

ЕКОЛОГІЯ

УДК 631.95

Екологічна оцінка ступеня забруднення чорнозему опідзоленого радіоактивними нуклідами за тривалого землекористуванняНікітіна О.В. 

Уманський національний університет садівництва

 oooolga@ukr.net

Нікітіна О.В. Екологічна оцінка ступеня забруднення чорнозему опідзоленого радіоактивними нуклідами за тривалого землекористування. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 217–222.

Nikitina O.V. Ekologichna ocinka stupenja zabrudnennja chornozemu opidzolenogo radioaktyvnymy nuklidamy za tryvalogo zemlekorystuvannja. Zbirnyk naukovyh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 217–222.

Рукопис отримано: 31.03.2021 р.

Прийнято: 15.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-217-222

Нині розвиток сільського господарства неможливий без застосування добрив, які сприяють підвищенню родючості ґрунту, збільшенню врожайності, підвищенню якості сільськогосподарської продукції. Завдяки їх застосуванню забезпечується приріст врожаю на 50 %. Тривале систематичне застосування мінеральних добрив сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, однак це може призвести до значних змін складу, властивостей і формування режимів орних ґрунтів.

Негативний вплив удобрювальних матеріалів на навколишнє природне середовище пов'язаний, насамперед, з їх хімічним складом та наявністю баластних речовин. У галузі сільського господарства, поряд з поліпшенням якості продукції та підвищенням урожайності, актуальними є дослідження, спрямовані на охорону та збереження навколишнього природного середовища.

Встановлено, що в результаті застосування мінеральних добрив вміст радіоактивних нуклідів у ґрунті змінюється. Дослідження проводили в умовах тривалого стаціонарного польового досліду із застосуванням різних рівнів мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{135}P_{135}K_{135}$. Питому активність радіонуклідів визначали методом спектрометричного аналізу. На основі проведених досліджень було встановлено, що різні дози мінеральних добрив за тривалого (50 років) їх застосування мають вплив на зміну питомої активності радіоактивних ізотопів (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr) у ґрунті. Поглинання ґрунтом радіоактивних елементів перешкоджає їх пересуванню його профілем і подальшому потраплянню в ґрунтові води. Так, на глибині 40–60 см їх питома активність була у два рази нижчою порівняно з шаром ґрунту 0–20 см. Це свідчить про те, що радіоізотопи закріплюються у верхніх шарах ґрунту, що збільшує імовірність потрапляння їх у продукцію рослинництва.

Ключові слова: радіоактивні ізотопи, радій, торій, калій, цезій, стронцій, питома активність радіоактивних нуклідів.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Застосування удобрювальних матеріалів має активний вплив на навколишнє природне середовище. Наявність у них різних токсичних домішок, незадовільна якість, а також можливі порушення технології застосування можуть призвести до значних негативних наслідків. Недотримання науково обґрунтованих заходів застосування удобрювальних матеріалів, недосконалість способів їх внесення може мати негативний вплив на стан навколишнього природного середовища загалом, окремі складові біосфери та на людину.

Нині антропогенний тиск на навколишнє природне середовище є досить істотним. Зокрема, застосування удобрювальних матеріалів, як складової інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, породжує чимало нових проблем, основною з яких є екологічна. Численні дослідження довели, що різні удобрювальні матеріали неоднаково впливають на властивості ґрунту. З ґрунтом вони вступають у складні взаємодії – відбуваються різноманітні перетворення, які залежать від низки чинників: властивостей удобрювальних матеріалів і ґрунту, погодних умов, агротехнології, виро-

щуваних культур тощо [1, 2]. Встановлено, що тривалий період інтенсивного сільськогосподарського використання територій з високим, часто необґрунтованим, техногенним навантаженням призвело до значних змін складу, властивостей і формування режимів орних ґрунтів [1, 3].

Однак негативна дія удобрювальних матеріалів часто перебільшена. В екологічному розумінні їх не можна ставити в один ряд з пестицидами або техногенними забрудниками. Розроблення раціональних систем живлення рослин має включати обов'язкове оцінювання можливого негативного впливу на агроценози і розроблення способів його мінімізації. Знання особливостей процесів сорбції, міграції та транслокації токсикантів у ґрунті допомагає уникнути небажаних явищ і забезпечити високу ефективність удобрення [3,4].

Нині розвиток сільського господарства неможливий без застосування добрив, які сприяють підвищенню родючості ґрунту, збільшенню врожайності, підвищенню якості сільськогосподарської продукції. Завдяки їх застосуванню забезпечується приріст врожаю на 50 % [4, 5, 6].

Негативний вплив удобрювальних матеріалів на навколишнє природне середовище пов'язаний, насамперед, з їх хімічним складом та наявністю баластних речовин [6, 7, 8]. У разі застосування удобрювальних матеріалів під кожен культуру варто враховувати гранично допустимі концентрації хімічних елементів, що можуть бути присутні у ґрунті.

Отже, у галузі сільського господарства, поряд з поліпшенням якості продукції та підвищенням урожайності, актуальними є дослідження, спрямовані на охорону та збереження навколишнього природного середовища від антропогенного забруднення. Важливе значення має впровадження природоохоронних ресурсоощадних технологій, які сприятимуть збереженню чистоти ґрунту, води та повітря [8, 9].

Для калійних добрив характерна присутність двох природних радіоактивних нуклідів: ^{226}Ra і ^{40}K , основним радіонуклідом є ^{40}K [10]. Серед природних радіоактивних ізотопів найбільше розповсюджений радіоактивний калій (^{40}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. Один грам природного калію через вміст у ньому ^{40}K (0,0119 %) характеризується активністю $0,8 \cdot 10^{-9}$ кюрі [11, 12].

Застосування калійних добрив із залишковою природною радіоактивністю не призво-

дить до істотного підвищення радіоактивності сільськогосподарських культур, однак інколи вона зростає у кілька разів. Таке явище зазвичай спостерігається у молодих рослин за внесення високих доз калійних добрив [13, 14].

Розміри накопичення радіонуклідів – обернено пропорційні рівню родючості ґрунту: чим вища родючість, тим менша резистентність ґрунту до радіонуклідного забруднення [10, 11].

У літературі майже відсутні дані про рівні радіоактивності калійних добрив. Радіоактивний ізотоп калію (^{40}K) має період напіврозпаду $1,2 \cdot 10^9$ років. Характеризується бета-негативним типом розпаду з енергією 1,32 Мев (88,4 %) та частковим гама-випромінюванням (К-захват) з енергією 1,46 Мев (11,6 %) [13, 15]. Вміст у ґрунтах радіоактивного ізотопу калію може змінюватися в широких межах (100–750 Бк/кг). Ізотопи калію зазвичай знаходяться в ґрунті в міцно зв'язаній формі та мають невисоку швидкість переходу в рослини. У природі калій знаходиться у вигляді трьох ізотопів: ^{39}K (93,1 %), ^{41}K (6,9 %) і радіоактивний ^{40}K (0,012 %). Із загальної кількості ^{40}K 88 % припадає на «м'яке» і лише 12 % на «жорстке» випромінювання. На загальному фоні природних джерел випромінювання ^{40}K становить лише 12 % [14, 16].

До одних із найнебезпечніших радіонуклідів, через активне включення їх у колообіг за трофічним ланцюгом, належать ^{137}Cs і ^{90}Sr . Міграція цих радіонуклідів у системі ґрунт–рослина призводить до накопичення їх у продукції рослинництва. Для зменшення переходу ^{137}Cs у рослинницьку продукцію необхідно вносити мінеральні (особливо калійні) та органічні добрива, а також обов'язково проводити вапнування ґрунтів [17, 18]. Аналіз питомої активності ^{137}Cs і ^{90}Sr у вегетативній масі гречки показав, що на рівень їх концентрації впливає кислотність ґрунту, а також система удобрення. Так, за застосування орґано-мінеральної системи удобрення спостерігається зниження питомої активності у зерні пшениці озимої ^{137}Cs на 18–30 %, відбувається це переважно через зв'язування його органічною речовиною [15, 19, 20].

Мета дослідження – вивчити вплив застосування удобрювальних матеріалів на забруднення чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України радіоактивними нуклідами за тривалого землекористування.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальну роботу виконували в тривалому стаціонарному досліді у польовій сівозміні зерно-бурякового виду з набором традиційних для регіону культур. Дослід закладений в 1964 р. М.І. Делеменчуком і І.М. Карасюком і нині продовжуються. Він являє собою 10-пільну сіво-

зміну, що розгорнута у часі та просторі і 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 досліду розроблена так, що дає змогу оцінити високі дози добрив з погляду екології, низькі – з погляду економічної ефективності, а поєднання різних доз і видів добрив дає змогу оцінити потенційні можливості вирощування культур (табл. 1).

Площа посівної ділянки становить 170 м², облікова площа – 100 м², повторність досліду триразова, розміщення варіантів послідовне. У досліді застосовували такі добрива: аміачну селітру, калій хлористий, суперфосфат гранульований, напівперепрілий підстилковий солом'яний гній великої рогатої худоби. В I і II ротаціях сівозміни калійні добрива вносили у вигляді калійної солі змішаної. Норми мінеральних добрив визначали за кількістю основних елементів живлення (NPK), що містилися у відповідних дозах гною і, з врахуванням культури, диференційовано розміщували у полях.

Відбір та оброблення ґрунтових зразків проводили відповідно до ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 11464:2007. Для визначення в ґрунті основних показників калійного стану його зразки відбирали на ділянці після збирання врожаю конюшини в шарі 0–60 см через кожні 20 см.

Дослідження питомої активності радіонуклідів визначали методом спектрометричного аналізу. Статистичне оброблення даних здійснювали дисперсійним методом аналізу, використовуючи комп'ютерні технології (ПК «Agrostat», MS Office Excel).

Результати дослідження та обговорення. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням дози внесених добрив у ґрунті зростає питома активність радіоактивних ізотопів (табл. 2). Застосування потрібних доз добрив підвищувало, порівнюючи з варіантом без добрив, вміст у ґрунті радіонуклідів: ²²⁶Ra – на 26 %, ²³²Th – 118, ⁴⁰K – 30, ¹³⁷Cs – 26, і ⁹⁰Sr – 6 %.

Повнота поглинання радіонуклідів (сорбція) а також міцність їх закріплення в погли-

Таблиця 1 – Схема тривалого (з 1965 р.) польового досліді

Варіант досліді	Насиченість на 1 га сівозміної площі			
	Гній, т	Мінеральні добрива, кг д. р.		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	–	–	–	–
N ₄₅ ⁴⁵ P ₄₅ ⁴⁵ K ₄₅ ⁴⁵	–	45,0	45,0	45,0
N ₉₀ ⁹⁰ P ₉₀ ⁹⁰ K ₉₀ ⁹⁰	–	90,0 (135,0)	90,0 (135,0)	90,0 (135,0)
N ₁₃₅ ¹³⁵ P ₁₃₅ ¹³⁵ K ₁₃₅ ¹³⁵	–	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 ₂₇ ²⁷ P ₃₄ ³⁴ K ₁₈ ¹⁸	4,5	22,0	34,0	18,0
Гній 9 т + N ₄₅ ⁴⁵ P ₆₈ ⁶⁸ K ₃₆ ³⁶	9,0 (6,8)	45,0 (101,0)	68,0 (118,0)	36,0 (95,0)
Гній 13,5 т + N ₆₈ ⁶⁸ P ₁₀₁ ¹⁰¹ K ₅₄ ⁵⁴	13,5	68,0	101,0	54,0

Примітка. У дужках – у I і II ротаціях сівозміни.

Таблиця 2 – Питома активність радіонуклідів у ґрунті після тривалого (50 років) вирощування польових культур за різного удобрення, Бк/кг

Варіант досліді	Шар ґрунту, см	Радіонуклід				
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Без добрив	0–20	25,8	20,4	105,1	8,4	3,1
	20–40	20,1	20,6	77,3	7,2	2,0
	40–60	14,9	20,1	52,3	4,2	1,8
N ₄₅ ⁴⁵ P ₄₅ ⁴⁵ K ₄₅ ⁴⁵	0–20	28,6	30,4	118,0	9,0	3,2
	20–40	22,3	20,6	81,2	7,4	2,0
	40–60	15,2	19,6	56,4	4,6	1,8
N ₉₀ ⁹⁰ P ₉₀ ⁹⁰ K ₉₀ ⁹⁰	0–20	30,7	38,6	128,1	9,9	3,1
	20–40	24,8	26,3	95,9	7,6	2,2
	40–60	15,2	20,1	58,7	4,6	1,9
N ₁₃₅ ¹³⁵ P ₁₃₅ ¹³⁵ K ₁₃₅ ¹³⁵	0–20	32,6	44,6	136,2	10,6	3,3
	20–40	27,1	30,6	110,0	7,8	2,4
	40–60	15,1	20,8	61,2	4,5	1,9

неному стані є вагомими кількісними показниками. Якщо порівняти міцність закріплення в поглиненому стані ізоотопів ^{90}Sr і ^{137}Cs , то ^{90}Sr витісняється легше, ніж ^{137}Cs (тобто поглинений цезій закріплюється міцніше). Про це свідчать і дані проведених досліджень. На різних типах ґрунтів міцність закріплення радіоактивних нуклідів неоднакова. На чорноземах вони закріплюються міцніше.

Загалом стронцій, на відміну від цезію, сорбується (закріплюється) мінералами слабше. А це означає, що радіаційна небезпека від цезію у 6 разів нижча, ніж від стронцію, за умови однакової щільності забруднення ґрунту. Для зменшення ступеня міграції проводять низку агрохімічних заходів: вапнування кислих, бідних на обмінний кальцій ґрунтів, внесення органічних добрив – перегною, торфу, гною. Для того, щоб знизити надходження у рослини стронцію застосовують фосфорні, а цезію – калійні добрива.

Калійні добрива містять радіоактивні ізотопи калію та радію. Їх питома активність у ґрунті залежала від дози калійних добрив. Питома активність ^{40}K збільшувалась залежно від дози внесених добрив від 12 до 30 %, а ^{226}Ra – від 11 до 26 %. Униз профілем ґрунту їх питома активність знижувалась і на глибині 40–60 см була у 2 рази меншою, ніж у шарі 0–20 см.

У тривалому польовому досліді встановлено безпечність калійних добрив як носія радіоактивності, що створюється ^{40}K . Випромінювання калію, що створює природний радіаційний фон, не обмежується діючими нормами, і не є небезпечним для здоров'я людини.

Тривале внесення калійних добрив підвищує радіоактивність ґрунту через вміст ^{40}K та ^{226}Ra . Однак відома важлива екологічна функція калію – антагонізм до радіоактивних ^{137}Cs і ^{90}Sr . Про вагоме значення калійних добрив у зниженні інтенсивності та переміщення радіоактивних ізоотопів у системі ґрунт–рослина відмічають багато вчених. Калій інгібує потрапляння ^{137}Cs у культури агроценозів. Найбільший ефект досягається за внесення високих доз калійних добрив.

Висновки. 1. Поглинання ґрунтом радіоактивних елементів перешкоджає їх пересуванню його профілем і подальшому потраплянню в ґрунтові води. Так, на глибині 40–60 см їх питома активність була у два рази нижчою порівняно з шаром ґрунту 0–20 см. Це свідчить про те, що радіоізотопи закріплюються у верхніх шарах ґрунту, що збільшує імовірність потрапляння їх у продукцію рослинництва.

2. Тривале внесення калійних добрив підвищує радіоактивність ґрунту через вміст ^{40}K

та ^{226}Ra , однак це випромінювання є безпечним для здоров'я людини. Крім того, калій виконує важливу екологічну функцію – є антагоністом до радіоактивних ^{137}Cs і ^{90}Sr .

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. On-Farm Assessment of Soil Quality in California's Central Valley / Andrews S. et al. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94. Issue. 1. P. 12–23.
2. Clark M., Horwath W., Shennan C., Scow K. Changes in Soil Chemical Properties Resulting from Organic and Low-Input Farming Practices. *Agronomy Journal*. 1998. Vol. 90. Issue. 5. P. 662–671.
3. Фатеев А.И., Захарова М.А. Основы применения микроудобрений. Харьков: Типографія № 13, 2005. 134 с.
4. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: СІК ГРУП УКРАЇНА, 2015. 376 с.
5. Берег С.В., Шувар І.Ш. Екологічне землеробство. Львів: Новий Світ-2000, 2007. 428 с.
6. Trace Element Contaminants and Radioactivity from Phosphate Fertiliser / Taylor M. et al. *Phosphorus in Agriculture: 100 % Zero*. 2016. P. 231–266. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7_12
7. Boukhenfouf W., Boucenna A. The radioactivity measurements in soils and fertilizers using gamma spectrometry technique. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2011. Vol. 102. Issue 4. P. 336–339.
8. Alshahri F., Alqahtani M. Chemical fertilizers as a source of ^{238}U , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{222}Rn , and trace metal pollutant of the environment in Saudi Arabia. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22. Issue 11. P. 8339–8348.
9. Howard B. The concept of radioecological sensitivity. *Radiat. Prot. Dosim.* 2000. Vol. 92. P. 29–34.
10. Comparative analysis of the relationship between Cs and K in soil and plant parts toward control of Cs accumulation in rice / Kondo M. et al. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2015. № 61. P. 144–151.
11. Kaste J.M., Friedland A.J., Stürup S. Stable and Radioactive Isotopes To Trace Atmospherically Deposited Pb in Montane Forest Soils. *Environmental Studies*. 2003. № 37(16). P. 3560–3567.
12. Becegato V.A., Ferreira FJF, Machado WCP. Concentration of radioactive elements (U, Th and K) derived from phosphatic fertilizers in cultivated soils Brazilian Archives of Biology and Technology. 2008. № 51(6). P. 1255–1266.
13. Hussain R.O., Hussain H.H. Investigation the natural radioactivity in local and imported chemical fertilizers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2011. № 54(4). P. 777–782.
14. Tzortzis M., Svoukis E., Tsertos H. A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose rates from surface soils in Cyprus Radiation Protection Dosimetry. 2004. Vol. 109, Issue 3. P. 217–224. DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/nch300>
15. Трембіцька О.І. Вплив систем добрив на агро-екологічний стан дерново-підзолистого ґрунту та накопичення радіоцезію сільськогосподарськими рослинами. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. Вип. 39. С. 107–110.
16. Šimanský V. Changes in soil organic matter parameters during the period of 18 years under different soil

management practices. *Agriculture*. 2016. 62. P. 149–154. DOI: <https://doi.org/10.1515/agri-2016-0015>.

17. Tobiašová E., Šimanský V., Dębska B., Banach-Szott M. Soil structure and soil organic matter of selected soil types in different ecosystems. *Agriculture*. 2013. 59. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.2478/agri-2013-0001>

18. Baron S., Carignan J., Ploquin A. Dispersion of heavy metals (metalloids) in soils from 800-year old pollution (Mont-Lozere, France). *Environ. Sci. Technol.* 2006. 40. P. 5319–5326.

19. Petrenko V., Liubich V., Bondar V. Baking quality of wheat grain as influenced by agriculture systems, weather and storing conditions. *Romanian Agricultural Research*. 2017. 34. P. 69–76.

20. Pettigrew W.T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiol. Plant*. 2008. 133(4). P. 670–681. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x>

REFERENCES

1. Andrews, S., Mitchell, J., Mancinelli, R., Karlen, D., Hartz, T. (2002). On-Farm Assessment of Soil Quality in California's Central Valley. *Agronomy Journal*. Vol. 94, Issue 1, pp. 12–23.

2. Clark, M., Horwath, W., Shennan, C., Scow, K. (1998). Changes in Soil Chemical Properties Resulting from Organic and Low-Input Farming Practices. *Agronomy Journal*. Vol. 90, Issue 5, pp. 662–671.

3. Fateev, A.I., Zakharova, M.A. (2005). Osnovy primeneniya mikroudobrenij [Fundamentals of the application of micro fertilizers]. Kharkov, Typography No. 13, 134 p.

4. Hospodarenko, G.M. (2015). Agrohimiya [Agrochemistry]. Kyiv, SIC GROUP UKRAINE LLC, 372 p.

5. Begey, S.V., Shuvar, I.S. (2007). Ekologichne zemlerobstvo [Ecological agriculture]. Lviv, New World-2000, 428 p.

6. Taylor, M., Kim, N., Smidt, G., Busby, C., McNally, S., Robinson, B., Kratz, S., Schnug, E. (2016). Trace Element Contaminants and Radioactivity from Phosphate Fertiliser. Phosphorus in Agriculture: 100 % Zero. pp. 231–266. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7_12

7. Boukhenfouf, W., Boucenna, A. (2011). The radioactivity measurements in soils and fertilizers using gamma spectrometry technique. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 102, Issue 4, pp. 336–339.

8. Alshahri, F., Alqahtani, M. (2015). Chemical fertilizers as a source of ^{238}U , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{222}Rn and trace metal pollutant of the environment in Saudi Arabia. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 22, Issue 11, pp. 8339–8348.

9. Howard, B. (2000). The concept of radioecological sensitivity. *Radiat. Prot. Dosim.* Vol. 92, pp. 29–34.

10. Kondo, M., Makino, T., Eguchi, T., Goto, A., Nakano, H., Takai, T., Kimura, T. (2015). Comparative analysis of the relationship between Cs and K in soil and plant parts toward control of Cs accumulation in rice. *Soil Science and Plant Nutrition*. no. 61, pp. 144–151.

11. Kaste, J.M., Friedland, A.J., Stürup, S. (2003). Stable and Radioactive Isotopes To Trace Atmospherically Deposited Pb in Montane Forest Soils. *Environmental Studies*. no. 37(16), pp. 3560–3567.

12. Becegato, V.A., Ferreira, F.J.F., Machado, W.C.P. (2008). Concentration of radioactive elements (U, Th and

K) derived from phosphatic fertilizers in cultivated soils. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. no. 51(6), pp. 1255–1266.

13. Hussain, R.O., Hussain, H.H. (2011). Investigation the natural radioactivity in local and imported chemical fertilizers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. no. 54(4), pp. 777–782.

14. Tzortzis, M., Svoukis, E., Tsertos, H. (2004). A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose rates from surface soils in Cyprus. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 109, Issue 3, pp. 217–224. Available at: <https://doi.org/10.1093/rpd/nch300>

15. Trembitska, O.I. (2010). Influence of fertilizer systems on the agricultural ecological state of podzolic soils and accumulation of radiocesium by agricultural plants. *Bulletin of Institute of Grain Farming*. Issue 39, pp. 107–110.

16. Šimanský, V. (2016). Changes in soil organic matter parameters during the period of 18 years under different soil management practices. *Agriculture*. no. 62, pp. 149–154. Available at: <https://doi.org/10.1515/agri-2016-0015>.

17. Tobiašová, E., Šimanský, V., Dębska, B., Banach-Szott, M. (2013). Soil structure and soil organic matter of selected soil types in different ecosystems. *Agriculture*. no. 59, pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.2478/agri-2013-0001>

18. Baron, S., Carignan, J., Ploquin, A. (2006). Dispersion of heavy metals (metalloids) in soils from 800-year old pollution (Mont-Lozere, France). *Environ. Sci. Technol.* no. 40, pp. 5319–5326.

19. Petrenko, V., Liubich, V., Bondar, V. (2017). Baking quality of wheat grain as influenced by agriculture systems, weather and storing conditions. *Romanian Agricultural Research*. no. 34, pp. 69–76.

20. Pettigrew, W.T. (2008). Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiol. Plant*. 133(4), pp. 670–681. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x>

Экологическая оценка степени загрязнения чернозема оподзоленного радиоактивными нуклидами при длительном землепользовании Никитина О.В.

В настоящее время развитие сельского хозяйства возможно без использования удобрительных материалов, которые позволяют повысить плодородие почв, увеличить урожайность, повысить качество сельскохозяйственной продукции. Именно за счет их применения обеспечивается прирост урожая на 50 %. Длительное систематическое применение минеральных удобрений способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, однако это может привести к значительным изменениям состава, свойств и формирования режимов пахотных почв.

Негативное влияние удобрительных материалов на окружающую среду связано прежде всего с их химическим составом и наличием балластных веществ. При применении удобрительных материалов под каждую культуру необходимо учитывать предельно допустимые концентрации химических элементов в почве.

Установлено, что в результате применения минеральных удобрений содержание радиоактивных нуклидов в почве меняется. Исследования проводили в условиях длительного стационарного полевого

опыта с применением различных уровней минеральных удобрений $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{135}P_{135}K_{135}$. Удельную активность радионуклидов определяли методом спектрометрического анализа. На основе проведенных исследований было установлено, что различные дозы минеральных удобрений при длительном (50 лет) их применении имеют влияние на изменение удельной активности радиоактивных изотопов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr) в почве. Поглощение почвами радионуклидов препятствует их передвижению по его профилю и дальнейшему проникновению в грунтовые воды. Так, на глубине 40–60 см их удельная активность была в два раза ниже, чем в слое почвы 0–20 см. Это свидетельствует о том, что радионуклиды закрепляются в верхних слоях почвы, что увеличивает вероятность попадания их в продукцию растениеводства.

Ключевые слова: радиоактивные изотопы, радий, торий, калий, цезий, стронций, удельная активность радиоактивных нуклидов.

Environmental evaluation of nuclide pollution rate of podzolized chernozem after long land use

Nikitina O.

At present, the development of agriculture is impossible without the use of fertilizers which provide increased soil fertility and yields as well as improve the quality of agricultural products. However, it can lead to significant changes in the composition, properties and formation of arable soil regimes.

First of all, the negative influence of fertilizer materials on the environment is related to their chemical composition

and presence of ballast substances. The maximum permissible concentrations of chemical elements in the soil must be taken into account under applying fertilizer materials for each crop.

The research was conducted under the conditions of a long stationary field experiment using different levels of mineral fertilizers of $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ and $N_{135}P_{135}K_{135}$. The research results reveal that different doses of mineral fertilizers have an effect on the change of the specific activity of radioactive isotopes in the soil (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr) in their long-running application (50 years). The specific activity of radionuclides in podzolized chernozem and in winter wheat grain was established. Winter wheat plants accumulated ^{232}Th most of all but the use of fertilizers reduced it due to biological dilution in larger mass of the crop. The absorption of radioactive nuclides by winter wheat grain after cultivation after peas and silage corn depended on fertilization varied similar to that of the clover predecessor. According to the specific activity of radioactive nuclides in the soil and winter wheat grain, the coefficient of their biological absorption is calculated. Absorption of radionuclides by soil prevents them from moving through the profile and further penetration into groundwater. Thus, their specific activity was two times lower at the depth of 40–60 cm than in the soil layer of 0–20 cm. This indicates that radioisotopes are fixed in the upper layers of the soil which in turn increases their entry into crop production.

Key words: radioactive isotopes, radium, thorium, potassium, cesium, strontium, specific activity of radioactive nuclides.



Copyright: Nikitina O.B. © 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.



Nikitina O.B.

<https://orcid.org/0000-0002-2605-810X>