



УДК [663.854.78:631.8]:504.2

**Вплив мінерального удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення радіоцезію та важких металів у квітковому пилку соняшнику****Разанов С.Ф.<sup>1</sup> , Вдовенко С.А.<sup>1</sup>, Коминар М.Ф.<sup>2</sup>, Недашківський В.М.<sup>3</sup>   
Качмар Н.В.<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Вінницький національний аграрний університет<sup>2</sup>Інститут агроекології і природокористування НААН<sup>3</sup>Білоцерківський національний аграрний університет<sup>4</sup>Львівський національний університет природокористування

✉ razanovsergej65@gmail.com



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. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 2. С. 79–86.

Razanov S., Vdovenko S., Komynar M., Nedashkivskiy V., Kachmar N. The influence of soil mineral fertilization on the intensity of accumulation of radiocesium and heavy metals in sunflower pollen. «Agrobiology», 2022. no. 2, pp. 79–86.

Рукопис отримано: 05.12.2022 р.  
Прийнято: 19.12.2022 р.  
Затверджено до друку: 27.12.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-174-2-79-86

У статті наведено результати досліджень щодо впливу мінерального удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення радіоцезію, свинцю та кадмію у квітковому пилку (бджолиному обніжжі) соняшнику, виробленого в умовах Північного Полісся. Забезпечення населення високоякісними продуктами харчування є одним із головних соціальних завдань сьогодення. Квітковий пилок є рослинною сировиною, з якої бджоли виробляють бджолине обніжжя, пергу та маточне молочко, які мають високопоживні та лікувальні властивості, тому з успіхом використовуються у харчуванні населення та профілактиці низки захворювань. Практика показує, що попит на цю продукцію стрімко зростає, адже вона є джерелом амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин та інших біологічно активних речовин. У зв'язку з широким спектром використання цієї продукції в харчуванні населення та медицині виникає потреба у контролі за її якістю та безпекою, особливо у сучасних умовах техногенного навантаження на нектаропилконосні угіддя внаслідок високого рівня хімізації галузі рослинництва.

Метою досліджень було вивчення накопичення радіоцезію, свинцю та кадмію у пилку соняшнику за мінерального удобрення ґрунтів в умовах Північного Полісся.

Встановлено, що найвищий вміст радіоцезію, свинцю та кадмію у квітковому пилку спостерігали за удобрення ґрунтів аміачною селітрою. Зокрема, у квітковому пилку соняшнику за удобрення ґрунтів аміачною селітрою питома активність радіоцезію була вища на 43,8 %, 2,1 раза та 67,7 %; коефіцієнт накопичення на 41,1 %, 2,1 раза, 67,7 %; коефіцієнт безпеки – на 44,2 %, 2,1 раза, 66,6 % порівняно із суперфосфатом простим, калієм хлористим та сумішшю NPK добрив. Показники концентрації, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт безпеки свинцю у квітковому пилку соняшнику за удобрення ґрунтів аміачною селітрою були вищі у порівнянні із суперфосфатом простим у 2,0; 2,0 і 2,1 раза; калієм хлористим – на 66,6 %, 1,6 раза та 66,6 %; сумішшю NPK добрив – на 76,4; 77,7 та 78,5 %.

Концентрація, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт безпеки кадмію у квітковому пилку соняшнику були вищі за удобрення аміачною селітрою у порівнянні із суперфосфатом простим у 2,2; 2,1 та 2,2 раза, калієм хлористим – на 66,6, 68,4 та 65 %; сумішшю NPK добрив – у 2,0; 2,0 та 2,0 раза.

**Ключові слова:** радіоцезій, важкі метали, свинець, кадмій, мінеральні добрива, ґрунт, соняшник, квітковий пилок, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт безпеки.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Сільськогосподарські культури забезпечують виробництво квіткового пилку, який є незамінною сировиною

живлення комах та виробництва продукції бджільництва (мед, квітковий пилок, прополіс, маточне молочко), яка займає особливе місце серед продуктів харчування. Ця

продукція характеризується високим вмістом біологічно активних речовин, тому широко використовується не лише як харчова, а також як лікарські засоби в народній та офіційній медицині [1, 3, 4].

Квітковий пилок характеризується складним і добре збалансованим хімічним складом [2]. Зокрема, у пилку міститься значна кількість повноцінного білка (20–30 %), цукрів (25–48 %), які представлені у вигляді моноцукрів (фруктоза, глюкоза). Також в пилку міститься значна кількість протеїнів, вміст яких залежить від виду пилку та коливається в межах від 10 до 30 %. Квітковий пилок містить багато вітамінів, особливо вітаміну С (50–205 мг/100 г), вітамінів групи В (В<sub>1</sub> – 0,4–1,5 мг/100 г, В<sub>2</sub> – 0,5–1,9 мг/100 г), токоферолу (10,3–170 мг/100 г), каротину (10,7–31,5 мг/100 г) та біофлавоноїдів [5, 6].

Встановлено, що хімічний склад та безпека квіткового пилку залежить від ботанічного походження рослин, періоду збору квіткового пилку та екологічного стану нектаропилконосних угідь [7–9].

Квітковий пилок може накопичувати в собі речовини-токсиканти. Зокрема відмічено, що концентрація важких металів у поліфлорному бджолиному обніжжі, одержаному в умовах Правобережного Лісостепу, становила за свинцем від 0,22 до 1,39 мг/кг, кадмієм – від 0,016 до 0,14 мг/кг, цинком – від 7,4 до 23,0 мг/кг та міддю – від 3,2 до 8,0 мг/кг. Концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у переважній кількості поліфлорного обніжжя була нижча за ГДК відповідно у 1,82; 1,88; 1,35 та 1,56 раза. Хоча в окремих зразках медоносів осіннього періоду спостерігались значні перевищення, зокрема, по свинцю – у 3,48 раза, кадмію – у 4,67, цинку – у 2,3, міді – у 1,6 раза [10].

Виявлено також, що квітковий пилок може накопичувати радіоцезій. Відмічено, що на території Правобережного Лісостепу питома активність радіоцезію у квітковому пилку (бджолиному обніжжі) була нижча за допустимі рівні відповідно у 13,8 та 23,8 раза, тимчасом на території Полісся України питома активність радіоцезію у квітковому пилку була вища у 1,35 раза за допустимі рівні [11, 12].

Найбільшу небезпеку серед низки токсикантів становлять радіонукліди та важкі метали, транслокація яких у рослини залежить від ряду чинників [13, 14].

Зокрема, надходження радіоцезію в рослини та нагромадження його в урожаї значно залежить від вмісту у ґрунтах калію. Тому удобрення ґрунтів калійними добривами є одним з головних заходів зменшення вмісту радіоцезію в продукції рослинництва, який дає можливість знизити його питома активність до 3 разів, а в окремих випадках до 6 разів. Встановлено також помітне зниження радіоцезію рослинами як за листового, так і за кореневого підживлення рослин калійними добривами. Зокрема, рівень калійного живлення рослин істотно впливає на нагромадження радіоцезію у надземних органах за надходження його через листя. За внесення калійних добрив у ґрунт і за обприскування ними листя вміст радіоцезію у вегетативних органах рослин помітно знижується. Рослини-калієфіли, здебільшого, поглинають радіоцезій у більших кількостях, ніж звичайні види [13, 14].

За внесення азотних добрив на забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах збільшується нагромадження радіоцезію в рослинах. Загальне збільшення норми повного мінерального добрива також призводить до нагромадження у рослинах радіоцезію, тому найбільш толерантним співвідношенням азотних, калійних і фосфорних добрив є показник 1:2:1,5 [13, 15, 16].

Помітно знижується накопичення радіоцезію за одночасного внесення в дерново-підзолисті ґрунти органічних і вапняних добрив. Цей захід є одним з найголовніших серед агрономічних прийомів, спрямованих на зменшення надходження радіонуклідів з ґрунту та збільшення врожаю сільськогосподарських культур [13].

Доведено, що свинець і кадмій серед важких металів є високотоксичними, і навіть невелика кількість цих елементів у ґрунті може спричинити токсичний вплив на рослини (пригнічення активності ферментів, обмеження поглинання води та поживних речовин, вплив на врожайність і якість продукції) [17].

Використання мінеральних добрив на ґрунтах, забруднених радіоцезієм і важкими металами, сприяє переміщенню цих токсикантів по трофічному ланцюгу [18–20].

Однак, вплив мінерального удобрення ґрунтів на транслокацію радіоцезію, свинцю та кадмію у пилки сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику, вирощеного на територіях постраждалих від аварії на Чорнобильській АЕС в зоні Північного Полісся, вивчено недостатньо.

**Мета статті** полягає у вивченні накопичення радіоцезію, свинцю та кадмію у пилку соняшнику за мінерального удобрення ґрунтів в умовах Північного Полісся.

**Матеріал та методи досліджень.** Вплив мінерального удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення радіоцезію та важких металів у квітковому пилку соняшнику проводили в умовах Північного Полісся Житомирщини.

Цей регіон характеризується низьким рельєфом з широкими заболоченими річковими долинами, з високим рівнем ґрунтових вод. Для Північного Полісся характерні переважно дерново-підзолисті та перезволожені оглеєні ґрунти. На окремих територіях, незважаючи на високий рівень ґрунтових вод, спостерігається недостатня вологозабезпеченість через наявність піщаних і супіщаних ґрунтів. У північній та північно-західній частинах регіону спостерігається найвища перезволоженість місцевості [21].

Вивчення впливу мінерального удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення радіоцезію та важких металів у квітковому пилку соняшнику (гібрид НК Неома, середньостиглий, інтенсивного типу із середньою енергією початкового росту і високим потенціалом урожайності) проводили згідно з програмою досліджень (табл. 1).

Таблиця 1 – Програма досліджень

Нектаро-пилконоси	Варіанти досліджень за удобрення ґрунтів	Продукція	Показники
Соняшник	1. Без удобрення 2. Аміачна селітра, 45 кг/га 3. Суперфосфат простий, 45 кг/га 4. Калій хлористий, 45 кг/га 5. Суміш $N_{45}P_{45}K_{45}$	Квітковий пилки	Питома активність радіоцезію. Концентрація важких металів. Коефіцієнт накопичення ( $K_{\text{нак.}}$ ). Коефіцієнт небезпеки ( $K_{\text{неб.}}$ ).

Зразки ґрунту для досліджень відбирали методом конверту з кожного поля, на якому вирощували сільськогосподарські медоноси (соняшник), відстань між якими становила від 7 до 10,5 км. Загальна схема відбору проб ґрунтів включала: відбір ґрунту у п'яти точках на глибині їх переорювання з видале-

нням залишків вегетативної маси, формування середньої проби та відбір способом точкових проб представницької проби масою 500 грам з кожного поля, пакування та маркування зразків. Характеристику рівня забруднення ґрунтів токсикантами наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Концентрація токсикантів у зразках ґрунту, відведених під вирощування соняшнику

Зразок ґрунту (номер поля)	Радіоцезій, Бк/кг	Свинець, мг/кг	Кадмій, мг/кг	Агрохімічні заходи
I	2437,5	1,8	0,31	Без удобрень
II	2435,4	1,9	0,31	Аміачна селітра
III	2441,8	1,87	0,30	Суперфосфат простий
IV	2437,9	2,0	0,31	Калій хлористий
V	2432,3	1,9	0,31	Суміш мінеральних добрив

Походження квіткового пилку (бджолине обніжжя) визначали за кольором та формою пильцевих зерен, його відбір здійснювали за допомогою пилковловлювача способом, описаним В.П. Поліщуком [5]. Відбір бджолиного обніжжя для досліджень прово-

дили методом точкових проб по 300 грам у кожній партії.

Радіоцезій визначали гамма-спектрометричним методом. Встановлення важких металів у квітковому пилку проводили методом атомно-абсорбційної спектроско-

метрії відповідно до ГОСТ 30178-96 [22]. Коефіцієнт накопичення радіоцезію, свинцю та кадмію у квітковому пилку визначали за формулою:  $K_{\text{нак.}} = \text{Концентрація забруднювача у продукції} / \text{концентрацію забруднювача у ґрунті}$ . Коефіцієнт небезпеки забруднювача визначали за формулою:  $K_{\text{неб.}} = \text{Концентрація забруднювача у продукції} / \text{ГДК}$ .

**Результати дослідження та обговорення.** Результати досліджень показали, що

питома активність радіоцезію у бджолиному обніжжі, виробленого бджолами з пилку соняшнику (табл. 3), була нижча порівняно з ТДР-2006 на варіанті без удобрення у 1,7 раза, на варіанті за удобрення аміачною селітрою – у 1,3 раза, суперфосфатом простим – у 1,9 раза, калієм хлористим – у 2,8 раза та сумішшю NPK добрив – у 2,2 раза.

Таблиця 3 – Інтенсивність накопичення радіоцезію у квітковому пилку соняшнику

Агрохімічні заходи	Норми внесення, кг/га	ТДР	Питома активність радіоцезію	Коефіцієнт накопичення	Коефіцієнт небезпеки
Без удобрень	–	200	117±2,3	0,048	0,58
Аміачна селітра	45	200	151±1,8	0,062	0,75
Суперфосфат простий	45	200	105±1,1	0,043	0,52
Калій хлористий	45	200	70,7±1,3	0,029	0,35
Суміш мінеральних добрив	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	200	90±1,4	0,037	0,45

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Питома активність та коефіцієнти накопичення і небезпеки радіоцезію у бджолиному обніжжі, виробленого бджолами з пилку соняшнику, були вищі за удобрення ґрунтів аміачною селітрою на 29 %; 29,1 та 29,3 % порівняно з варіантом без удобрення.

У варіантах за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим, калієм хлористим та сумішшю NPK добрив питома активність радіоцезію у бджолиному обніжжі була нижча на 10,2; 39,5 та 23 %, коефіцієнт накопичення – на 10,4; 39,5 і 22,9 % та коефіцієнт небезпеки – на 10,3; 39,6 та 22,4 % відповідно порівняно з варіантом без удобрення.

У бджолиному обніжжі, виробленого

бджолами з пилку соняшнику за удобрення ґрунтів калієм хлористим, питома активність радіоцезію та його коефіцієнти накопичення і небезпеки були нижчі порівняно з використанням аміачної селітри на 53,1; 53,2 та 53,3 %, суперфосфату простого – на 32,6; 32,5 та 32,6 % та суміші NPK добрив – на 67,7; 67,5 та 66,6 % відповідно.

Аналіз одержаних результатів досліджень з вивчення впливу мінерального удобрення ґрунтів на накопичення свинцю у квітковому пилку соняшнику (табл. 4) показав, що цей агрохімічний захід мав деякий вплив на трансформацію свинцю в системі ґрунт – рослинна сировина.

Таблиця 4 – Інтенсивність накопичення свинцю у квітковому пилку соняшнику, мг/кг

Агрохімічні заходи	Норми внесення, кг/га	ГДК	Концентрація свинцю	Коефіцієнт накопичення	Коефіцієнт небезпеки
Без удобрень	–	0,4	0,2±0,02	0,11	0,5
Аміачна селітра	45	0,4	0,3±0,03	0,16	0,75
Суперфосфат простий	45	0,4	0,15±0,03	0,08	0,37
Калій хлористий	45	0,4	0,18±0,07	0,10	0,45
Суміш мінеральних добрив	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	0,4	0,17±0,02	0,09	0,42

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Зокрема, за удобрення ґрунтів аміачною селітрою під вирощування соняшнику спо-

стерігалось підвищення концентрації та коефіцієнтів накопичення і небезпеки свинцю

у квітковому пилку соняшнику на 50; 45 та 50 % відповідно порівняно з варіантом без удобрення.

За удобрення ґрунтів суперфосфатом простим концентрація свинцю та його коефіцієнт накопичення і небезпеки знижувались на 25; 27,2 та 26,0 % відповідно порівняно з варіантом без удобрення.

За використання як удобрення ґрунтів калію хлористого концентрація свинцю, його коефіцієнти накопичення і небезпеки були нижчі на 10; 9,1 та 10 % відповідно порів-

няно з варіантом без удобрення. Подібна тенденція спостерігалась і за удобрення ґрунтів сумішшю NPK добрив. Зокрема, концентрація та коефіцієнт накопичення і небезпеки свинцю у пилку соняшнику за удобрення ґрунтів NPK добрив знижувались на 15 %, 18 і 16 % відповідно порівняно з варіантом без удобрення.

Виявлено також певний вплив на інтенсивність накопичення кадмію у квітковому пилку соняшнику за мінерального удобрення (табл. 5).

Таблиця 5 – Інтенсивність накопичення кадмію у квітковому пилку соняшнику, мг/кг

Агрохімічні заходи	Норми внесення, кг/га	ГДК	Концентрація кадмію	Коефіцієнт накопичення	Коефіцієнт небезпеки
Без удобрень	-	0,03	0,012±0,007	0,038	0,40
Аміачна селітра	45	0,03	0,020±0,004	0,064	0,66
Суперфосфат простий	45	0,03	0,009±0,003	0,030	0,30
Калій хлористий	45	0,03	0,012±0,002	0,038	0,40
Суміш мінеральних добрив	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	0,03	0,010±0,001	0,032	0,33

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Результати досліджень з вивчення інтенсивності накопичення кадмію у квітковому пилку соняшнику показали, що перевищень ГДК для цієї продукції, яка становить 0,03 мг/кг, не виявлено. Зокрема, концентрація кадмію була нижча за ГДК у варіанті без удобрень в 2,5 рази; за удобрення аміачною селітрою – у 1,5 рази; суперфосфатом простим – у 3,3 рази; калієм хлористим – у 2,5 рази та сумішшю NPK добрив – у 3,0 рази.

Зокрема, за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим та сумішшю мінеральних добрив концентрація кадмію у квітковому пилку знижувалась на 25 та 16,6 % відповідно порівняно з варіантом без удобрення, тимчасом за використання калію хлористого змін не виявлено.

Водночас необхідно відмітити, що за удобрення ґрунтів аміачною селітрою виявлено підвищення кадмію у квітковому пилку соняшнику на 66 % порівняно з варіантом без удобрення.

Виявлено певні зміни коефіцієнтів накопичення і небезпеки кадмію у пилку соняшнику за удобрення ґрунтів мінеральними добривами. Зокрема, за удобрення ґрунтів аміачною селітрою спостерігалось під-

вищення коефіцієнтів накопичення і небезпеки у квітковому пилку кадмію на 68 і 65 % відповідно порівняно з варіантом без удобрення. Використання калію хлористого не зумовлювало змін коефіцієнта накопичення і небезпеки кадмію у пилку соняшнику, тимчасом за суперфосфату простого та суміші NPK добрив спостерігалось зниження на 21 і 25 % та 15,7 і 17,5 % відповідно.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найвищий вміст радіоцезію, свинцю і кадмію в квітковому пилку спостерігався за удобрення ґрунтів аміачною селітрою.

Зокрема, у квітковому пилку соняшнику за удобрення ґрунтів аміачною селітрою питома активність радіоцезію була вища на 43,8 %, 2,1 рази та 67,7 %, коефіцієнт накопичення на 41,1 %, 2,1 рази, 67,7 %; коефіцієнт небезпеки – на 44,2 %, 2,1 рази, 66,6 % порівняно із суперфосфатом простим, калієм хлористим та сумішшю NPK добрив.

Показники концентрації, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт небезпеки свинцю у квітковому пилку соняшнику за удобрення ґрунтів аміачною селітрою були вищі у порівнянні із суперфосфатом простим у 2,0; 2,0

і 2,1 раза; калієм хлористим – на 66,6 %, 1,6 раза та 66,6 %; сумішшю NPK добрив – на 76,4; 77,7 та 78,5 %.

Концентрація, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт небезпеки кадмію у квітковому пилку соняшнику були вищі за удобрення аміачною селітрою у порівнянні із суперфосфатом простим у 2,2; 2,1 та 2,2 раза, калієм хлористим на 66,6; 68,4 і 65 %; сумішшю NPK добрив у 2,0; 2,0 та 2,0 раза.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** В результаті проведених досліджень встановлено вплив мінерального удобрення ґрунтів за вирощування соняшнику на транслокацію радіоцезію, свинцю та кадмію у квітковому пилку (бджолине обніжжя).

За удобрення ґрунтів аміачною селітрою (45 кг/га), спостерігалось підвищення питомої активності радіоцезію, свинцю і кадмію у квітковому пилку соняшнику, тимчасом за використання суперфосфату простого (45 кг/га), калію хлористого (45 кг/га) та суміші  $N_{45}P_{45}K_{45}$  добрив було виявлено зниження цих токсикантів порівняно з варіантом без удобрення.

Найвища інтенсивність трансформації радіоцезію, свинцю і кадмію у квітковому пилку була виявлена за удобрення ґрунтів аміачною селітрою, а найнижча – для радіоцезію за використання калію хлористого, свинцю і кадмію – суперфосфату простого.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Недашківський В.М., Недашківська Н.В. Оцінка якості продукції бджільництва. Сучасний розвиток технологій тваринництва. Інноваційні підходи в харчових технологіях: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Білоцерківський НАУ, 21 жовт. 2021 р. Біла Церква, 2021. С. 54–56.
2. Бондарчук Л.І., Мусялковська А.О. Мінеральний склад продуктів бджільництва. Пасіка. 2008. № 5. С. 17–19.
3. Павлюк Р.Ю., Чуйко Л.О., Погарська В.В. Вивчення процесів механохімії під час переробки квіткового пилку в полівітамінні дрібнодисперсні порошкоподібні добавки. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2014. Вип. 2. С. 51–62.
4. Monofloral Honeys as a Potential Source of Natural Antioxidants, Minerals and Medicine. Mărgăoan Rodica et al. Antioxidants. 2021. DOI: 10.3390/antiox10071023.
5. Поліщук В.П. Бджільництво: підручник. Київ: Вища школа, 2001. 287 с.
6. Рязанов С.Ф., Недашківський В.М., Рязанов О.С. Основи технології виробництва продукції бджільництва: навч. посіб. Білоцерківський національний аграрний університет. Вінниця: Нілан, 2018. 195 с.
7. Калініна І.Г., Долгая М.М. Бджолине обніжжя як маркерний показник екологічного стану довкілля. Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету ім. Г.С. Сковороди. 2015. Вип. 17. С. 123–128.
8. Дубін О.М., Василенко О.В. Оцінка якості продукції бджільництва в сучасних екологічних умовах Черкаської області. Вісник Уманського НУС. 2017. № 1. С. 12–17.
9. Рязанов С.Ф., Огороднічук Г.М., Коминар М.Ф. Вплив обробки ґрунту на накопичення цезію-137 в квітковому пилку та в продуктах переробки його медоносною бджолою. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 3 (22). С. 161–173. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-3-13.
10. Швець В.В. Інтенсивність забруднення свинцем, кадмієм, цинком і міддю медоносних угідь та білкової продукції бджільництва в умовах Лісостепу Правобережного. Сільське господарство та лісівництво. 2017. № 5. С. 204–215.
11. Гуцол Г.В., Рязанов С.Ф. Вплив органічно-мінеральних добрив на коефіцієнт накопичення цезію-137 та стронцію-90. Зб. наук. пр. другої Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю. 21–23 жовтня 2015 р. Рівне, 2015. С. 50–51.
12. Гуцол Г.В., Куценко М.І. Інтенсивність накопичення Цезію-137 у квітковому пилку кукурудзи за різного рН середовища ґрунтів. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 20. С. 224–233. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-17.
13. Гудков І.М. Радіобіологія: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 504 с.
14. Ландін В.П. Еколого-економічні засади реабілітації радіоактивно забруднених земель Полісся: монографія. Київ: Аграрна наука, 2018. 208 с.
15. Intensity of  $^{137}\text{Cs}$  transition into nectar-pollinating plants and beekeeping products during reclamation of radioactively contaminated soils / Ryzanov S.F. et al. International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES). 2022. Vol. 12 (1). P. 291–298. DOI: 10.31407/ijeess12.134.
16. Рязанов С.Ф., Шевчук В.В., Коминар М.Ф. Накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у меді, виробленому бджолами з нектару сільськогосподарських медоносів в умовах північного Полісся. Сільське господарство та лісівництво. 2020. № 19. С. 148–158. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-4-13
17. Effect of organosilicone and mineral silicon fertilizers on chemical forms of cadmium and lead in soil and their accumulation in rice / Z. Xiao et al. Environ Pollut. 2021. 283:117107. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.117107.
18. Бондарева О.Б., Коноваленко Л.І., Мілігула О.М. Міграція та накопичення свинцю і кадмію у

грунті і рослинах під впливом добрив. Агроекологічний журнал. 2012. № 3. С. 20–23.

19. Zwolak A., Sarzyńska M., Szpyrka E., Stawarczyk K. Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review. *Water Air Soil Pollut.* 2019. Vol. 230. 164 p.

20. Гуцол Г.В. Моніторинг забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського призначення Лісостепу Правобережного. *Slovak international scientific journal.* 2020. № 40. С. 12–17.

21. Баранчук Д.Ф., Слєпченко М.І. Народицький район. Енциклопедія Сучасної України: енциклопедія. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2020. Т. 22. URL: <https://esu.com.ua/article-71316>.

22. ГОСТ 30178-96. Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів. 2010. 10 с.

### REFERENCES

1. Nedashkivs'kij, V.M., Nedashkivs'ka, N.V. (2021). Ocinka jakosti produkciі bdzhil'nictva [Assessment of the quality of beekeeping products]. *Materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf.: Suchasnij rozvitok tehnologij tvarinictva. Innovacijni pidhodi v harchovih tehnologijah* [Proceedings of the international scientific and practical conference: Modern development of animal husbandry technologies. Innovative approaches in food technologies]. Bila Tserkva, pp. 54–56.

2. Bondarchuk, L.I., Musialkovska, A.O. (2008). Mineralnyi sklad produktiv bdzhil'nictva [Mineral composition of beekeeping products]. *Pasika [Apiary]*, no. 5, pp. 17–19.

3. Pavljuk, R.Ju., Chujko, L.O., Pogars'ka, V.V., Pavljuk, V.A., Sokolova, L.M. (2014). Vyvchennja procesiv mehanohimii' pid chas pererobky kvitkovogo pylku v polivitaminni dribnodispersni poroshkopodibni dobavky [The study of the processes of mechanochemistry during the processing of pollen to polyvitaminic fine powdery additives.]. *Progresyvni tehnika ta tehnologii' harchovih vyrobnyctv restorannogo gospodarstva i torgivli* [Progressive equipment and technologies of food production, catering and trade]. Issue 2, pp. 51–62.

4. Mărgăoan, R., Topal, E., Balkanska, R., Yücel, B., Oravec, T., Cornea-Cipcigan, M., Vodnar, D. (2021). Monofloral Honeys as a Potential Source of Natural Antioxidants, Minerals and Medicine. *Antioxidants*. no. 10(7), 1023. DOI: 10.3390/antiox10071023.

5. Polishchuk, V.P. (2001). *Bdzhilnystvo* [Apiculture]. Kyiv, High school, 287 p.

6. Razanov, S.F., Nedashkivskyi, V.M., Razanov, O.S. (2018). Osnovy tekhnologii vyrobnyctva produkciі bdzhil'nictva: navch. posib [Fundamentals of technology for the production of bee products]. *Bilotserkivskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet* [Bila National Agrarian University]. Vinnytsia, Nilan, 195 p.

7. Kalinina, I.G., Dolhaia, M.M. (2015). Bdzholyne obnizhzhia yak markernyi pokaznyk ekolohichnoho stanu dovkillia [Bee pollination as a marker indicator of the ecological state of the environment]. *Zbirnyk naukovyh prac' Harkivskogo nacional'nogo pedagogich-*

*nogo universytetu im. G.S. Skovorody* [Collection of scientific works of Kharkiv National Pedagogical University at H.S. Skovoroda]. Issue 17, pp. 123–128.

8. Dubin, O.M., Vasylenko, O.V. (2017). Otsinka yakosti produktsii bdzhilnystva v suchasnykh ekolohichnykh umovakh Cherkaskoi oblasti [Estimation of quality of beekeeping products in modern ecological conditions of Cherkasy region]. *Visnyk Umanskoho NUS* [Bulletin of the Uman State University], no. 1, pp. 12–17.

9. Razanov, S., Ogorodnichuk, G., Komynar, M. (2021). Vplyv obrobtku ґрунту na nakopichennja Ceziju-137 v kvitkovomu pilku ta v produktah pererobky jogo medonosnoju bdzholoju [Effect of soil treatment on cesium-137 accumulation in flower pollen and in its processing products by honey bees]. *Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnictvo* [Agriculture and Forestry], no. 3 (22), pp.161–173. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-3-13

10. Shvec', V.V. (2017). Intensivnist' zabrudnennja svincem, kadmijem, cinkom i middju medonosnih ugid' ta bilkovoi' produkciі' bdzhil'nictva v umovah Lisostepu Pravoberezhnogo [Intensity of lead, cadmium, zinc, and copper contamination of honey-bearing lands and protein products of beekeeping in the conditions of the Pravoberezhny Forest-Steppe]. *Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnictvo* [Agriculture and Forestry], no. 5, pp. 204–215.

11. Gucol, G.V., Razanov, S.F. (2015). Vplyv organichno-mineral'nyh dobryv na koeficijent nakopychennja ceziju-137 ta stronciju-90. [Influence of organic-mineral fertilizers on the accumulation coefficient of cesium-137 and strontium-90]. *Zb. nauk. pr. Druhoi Vseukrainskoi naukovy-praktychnoi konferentsii za miznarodnoiu uchastiu* [Coll. Science. etc. of the second All-Ukrainian scientific practical conference with international participation]. Rivne, pp. 50–51.

12. Gucol, G.V., Kucenko, M.I. (2021). Intensivnist' nakopichennja Ceziju-137 u kvitkovomu pilku kukurudzi za rıznoho ph seredovishha ґруntiv [Intensity of Cesium-137 accumulation in flower pollen of corn at different ph of soil environment]. *Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnictvo* [Agriculture and Forestry], no. 20, pp. 224–233. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-1-17.

13. Gudkov, I.M. (2019). *Radiobiologija: pidruchnik* [Radiobiology]. Kherson, OLDI-PLJuS, 504 p.

14. Landin, V.P. (2018). Ekoloho-ekonomichni zasady rehabilitatsii radioaktyvno zabrudnenykh zemel Polissia: monohrafiia [Ecological and economic principles of rehabilitation of radioactively contaminated lands of Polissya: monograph]. Kyiv, Agrarian science, 208 p.

15. Razanov, S., Landin, V., Nedashkivskyi, V., Ogorodnichuk, H., Gucol, G., Symochko, L., Komynar, M. (2022). Intensity of <sup>137</sup>Cs transition into nectar-pollinating plants and beekeeping products during reclamation of radioactively contaminated soils. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. Vol. 12 (1), pp. 291–298. DOI: 10.31407/ijeess12.134.

16. Razanov, S., Shevchuk, V., Komynar, M. (2020). Nakopichennja <sup>137</sup>Cs u medi, viroblenomomu bdzholami z nektaru sil's'kogospodars'kih medonosiv v umovah pivnichnogo Polissja [Accumulation of <sup>137</sup>Cs in honey produced by bees from nectar of agricultural honeybear in the Northern]. *Polisia. Sil's'ke gospodarstvo ta lisiv-*

nictvo [Agriculture and Forestry], no. 4, pp. 148–158. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-4-13

17. Xiao, Z, Peng, M, Mei, Y, Tan, L, Liang, Y. (2021). Effect of organosilicone and mineral silicon fertilizers on chemical forms of cadmium and lead in soil and their accumulation in rice. *Environ Pollut.* 283:117107. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.117107.

18. Bondareva, O.B., Konovalenko, L.I., Miligula, O.M. (2012). Migracija ta nakopichennja svincju i kadmiju u rrunti i roslinah pid vplivom dobriv [Migration and accumulation of lead and cadmium in soil and plants under the influence of fertilizers]. *Agroekologichnij zhurnal [Agroecological journal]*, no. 3, pp. 20–23.

19. Zwolak, A., Sarzyńska, M., Szpyrka, E., Stawarczyk, K. (2019). Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review. *Water Air Soil Pollut. Vol. 230*, 164 p.

20. Gucol, G.V. (2020). Monitoryng zabrudnennja vazhkymy metalamy g'runtiv sil's'kogospodars'kogo pryznachennja Lisostepu Pravoberezhnogo [Monitoring of heavy metal contamination of agricultural soils of the Pravoberezhny Forest-Steppe]. *Slovak international scientific journal.* no. 40, pp. 12–17.

21. Baranchuk, D.F., Slepchenko, M.I. (2020). Narodc'kyj rajon. Encyklopedija Suchasnoi' Ukraïny: encyklopedija [Narodytsky district. Encyclopedia of Modern Ukraine: encyclopedia]. Kyi'v: Instytut encyklopedychnyh doslidzhen' NAN Ukraïny. Vol. 22. Available at: <https://esu.com.ua/article-71316>.

22. Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u produktah harchuvannja ta pytnij void [Permissible levels of radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in food and drinking water]. DR-2006. Derzhavni gigijenični nor-matyvy [State hygienic standards]. Kyiv, 2006, 13 p.

### The influence of soil mineral fertilization on the intensity of accumulation of radiocesium and heavy metals in sunflower pollen

Razanov S., Vdovenko S., Komynar M., Nedashkivskiy V., Kachmar N.

The article presents the results of research on the influence of mineral soil fertilization on the intensity of radiocesium, lead and cadmium accumulation in sunflower pollen (bee pollen) produced in the conditions of northern Polissia. Providing the population with high-

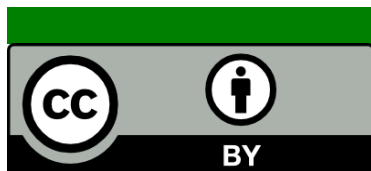
quality food products is one of the main social tasks of today. Pollen is a vegetable raw material from which bees produce bee honey, perga and royal jelly, which have highly nutritious and healing properties, so they are successfully used in population nutrition and prevention of a number of diseases. Practice shows that the demand for this product is growing rapidly because it is a source of amino acids, vitamins, minerals and other biologically active substances. In connection with the wide range of use of this product in food and medicine, there is a need to control its quality and safety, especially in modern conditions of man-made load on nectar-pollen-bearing lands due to the high level of chemization in the field of crop production.

The purpose of the research was to study the accumulation of radiocesium, lead and cadmium in sunflower pollen under mineral fertilization of soils in the conditions of Northern Polissia.

It was established that the highest content of radiocesium, lead and cadmium in flower pollen was observed when the soil was fertilized with ammonium nitrate. In particular, in sunflower pollen, the specific activity of radiocesium was higher by 43.8 %, 2.1 times and 67.7 % after soil fertilization with ammonium nitrate; accumulation coefficient by 41.1%, 2.1 times, 67.7 %; the hazard coefficient is 44.2 %, 2.1 times, 66.6 % compared to simple superphosphate, potassium chloride and a mixture of NPK fertilizers. The concentration indicators, the accumulation coefficient, the danger coefficient of lead in sunflower pollen for soil fertilization with ammonium nitrate were higher in comparison with simple superphosphate by 2.0 times, 2.0 and 2.1 times; potassium chloride – by 66.6 %, 1.6 times and 66.6 %; with a mixture of NPK fertilizers – by 76.4 %, 77.7 % and 78.5 %.

The concentration, accumulation coefficient, hazard coefficient of cadmium in sunflower pollen were higher when fertilized with ammonium nitrate in comparison with simple superphosphate by 2.2 times, 2.1 and 2.2 times, potassium chloride by 66.6 %, 68.4 %, 65 %; with a mixture of NPK fertilizers – 2.0 times, 2.0 and 2.0 times.

**Key words:** radiocesium, heavy metals, lead, cadmium, mineral fertilizers, soil, sunflower, flower pollen, accumulation coefficient, hazard coefficient, concentration.



Copyright: Разанов С.Ф., Вдовенко С.А., Коминар М.Ф., Недашківський В.М., Качмар Н.В. © 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:

Разанов С.Ф. <https://orcid.org/0000-0002-4883-2696>

Недашківський В.М. <https://orcid.org/0000-0001-5487-6807>