006). Ahroekolohiia [Agroecology]. Kyiv, Higher education, 671 p.

4. Horodnii, M.M., Melnyk, S.I., Malynovskiy, A.S., Bondar, O.I., Bykin, A.V., Serdiuk, A.H., Kalenskiy, V.P., Volkodav, V.V., Honchar, O.M., Movchan, M.M. (2003). Ahrokhimiia [Agrochemistry]. Kyiv, Alefa, 778 p.

5. Smahlii, O.F., Rybak, M.F., Dankevych, Ye.M., Vorona, L.I., Radko, V.H., Dema, V.M., Shudrenko, I.V., Talko, S.M., Kryvich, N.Ya., Zhuravel, S.V., Trembitskiy, V.A., Derecha, O.A., Tymoshchuk, T.M., Riabchuk, P.O., Hudz, V.P., Kravchuk, M.M., Bovsunivskiy, A.M., Matviichuk, B.V., Khrapiichuk, P.P., Romanishyn, O.Yu., Muliar, O.D., Kukharets, S.M., Didora, V.H., Maister, A.A., Derebon, I.Yu. (2008). Osnovy zemlerobstva [Basics of agriculture]. Zhytomyr, State University of Agroecology, 514 p.

6. Bentsarovskiy, D.M., Datsko, L.V. (2004). Zmina rodiuchosti gruntiv Ukrainy pid vplyvom silskohospodarskoho vykorystannia [Changes in soil fertility in Ukraine under the influence of agricultural use]. Ok-

horona rodiuchosti gruntiv [Protection of soil fertility], no. 1, 123 p.

7. Sozinov, O.O. (2001). Chornobylska trahediia i ahroekolohiia [Chernobyl tragedy and agroecology]. Ahroekol. zhurn. [Agroecological journal], no. 1, pp. 50–58.

8. Ryzhuk, S.M., Sliusar, I.T., Verhunov, V.A. (2002). Ahroekolohichni osoblyvosti vysokoefektyvnoho vykorystannia osushuvanykh torfovykh gruntiv Polissia i Lisostepu [Agroecological features highly efficient use of drained peat soils of Polissia and Forest steppe]. Kyiv, Agrarian science, 136 p.

9. Sukharev, S.M., Chudak, S.Yu., Sukhareva, O.Yu. (2006). Osnovy ekolohii ta okhorony dovkillia [Basics of ecology and environmental protection]. Kyiv, Center of educational literature, 394 p.

10. Ratnikov, A.N., ZHigareva, T.L., Sviridenko, D.G., Popova, G.I. (2003). Produktivnost selskohozyajstvennykh kultur i nakoplenie v urozhay 137Cs i tyazhelykh metallov na pochvah nechernozemnoy zony [Productivity of agricultural crops and accumulation of 137Cs and heavy metals in the crop on soils of the non-chernozem zone]. Vestnik RUDN [Bulletin of RUDN University], no. 9, pp. 188–191.

11. Romanchuk, L.D. (2015). Radioekolohichna otsinka formuvannia dozovoho navantazhennia u meshkantsiv silskykh terytorii Polissia Ukrainy [Radioecological evaluation of dose load formation in the inhabitants of rural areas of Polissia of Ukraine]. Zhytomyr, ZhNAEU, 300 p.

12. Trembitskiy, V.A. (2004). Ahroekolohichni stan gruntiv pravoberezhnoho Polissia Ukrainy, vdoskonalennia upravlinnia yikh rodiuchistiu i produktyvnistiu ahrotsenoziv: avtoref. dys... kand. s.-h. nauk [Agroecological condition of the soils of the right-bank Polissia of Ukraine, improving the management of their fertility and productivity of agrocenoses: authors review Candidate degree agricultural of science]. Zhytomyr, 22 p.

13. Bentsarovskiy, D.M., Datsko, L.V. (2004). Zmina rodiuchosti gruntiv Ukrainy pid vplyvom silskohospodarskoho vykorystannia [Changes in soil fertility in Ukraine under the influence of agricultural use]. Okhorona rodiuchosti gruntiv [Protection of soil fertility], no. 1, 123 p.

14. DSTU ISO 10381-5:2009. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [DSTU ISO 10381-5: 2009. Soil quality. Sampling of samples]. Kyiv, Derzhspozhyv-standart Ukrainy, 2004, 25 p.

15. DSTU 7670: 2014. Syrovyna i produkty kharchovi. Hotuvannia prob. Mineralizatsiia dlia vyznachennia vmistu toksychnykh rehovyn [DSTU 7670: 2014. Raw materials and food products. Preparation of samples. Mineralization to determine the content of toxic substances]. Kyiv, 2014, 18 p.

16. DSTU 8123: 2015. Vyznachennia vazhkykh metaliv u kormakh [DSTU 8123:2015. Determination of heavy metals in feed]. Kyiv, 2004, 22 p.

17. GOST 30178-96. Syre i produkty pishheve. Atomno-absorbtsionnyy metod opredeleniya toksichnykh jelementov. [GOST 30178-96. Raw materials and food products. Atomic absorption method for the determination of toxic elements]. Moscow, 2001, 20 p.

18. Mozharivska, I.A. (2015). Vyroshchuvannya enerhetychnykh kultur na zabrudnennykh radonuklidamy terytoriiakh [Cultivation of energy crops in territories contaminated with radionuclides]. Pryrodne ahrovyrobyntstvo: problemy stanovlennia, perspektyvy rozvytku: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Natural agricultural production: development problems, development prospects: materials of the International science and practice conf.]. Dnipropetrovsk, pp. 109–111.

19. Kovalova, S.P., Mozharivska, I.A. (2020). Konsentratsiia vazhkykh metaliv u hruntі pry vyroshchuvanni enerhetychnykh kultur na terytorii radioaktyvnoho zabrudnennia [The concentration of heavy metals in the soil during the cultivation of energy crops in the territory of radioactive contamination]. Naukovi horyzonty [Scientific horizons], no. 3(88), pp. 121–126.

20. Oliinyk, Ye., Yelovykova, T. (2010). Vyroshchuvannya enerhetychnykh plantatsii [Cultivation of energy plantations]. Instytut tekhnichnoi teplofizyky NAN Ukrainy «Biomasa» [Biomass Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine], pp. 29–43.

The concentration of heavy metals in the energy crops phytomass when grown in the conditions of Zhytomyr Polissia.

Romanchuk L., Vyshnivskiy P., Mozharivska I.

The high level of anthropogenic pressure on agro-landscapes recently leads to an increased level of their contamination with heavy metals, which are among the most harmful chemical pollutants for the environment. Heavy metals are transmitted through trophic chains with a pronounced cumulative effect, in connection with which their toxicity can appear suddenly on individual links of trophic chains. The danger from heavy metals is determined by the fact that, unlike organic pollutants, they do not break down, but change from one form to another.

Based on the results of the study, it was established that the accumulation of heavy metals by energy plants depended on the type of crop. Thus, it was proved that the concentration of heavy metals in energy crops plants when grown in the territory of radioactive contamination was within the limit of permissible concentrations.

The lowest concentration of toxicants was noted when all energy crops were grown without fertilizers.

The subject of the study was energy crops (*Silhium perfoliatum* L., *Sorghum alnum* Parodi, *Bunias orientalis* L., *Sida hermaphrodita* Rusby, *Miscanthus giganteus* G.), heavy metals in plants, sod-podzolic sandy soil, mineral fertilizers.

Therefore, the purpose of our research was to determine the phytomass of energy crops grown in areas contaminated with radionuclides as a result of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant to determine the concentration of toxic substances.

When performing the work, both general and special research methods were used: field - for conducting stationary and short-term field experiments, analytical - for determining the content of heavy metals in plants crops (*Silhium perfoliatum* L., *Sorghum alnum* Parodi, *Bunias orientalis* L., *Sida hermaphrodita* Rusby, *Miscanthus giganteus* G.)

The research was conducted during 2017–2020 on sod-podzolic soils in the territory of the village. Khrystynivka, Zhytomyr region, which belongs to the zone of unconditional (mandatory) resettlement (2nd zone of radioactive contamination).

Prospects for further research will be aimed at establishing patterns of distribution of heavy metals in soil layers when growing energy crops.

Key words: (*Silhium perfoliatum* L., *Sorghum alnum* Parodi, *Bunias orientalis* L., *Sida hermaphrodita* Rusby, *Miscanthus giganteus* G.), lead, cadmium, copper, zinc.



Copyright: Романчук Л.Д., Вишнівський П.С., Можарівська І.А.
© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Романчук Л.Д. <https://orcid.org/0000-0003-4790-8414>

Вишнівський П.С. <https://orcid.org/0000-0003-1362-4931>

Можарівська І.А. <https://orcid.org/0000-0003-0564-4457>