

parental forms 15.6 %, the sugar content and ash content were lower by 5.8 and 3.1% respectively.

The research found the prevailing types of inheritance traits of productivity and technological quality of sugar-fodder hybrids of different genetic structure. Selected The best genotypes of plants with the best combination of yield capacity of root crops, sugar content and technological qualities of raw and root crop form for further breeding of parental components of CMS sugar beet hybrids.

Keywords: raw materials, sugar beet, fodder beet, sugar-fodder hybrid, hybridization, inheritance of quantitative traits, performance, heterosis effect, the degree of phenotypic dominance.

УДК 631.839

ЕКОЛОГО-АГРОХІМІЧНА ОЦІНКА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ У ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ

І. В. Прокопчук, кандидат сільськогосподарських наук

О. В. Нікітіна, кандидат сільськогосподарських наук

Уманський національний університет садівництва

У тривалому польовому досліді на чорноземі опідзоленому із застосуванням різних доз та систем удобрення виявлено, що вміст хлору, після 50-річного застосування добрив неістотно перевищує рівень неудобрених ділянок. Виявлено, що питома активність ізотопу ^{40}K за тривалого внесення калійних добрив зростає на 12–30 % порівняно з ділянками без добрив.

Ключові слова: чорнозем опідзолений, польова сівозмінна, калійні добрива, тривале застосування добрив.

Постановка проблеми. Застосуванню добрив завжди відводилось центральне місце в комплексі заходів з підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Добрива найбільш суттєво впливають на формування колообігу речовин та енергії в ґрунтах, агроекологічний стан земель, якість сільськогосподарської продукції. Добрива як одні з найбільш ефективних засобів відтворення родючості ґрунтів, справляють значний вплив на агроекологічний стан та агрохімічні показники орних ґрунтів у процесі їх сільськогосподарського використання [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Не можна обійти увагою той факт, що нині антропогенний тиск на навколишнє природне середовище є досить істотним. Зокрема, застосування агрохімікатів, як складової інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, породжує чимало нових проблем, основною з яких є екологічна. Численні дослідження вчених-агрохіміків показали, що різні види та форми добрив неоднаково впливають на властивості ґрунту. Внесені у ґрунт добрива вступають у складні взаємодії з ним – відбуваються різноманітні перетворення добрив, які залежать від низки

чинників: властивостей добрив та ґрунту, погодних умов, агротехніки, вирощуваних культур тощо (Гладких).

Застосування добрив – це досить активний вплив на природне середовище. Наявність різних токсичних домішок у мінеральних добривах, незадовільна якість а також можливі порушення технології їх застосування можуть призвести до серйозних негативних наслідків [1].

Методика досліджень. Об'єктом досліджень був чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі дослідного поля Уманського національного університету садівництва. Стаціонарний дослід закладено в 1964 році. Основою його є 10-пільна польова сівозміна, розгорнута в часі та просторі. Застосовується органічна (Гній 9 т; 13,5 т; 18 т), мінеральна ($N_{45}P_{45}K_{45}$; $N_{90}P_{90}K_{90}$; $N_{135}P_{135}K_{135}$) та органо-мінеральна (Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$; Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$; Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$) системи удобрення. Норми добрив вказано з розрахунку на 1 га площі сівозміни.

Зразки ґрунту відбирали згідно ДСТУ 4287–2004 та ДСТУ ISO 11464–2007. Питому активність радіонуклідів визначали спектрометричним методом, вміст хлору в ґрунтовому розчині згідно з ГОСТ 26425.

Результати досліджень. Більше 90 % калійних добрив, що виробляються у світі складає калій хлористий. Це пов'язано з хімічним складом основних калієвмісних родовищ і дешевим технологічним процесом отримання добрив [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Калій хлористий може бути особливо корисним за дефіциту хлору в ґрунті [3].

Відомо, що більшість культур можуть рости без засвоєння хлору і лише для нормального розвитку деяких із них необхідна наявність його в живильному середовищі. Засвоєння хлору відповідними культурами відбувається на рівні макроелементів, тоді як для інших – потреба в ньому настільки незначна, що він був віднесений до групи мікроелементів. Однак деякі культури чутливі до наявності хлору в ґрунті [4].

Вплив калію хлористого на якість врожаю більшості сільськогосподарських культур пов'язаний з його ефективністю. Там, де добрива не дають прибавок врожаю, можна навіть спостерігати негативні наслідки. У їх ефективності спостерігається позитивний вплив і на якість продукції [5].

Основна користь від застосування хлорних добрив часто проявляються у пригніченні збудників хвороб пшениці та ячменю [3]. Після вимивання хлору в нижні шари нітрифікаційна здатність орного шару чорнозему підвищується в порівнянні з сульфатом калію. Дослідженнями встановлено, що внесення калію хлористого підвищує вміст хлору в рослинах. При цьому він зазвичай накопичується у нетоварних частинах урожаю. Фізіологічна роль хлору не достатньо вивчена. Однак, той факт, що буряк цукровий містить велику кількість хлору в листках, а зернові – в соломі, свідчить про те, що він має певне значення в життєдіяльності рослин. Найбільш негативно реагують на хлор такі культури: тютюн, картопля, гречка, соя, горох, льон, огірок, цибуля, плодови та деякі інші [4].

Встановлено, що на ділянках, удобрених калієм хлористим, вміст хлору

в рослинах майже не підвищувався, не дивлячись на значну його кількість у метровому шарі ґрунту. Під просапними вимивання хлору з орного шару проходить значно інтенсивніше, ніж під культурами суцільного посіву [6].

Солі хлору добре розчинні, тому активно мігрують по ґрунтовому профілю. Закономірності розподілу хлору в ґрунті визначаються в основному процесами водної міграції. Хлорид-аніон не лише слабо поглинається ґрунтом, але й характеризується негативною адсорбцією у відношенні до нього [7].

Вирівнювання вмісту хлору по ґрунтовому профілю обумовлено двома причинами. З однієї сторони, це відсутність в ґрунті будь-якого специфічного накопичувального бар'єру, а з іншої – активна міграція хлору по профілю як з низхідними, так і висхідними потоками вологи. В складі вологи, що випаровується з поверхні незасолених ґрунтів, міститься близько 1,5 мг/л хлор. Хлор достатньо швидко вимивається з ґрунту опадами, навіть за їх важкого гранулометричного складу [8]. Хлор калійних добрив вимивається в нижні шари ґрунту на глибину 40–100 см. Кількість хлору в метровому шарі ґрунту залежить від погодних умов: в посушливі роки хлор накопичується в метровому шарі, а у вологі – вимивається за його межі [6].

Дослідженнями встановлено, що хлор в ґрунті в водній витяжці визначається в помітній кількості через 1–2 місяці після внесення добрив під буряк цукровий восени. Але вже весною наступного року він зустрічається нерегулярно на глибині більше 60 см і лише за внесення високих доз добрив.

Встановлено, що не дивлячись на значну кількість хлору, який вносився з калієм хлористим восени у дозі 45–135 кг K_2O на 1 га площі сівозміни залежно від варіанту досліду, істотного збільшення його вмісту в 0–160-сантиметровому профілі ґрунту не спостерігалось. Це ще раз підтверджує дані про інтенсивне вимивання хлору осінньо-зимово-весняними опадами, коли проходить накопичення продуктивної вологи. При цьому хлор рівномірно розподіляється по профілю ґрунту і більша його частина зосереджується в нижніх шарах ґрунту (табл. 1).

Так, вміст хлору в шарі ґрунту 140–160 см на 0,4–2,0 мг/кг був вищий, ніж у шарі ґрунту 0–20 см. Переміщення хлору по профілю ґрунту і підґрунтя можна пояснити кількома чинниками. В регіоні, періодично, раз у 3–5 років, проходить переміщення ранньовесняного надлишку води у підґрунтя до глибини 3–5 м. Цьому сприяє язикуватість і тріщинуватість гумусового профілю чорноземів, а також ходи (нори) тварин-землерійок. Дощові черв'яки проникають до 8,5 м, кроти – до 5,3 м, мурашки – до 3,2 м, різні жуки та інші комахи – до 1,6 м [9].

Отже, вміст хлору, після 50-річного застосування добрив, у фізіологічно активному 1,5-метровому шарі ґрунту за різних рівнів і систем удобрення у польовій сівозміні неістотно перевищує рівень неудобрених ділянок. Отже, хлор добрив не утворює стійких сполук у ґрунті і досить сильно мігрує по його профілю. Згідно огляду літератури доля хлору добрив залишається ще не вивченою, що є важливим питанням не лише з погляду агрохімії, але й екології. Тому питання подальшої долі хлору – його засвоєння рослинами,

міграції в підгрунтя, надходження у водні джерела, баланс повинні бути оцінені із застосуванням ландшафтно-агрогеохімічного підходу.

Найбільшою розповсюдженістю серед природних радіоактивних ізотопів характеризується 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 він утримується міцніше внаслідок процесів сорбції. Один грам природного калію за рахунок вмісту в ньому ^{40}K (0,0119 %) характеризується активністю $0,8 \cdot 10^{-9}$ кюрі [10].

1. Вміст хлору в ґрунті після тривалого (50 років) застосування добрив у сівозміні (2015 р.)

Шар ґрунту, см	Варіант дослідю						НІР ₀₅
	Без добрив (контроль)	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	Гній 18 т	Гній 13,5 т + N ₆₈ P ₁₀₁ K ₅₄	
	вміст хлору, мг/кг						
0–20	4,8	4,8	5,1	5,3	4,6	4,9	0,5
20–40	4,8	5,2	5,5	5,8	4,7	5,2	0,5
40–60	5,2	5,1	5,5	5,9	5,2	5,3	0,6
60–80	5,2	5,1	6,0	6,1	5,6	5,6	0,7
80–100	5,2	4,9	6,2	6,2	6,5	5,6	0,6
100–120	6,1	5,1	6,0	6,6	6,3	5,3	0,7
120–140	6,2	5,3	6,0	6,4	6,3	5,5	0,8
140–160	6,1	5,2	6,1	6,8	6,6	5,6	0,8
НІР ₀₅	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	–

Використання калійних добрив із залишковою природною радіоактивністю не призводить до істотного підвищення радіоактивності сільськогосподарських культур, але бувають випадки зростання її у кілька разів порівняно з радіоактивністю рослин, вирощених у природних умовах без застосування добрив. Таке явище спостерігається зазвичай у молодих рослин на ранніх стадіях розвитку після внесення в ґрунт високих доз калійних добрив [10].

Для калійних добрив характерна присутність двох природних радіоактивних нуклідів: ^{226}Ra і ^{40}K . При цьому основним радіонуклідом є ^{40}K [11].

У літературі практично відсутні дані про рівні радіоактивності калійних добрив. Відомо, що на 1 г калію приходить 29,6 Бк ^{40}K , так як у природному калії 0,0119 % ^{40}K . Радіоактивний калій (^{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 %) [12].

Вміст в ґрунті ^{40}K може змінюватися в широких межах (100–750 Бк/кг). Однак через великий період напіврозпаду, ізотопи калію знаходяться в ґрунті зазвичай 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 складає 12 % [2].

Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням дози внесених калійних добрив у ґрунті зростає питома активність радіоактивного ізотопу калію (табл. 2). Так, у варіанті без добрив цей показник становив 105,1 Бк/кг. Внесення 45 кг K_2O /га сприяло зростанню питомої активності на 12 %, а 135 кг K_2O /га – на 30 %.

2. Питома активність радіонуклідів у ґрунті після тривалого (50 років) застосування добрив у польовій сівозміні

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Радіонукліди				
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{90}Sr
		питома активність, Бк/кг				
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
$\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$	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
$\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{135}$	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

Вниз по профілю ґрунту питома активність радіоактивного калію знижувалась і на глибині 40–60 см була у 2 рази меншою, ніж у шарі 0–20 см.

Оскільки калійні добрива містять і радіоактивний ізоотоп радію, то відповідно і його питома активність зі збільшенням дози калійних добрив зростала.

Крім того зафіксовано підвищення вмісту таких радіонуклідів як ^{232}Th , ^{137}Cs , ^{90}Sr у варіантах із застосуванням добрив відносно контролю. Оскільки системи удобрення передбачають внесення не лише калійних добрив, то можна припустити, що ізотопи надходять у ґрунт з іншими видами добрив.

Радіоізотопи Sr і Cs легко включаються в процеси міграції по

сільськогосподарських ланцюгах, так як за своїми хімічними властивостями є аналогами, відповідно, кальцію та калію, яким належить важлива роль в біосфері.

Виявлено, що внесення калійних добрив сприяють значному зниженню вмісту радіоцезію як в основній, так і в нетоварній частині врожаю вівса порівняно з контролем. Використання калійних добрив — ефективний і економічно виправданий захід для зниження надходження ^{137}Cs і ^{90}Sr у продукцію рослинництва.

У тривалих польових дослідах встановлено безпечність калійних добрив як носіїв радіоактивності, що створюється ^{40}K . Випрюмювання калію, що створює природний радіаційний фон не обмежується діючими нормами, і не є небезпечним для здоров'я людини [4].

Отже, за тривалого внесення калійних добрив зростає вміст ^{40}K та ^{226}Ra в ґрунті, що підвищує його радіоактивність. Проте, відома важлива екологічна функція калію – антагонізм у відношенні до радіоактивних ^{137}Cs і ^{90}Sr . Про значну роль калійних добрив у зниженні інтенсивності та міграції радіонуклідів у системі ґрунт–рослина відмічають багато вчених. Як показано, калій інгібує потрапляння ^{137}Cs в культури агроценозів. Найбільший ефект досягається за внесення високих доз калійних добрив.

Висновки. Застосування добрив у польовій сівозміні в дозі 45–135 кг K_2O /га не сприяє підвищенню вмісту хлору в фізіологічно активному 1,5-метровому шарі ґрунту. При цьому підвищується вміст у ґрунті ^{226}Ra від 28,6 Бк/кг до 32,6 Бк/кг і ^{40}K від 118,0 Бк/кг до 136,2 Бк/кг, за вмісту на контролі без добрив відповідно 25,8 Бк/кг і 105,1 Бк/кг.

Література

1. Примак І. Д., Манько Ю. П., Рідей Н. М. та ін. Екологічні проблеми землеробства. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 456 с.
2. Прокошев В. В. Место и значение калия в агроэкосистеме // Журнал Российского химического общества. 2005. №3. С. 35–43.
3. Косолап М. П., Кротінов О. П. Внесения удобрений після сівби // Эксклюзивные технологии. 2014. №4. С. 12–15.
4. Прокошев В. В., Дерюгин И. П. Калий и калийные удобрения. Москва: Ледум, 2000. 185 с.
5. Черно О. Д., Господаренко Г. М., Олійник О. О. [та ін.] Агроекологічні аспекти застосування калійних добрив // Зб. наук. праць Уманської сільськогосподарської академії. Київ: Норапрінт, 1997. С. 213–216.
6. Танин К. Е. Баланс хлора, серы и калия в многолетнем опыте с формами калийных удобрений // Агрохимия. 1965. № 12. С. 43–50.
7. Конорбаева Г. А., Якименко В. Н. Содержание и распределение галогенов в почвенном профиле естественных и антропогенных экосистем Юга Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 4. С. 21–35.
8. Носко Б. С., Прокошев В. В. Калійні добрива в землеробстві України. Москва: Міжнародний інститут калію, 1999. 55 с.

9. Кирюшин В. И Теория адаптивно-ландшафтного земледелия. Москва: Колос, 2011. 443 с.
10. Гудков І. М., Гайченко В. А., Кашпаров В. О. та ін. Радіоекологія. Київ, 2011. 368 с.
11. Хоботова Е. Б., Уханьова М. І., Гречишкіна О. В. Радіаційно-екологічні аспекти застосування добрив // Вісник СевДТУ. Вип. 97. 2009. С. 137–176.
12. Коваленко Г. Д., Рудя К. Г. Радиоэкология Украины. Київ: Київський університет, 2001. 167 с.

References

1. Primak, I. D., Manko, Y. P., Ridey, N. M. and others (2010). *Ecological problems of agriculture*. Kyiv: Center for Educational Literature, 2010, 456 p. (in Ukrainian).
2. Prokoshev, V. V. Place and importance of potassium in the agroecosystem. *Journal of the Russian Chemical Society*, 2005, no. 3. pp. 35–43. (in Russian).
3. Kosolap, M.P., Krotinov, O.P. Administration of fertilizers after sowing. *Exclusive technologies*, 2014, no. 4, pp. 12–15 (in Ukrainian).
4. Prokoshev, V.V., Deryugin I.P. Potassium and potash fertilizers. Moscow: Ledum, 2000. 185 p. (in Russian).
5. Cherny, O. D., Hospodarenko, H. M., Oliynyk, O. O. [and others.] Agroecological aspects of the application of potassium fertilizers. *Prob. sciences works of the Uman Agricultural Academy*. Kyiv: Noraprint, 1997, pp. 213–216 (in Ukrainian).
6. Tanin, K.E. The Balance of chlorine, sulfur and potassium in a long-term experience with the forms of potassium fertilizers. *Agrochemistry*, 1965, no. 12, pp. 43–50 (in Russian).
7. Konorbaeva, G.A., Yakimenko, V.N. The content and distribution of halogens in the soil profile of natural and anthropogenic ecosystems of the South of Western Siberia. *Bulletin of Tomsk State University*, 2012, no. 4, pp. 21–35 (in Russian).
8. Nosko, B. S., Prokoshev, V. V. (1999). *Potassium fertilizers in agriculture of Ukraine*. Moscow: International Institute of Potassium, 1999. 55 p. (in Ukrainian).
9. Kiryushin, V. And Theory of Adaptive Landscape Agriculture. Moscow: Kolos, 2011. 443 p. (in Russian).
10. Gudkov, I. M., V. Gaychenko, V. A. (2011). Kasparov and others. *Radioecology*. Kyiv, 2011. 368 p. (in Ukrainian).
11. Hobotova, E. B., Uhanova M. I., Grechishkina A. V. Radiation and environmental aspects of the use of fertilizers. *Bulletin SevDTU*. no. 97, 2009. p. 137-176 (in Ukrainian).
12. Kovalenko, G. D., Rudya, K. G. *Radioecology of Ukraine*. Kyiv: Kyiv universitet, 2001. 167 с.

Одержано 05.05.2017

Аннотация

Прокопчук И.В., Никитина О. В.

Эколого-агрохимическая оценка длительного применения калийных удобрений в полевом севообороте

Применения агрохимикатов, как составляющей интенсификации сельскохозяйственного производства, порождает множество новых проблем, основной из которых является экологическая. Целью работы было выявление влияния длительного применения различных систем и доз удобрений, на экологическое состояние почвы. Исследования проведены в стационарном опыте заложен в 1964 году. Основой его является 10-польный полевой севооборот, развернут во времени и пространстве. Применяется органическая, минеральная и органо-минеральная системы удобрения. Установлено, что несмотря на значительное количество хлора, который вносился с калием хлористым осенью в дозе 45–135 кг K_2O на 1 га площади севооборота в зависимости от варианта опыта, существенного увеличения его содержания в 0–160-сантиметровом профиле почвы не наблюдалось. Это подтверждает данные о интенсивном вымывании хлора осенне-зимне-весенними осадками, когда происходит накопление продуктивной влаги.

Исследованиями установлено, что с увеличением дозы вносимых калийных удобрений в почве возрастает удельная активность радиоактивного изотопа калия. Вниз по профилю почвы удельная активность радиоактивного калия снижалась и на глубине 40–60 см была в 2 раза меньше, чем в слое 0–20 см.

Ключевые слова: чернозём оподзоленный, полевой севооборот, калийные удобрения, длительное применение удобрений.

Annotation

Prokopchuk I.V., Nikitina O.V.

Ecological and agrochemical evaluation of long-term application of potassium fertilizers in field crop rotation

The use of agrochemicals as a component of intensification of agricultural production generates many new problems, the main one of which is the ecological one. The purpose of the work was to identify the effect of long-term use of various systems and doses of fertilizers, on the ecological state of the soil. Studies conducted in a stationary experiment were laid in 1964. Its basis is a 10-field crop rotation, deployed in time and space. The organic, mineral and organo-mineral fertilizer systems are used. It has been established that in spite of the considerable amount of chlorine that was introduced with potassium chloride in autumn in a dose of 45-135 kg K_2O per 1 ha of crop rotation area, depending on the experiment variant, a significant increase in its content in the 0- A 160-cm soil profile was not observed. This confirms the data on intensive leaching of chlorine in autumn-winter-spring precipitation, when the accumulation of productive moisture passes. Studies have shown that with increasing dose of introduced potassium fertilizers in the soil, the specific activity of the radioactive isotope of potassium increases. Downward along the soil profile, the specific activity of radioactive potassium decreased and at a depth of 40-60 cm was 2 times less than in the 0-20 cm layer. Key words: podzolized corn, field crop rotation, potash fertilizers, long-term use of fertilizers. Key words

Key words: chernozem podzolized, field crop rotation, potash fertilizers, long-term use of fertilizers.