

ЗМІНИ У СТРУКТУРІ КАЛІЙНОГО ФОНДУ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ЗА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ

Г. М. Господаренко, доктор сільськогосподарських наук
О. В. Нікітіна, кандидат сільськогосподарських наук
І. В. Прокопчук, кандидат сільськогосподарських наук
Уманський національний університет садівництва

Дані про валовий вміст калію показують лише загальні його запаси у ґрунті і не характеризують забезпеченість ним рослин. Встановлено, що тривале систематичне застосування органічних і мінеральних добрив як окремо, так і сумісно впродовж п'яти ротаций 10-пільної сівозміни сприяло збільшенню вмісту усіх форм калію в ґрунті. Особливо чітко проявляється ця тенденція у варіантах з високими дозами добрив ($N_{135} P_{135} K_{135}$ на 1 га площі сівозміни). Застосування добрив зумовлює створення стійкої рівноваги процесів обміну калію між доступними та необмінними формами у ґрунті.

Ключові слова: чорнозем опідзолений, валовий калій, калійний фонд, рухомі форми калію.

Постановка проблеми. Дані про валовий вміст калію показують лише загальні його запаси в ґрунті. Більше його містять ґрунти важкого гранулометричного складу. Це пояснюється тим, що у калій входить до мінералів, які представлено мулистими фракціями [47]. Валовий вміст калію в ґрунті не завжди характеризує забезпеченість ним рослини. Зазвичай у ґрунті лише біля 1 % валових запасів калію, що доступні рослинам [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням зміни вмісту форм калію в ґрунті за їх сільськогосподарського використання присвячено цілу низку робіт [2, 6, 7, 9, 10, 12]. Встановлено, що вміст і форми калію в ґрунті визначаються гранулометричним складом і природою глинистих мінералів. За вмістом валового калію між піщаними та важкосуглинковими ґрунтами спостерігаються досить істотні відмінності. Зазвичай, чим важчий гранулометричний склад ґрунту, тим більше в ньому мулистих часточок і вищий валовий вміст калію. Калій у ґрунті міститься в різних формах. В складі первинних і вторинних мінералів його не менше 91 %, в обмінній формі – в межах 0,5–2 %, у складі післязбиральних залишків – до 0,05 %. Калійна система ґрунту є відкритою поліморфною і полікомпонентною термодинамічною системою, в якій постійно відбуваються самовільні, енергетично вигідні процеси розпаду і руйнування, що врівноважуються процесами синтезу [7]. Вміст розчинного у воді калію не перевищує 0,2–0,4 %, обмінного – 1,5–2,0 % від загальної кількості в ґрунті. Сума розчинних форм складає 5–10 % від валових запасів калію. Забезпеченість ґрунту рухомими

формами калію залежить від їх вмісту в окремих гранулометричних фракціях, а також відносної кількості самих фракцій. Тому визначення ролі різних ґрунтових форм калію в забезпеченні ним рослин і функціонуванні калійної складової родючості дозволяє більш повно оцінити родючість ґрунту за цим елементом [6].

Калій мінерального скелету визначає його валові запаси в ґрунті. Він представлений ґрунтоутворювальними первинними і вторинними мінералами. Зазвичай їх калій для рослин недоступний [47].

У чорноземах переважають мінерали монтморилоніт, каолініт і гідролюди. При цьому слюди найбагатші на калій. Різноманітність мінералогічного складу значно змінюється залежно від валового вмісту в них калію [6].

Валовий вміст калію в орному шарі ґрунту в 5–50 разів перевищує вміст азоту і в 8–40 разів – вміст фосфору. При цьому кількісний вміст усіх форм калію в ґрунті визначається перш за все його гранулометричним складом і змінюється в широких межах: від 0,1 до 3–4 % [47, 47]. Крім того, ґрунти важкого гранулометричного складу вирізняються підвищеною фіксацією калію [11].

За тих чи інших умов, що порушують стабільність вмісту в ґрунті форм калію, ґрунт намагається повернутися до стійкої рівноваги. Високі валові запаси дозволяють підтримувати генетичний статус ґрунту за принципом гомеостазу екосистеми трансформацією сполук цього елемента [3].

Вміст валового калію в ґрунті мало змінюється з часом і в процесі його сільськогосподарського використання. Тривале застосування мінеральних добрив і гною дещо збільшує загальний вміст калію в чорноземних ґрунтах. Розподіл валового калію по профілі основних типів ґрунтів рівномірний, особливо коли ґрунтоутворювальною породою є лес і лесовидні суглинки [9].

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.

Відбір та оброблення ґрунтових зразків проводили у відповідності з ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 11464:2007. Для визначення в ґрунті основних показників калійного стану, зразки ґрунту відбирали після збирання врожаю конюшини у шарі 0–60 см через кожні 20 см.

У відібраних згідно з програмою досліджень зразках ґрунту проводили визначення вмісту: легкорозчинного калію – за методом Дашевського; рухомих сполук калію – за методом Чирикова (ДСТУ 4115:2002); обмінного калію – за методом Маслової (ГОСТ 26210:91); необмінно-гідролізованих сполук калію (у витяжці 2 н HCl); слабозв'язаних сполук за різницею між

обмінними та легкорозчинними формами і жорсткозв'язаних сполук – за різницею між необмінно-гідролізованими та обмінними формами; валовий калій за ДСТУ 4290:2004.

Результати досліджень. Дослідженнями встановлено, що вміст валового калію на ділянках без застосування добрив у шарі ґрунту 0–20 см був високий і складав 2,20 % (табл. 1).

Табл. 1. Вміст валового калію в ґрунті після тривалого (1965–2014 рр.) застосування добрив у польовій сівозміні, %

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см				
	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100
Без добрив (контроль)	2,20	2,25	2,27	2,31	2,30
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	2,22	2,26	2,30	2,29	2,32
Гній 18 т	2,18	2,23	2,31	2,30	2,28
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,18</i>	<i>0,16</i>	<i>0,15</i>	<i>0,14</i>	<i>0,13</i>

Спеціальними дослідженнями було виявлено значення різних гранулометричних фракцій ґрунтів у функціонуванні їх калійного режиму. Встановлено [1], що забезпеченість рослин калієм, режим і масштаби мобілізації ґрунтового калію залежить від ступеню участі різних пилових фракцій і мулу. Максимальна кількість внесеного в ґрунт калію фіксується в пиловій (0,002–0,05 мм) і тонкопіщаній (0,05–0,25 мм) фракціях ґрунту, де в основному зосереджений вермикуліт [8].

Відомі численні дослідження основних чинників, що контролюють режим калійного живлення рослин, поведінку калію в ґрунті, його здатність до необмінної сорбції калію тощо [5]. Встановлено, що в ґрунтовому профілі стан і режим калію тісно пов'язані з мінералогічним і гранулометричним складом ґрунтоутворювальних порід, їх фізико-хімічними властивостями.

Аналіз профільного розподілу форм калію показує, що чітко проявляється двочленна диференціація ґрунтової товщі за вмістом обмінного та особливо необмінного калію, тобто верхні генетичні горизонти збіднені ними, а нижні збагачені. На це суттєво впливає вміст глинистих мінералів (зокрема з групи слюд і гідрослюд), які мають закономірності профільного розподілу в різних типах ґрунтів [47].

Запаси доступного рослинам калію обмежені на всіх типах ґрунтів. Причиною погіршення забезпеченості сільськогосподарських культур калієм може бути не лише абсолютне зниження його кількості, але й послаблення здатності ґрунту підтримувати свій вихідний стан [47].

Тривале систематичне застосування органічних і мінеральних добрив як окремо, так і сумісно впродовж п'яти ротаций сівозміни сприяло збільшенню вмісту усіх форм калію в ґрунті (табл. 2). У варіанті без добрив та у варіантах першого рівня досліджуваних систем удобрення було найнижче

співвідношення всіх форм калію до його валового вмісту. При внесенні у чорнозем опідзолений добрив суттєво зростає частка легкорозчинних сполук калію відносно рухомої форми цього елемента.

Табл. 2. Вміст різних форм калію в ґрунті після тривалого (1965–2014 рр.) застосування добрив у польовій сівозміні, %

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Форма калію					
		легко-розчинна	рухома	обмінна	необмінна -гідролізована	слабо-зв'язана	жорстко-зв'язана
Без добрив (контроль)	0–20	0,08	0,44	0,61	11,70	0,52	11,04
	20–40	0,07	0,37	0,50	11,04	0,42	10,46
	40–60	0,07	0,32	0,45	10,38	0,38	9,88
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–20	0,09	0,51	0,71	12,28	0,61	11,54
	20–40	0,07	0,45	0,56	11,45	0,47	10,87
	40–60	0,07	0,34	0,46	10,79	0,39	10,29
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0–20	0,12	0,58	0,79	12,78	0,66	12,04
	20–40	0,09	0,43	0,60	12,12	0,51	11,54
	40–60	0,07	0,35	0,48	10,87	0,42	10,38
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	0–20	0,18	0,63	0,87	13,53	0,70	12,62
	20–40	0,14	0,48	0,67	12,53	0,53	11,87
	40–60	0,08	0,37	0,51	11,29	0,42	10,79
Гній 9 т	0–20	0,10	0,43	0,60	12,12	0,50	11,45
	20–40	0,08	0,42	0,56	11,37	0,47	10,87
	40–60	0,07	0,33	0,46	10,54	0,39	10,04
Гній 13,5 т	0–20	0,12	0,50	0,70	12,37	0,58	11,70
	20–40	0,10	0,47	0,60	11,70	0,50	11,12
	40–60	0,07	0,33	0,43	10,71	0,40	10,29
Гній 18 т	0–20	0,15	0,57	0,81	12,87	0,66	12,12
	20–40	0,12	0,49	0,61	12,12	0,49	11,45
	40–60	0,07	0,34	0,47	10,79	0,41	10,29
Гній 4,5 т+ N ₂₂ P ₃₄ K ₁₈	0–20	0,10	0,52	0,74	12,20	0,64	11,45
	20–40	0,08	0,43	0,60	11,54	0,51	10,96
	40–60	0,07	0,32	0,46	10,54	0,38	10,04
Гній 9 т+ N ₄₅ P ₆₈ K ₃₆	0–20	0,14	0,56	0,77	12,78	0,64	12,04
	20–40	0,10	0,47	0,66	11,95	0,57	11,29
	40–60	0,07	0,32	0,46	10,96	0,38	10,46
Гній 13,5 т+ N ₆₈ P ₁₀₁ K ₅₄	0–20	0,19	0,63	0,90	13,61	0,70	12,70
	20–40	0,16	0,51	0,71	12,37	0,55	11,70
	40–60	0,08	0,33	0,47	11,04	0,39	10,54

Висновки. Калійний фонд чорнозему опідзоленого зазнає помітних змін за тривалого систематичного внесення мінеральних та органічних добрив. Застосування добрив зумовлює створення стійкої рівноваги процесів обміну калію між доступними та необмінними формами у ґрунті. При вирощуванні сільськогосподарських культур без застосування калійних добрив може суттєво знижуватись їх урожай. Тому внесення калійних добрив є обов'язковою складовою раціонального природокористування і збереження родючості ґрунту.

Література

1. Андрієнко В. О. Калійний режим дерново-підзолистих та сірих опідзолених ґрунтів і його вплив на продуктивність сільськогосподарських культур в умовах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 10. С. 12–14.
2. Афанасьев Р. А., Мерзлая Г. Е. Содержание подвижного калия в почвах при длительном применении удобрений. *Агрoхимия*. 2013. № 6. С. 5–12.
3. Влияние длительного применения удобрений на динамику калия в черноземе типичном / С. И. Тютюнов, А. Н. Воронин, В. В. Никитин [и др.] *Земледелие*. 2014. №8. С. 18–20.
4. Джин Е. Лестер Джон Л. Джифон, Доналд Макус Дж. Влияние калийного питания на качество фруктов и овощей: краткий обзор литературы. *Питание растений*. 2012. № 9. С. 9–14.
5. Дмитрук Ю. М., Вархол О. В., Гамак Н. Д. Залежність вмісту форм калію від вологості зразків ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 4. С. 33–35.
6. Кучер Л. І. Зміна калійного режиму чорноземних ґрунтів залежно від їх обробітку та удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 1. С. 10–13.
7. Носко Б. С., Гладкіх Є. Ю. Післядія мінеральних добрив на калійний фонд чорнозему типового. *Агроном*. 2012. № 2 (36). С. 30–32.
8. Носов В. В. Применение калийных удобрений в развитых странах Европы и Америки. *Агрoхимия*. 2013. № 2. С. 37–41.
9. Окороков В. В. Фосфорно-калийный режим серой лесной почвы Владимирского ополья при внесении удобрений. *Агрoхимия*. 2005. № 5. С. 5–11.
10. Убугунов Л. Л., Убугунова В. И. Калийный фонд аллювиальных почв Байкальского региона. *Почвоведение*. 1999. № 4. С. 530–536.
11. Якименко В. Н. К вопросу оценки калийного состояния почв агроценозов. *Плодородие*. 2009. № 4 (49). С. 8–10.
12. Якименко В. Н., Носов В. В. Эффективность применения калийных удобрений в Западной Сибири. *Питание растений*. 2012. № 1. С. 2–5.

References

1. Andrienko V.O., Marchuk I.V, Yatsenko L. A. (2000) Potassium regime of turf-podzolic and gray podzolized soils and its influence on productivity of crops in the conditions of Polissya. *Bulletin of Agrarian Science*, 2000, no. 10, pp.

12–14 (in Ukrainian).

2. Afanasyev R. A., Frozen G. E. (2013) Content of mobile potassium in soils with long-term use of fertilizers. *Agrochemistry*, 2013, no. 6, pp 5–12 (in Russian).

3. Tyutyunov S.I., Voronin A.N., Nikitin V.V. (2014). The effect of prolonged use of fertilizers on the dynamics of potassium in typical chernozem. *Agriculture*, 2014, no. 8, pp. 18–20 (in Russian).

4. Gene E. Lester, John L. Gyphon, Donald J. Macus (2012). The effect of potassium nutrition on the quality of fruits and vegetables: a brief review of the literature. *Plant nutrition*, 2012, no. 9, pp. 9–14 (in Russian).

5. Dmitruk Yu. M., Warhol O. V., Hamak N. D. (2008). Dependence of the content of potassium forms on the moisture content of soil samples. *Bulletin of Agrarian Science*, 2008, no. 4, pp. 34–35 (in Ukrainian).

6. Kucher L.I. (2012). Changing the potash regime of chernozem soils depending on their cultivation and fertilization. *Bulletin of Agrarian Science*, 2012, no 1, pp. 10–13 (in Ukrainian).

7. Nosko B. S., Gladkikh . Yu. (2012). The aftermath of mineral fertilizers on the potash foundation of typical black soil. *Agronomist*, 2012, no 2(36), pp. 30–32 (in Ukrainian).

8. Nosov V.V. (2013). Application of potash fertilizers in developed countries of Europe and America. *Agrochemistry*, 2013, no. 2, pp37–41 (in Russian).

9. Okorokov V.V. (2005). Phosphorus-potassium regime of the gray forest soil of the Vladimir Opol'e when applying fertilizers. *Agrochemistry*, 2005, no. 5, pp. 5–11 (in Russian).

10. Ubugunov. L. L., Ubugunova V.I.. (1999). Potash fund of alluvial soils of the Baikal region. *Soil science*.no. 4, pp. 530–536 (in Russian).

11. Yakimenko V.N. (2009). On the issue of assessing the potassium state of the soil agrocenoses. *Fertility*, 2009, no 4(49), pp. 8–10 (in Russian).

12. Yakimenko V.N., Nosov V.V. (2012). Efficiency of application of potash fertilizers in Western Siberia. *Plant nutrition*, 2012, no 1, pp. 2–5 (in Russian).

Аннотация

Господаренко Г. Н., Никитина О.В. Прокопчук И.В.

Изменения в структуре калийного фонда чернозема оподзоленного при длительном применении удобрений

Данные о валовом содержании калия показывают лишь общие его запасы в почве. Большие его содержат почвы тяжелого гранулометрического состава. Это объясняется тем, что калий входит в состав минералов, которые представлены илстыми фракциями. Валовое содержание калия в почве не всегда характеризует обеспеченность им растения. При различных условиях, нарушающих стабильность содержания форм калия, почва пытается вернуться к устойчивому равновесию. Высокие валовые запасы позволяют поддерживать генетический статус почвы по принципу гомеостаза экосистемы трансформацией соединений этого элемента

Исследованиями установлено, что содержание валового калия на участках без применения удобрений в слое почвы 0–20 см был высокий и составлял 2,20.

Содержание валового калия в почве мало меняется со временем и в процессе его сельскохозяйственного использования. Длительное внесение даже тройной дозы минеральных удобрений (135 кг $K_2O/га$ севооборотной площади) не способствовали

существенному повышению содержания валового калия в почве.

Длительное систематическое применение органических и минеральных удобрений как отдельно, так и совместно в течение пяти ротаций 10-польного севооборота способствовало увеличению содержания всех форм калия в почве. На варианте без удобрений и на вариантах первого уровня исследуемых систем удобрения было низкое соотношение всех форм калия от его валового содержания.

При внесении в чернозем оподзоленный удобрений существенно возрастает доля легкорастворимых соединений калия относительно подвижной формы этого элемента.

Из полученных данных можно сделать вывод, что калийный фонд чернозема оподзоленного испытывает заметных изменений при длительном систематическом внесении минеральных и органических удобрений. Применение удобрений предопределяет создание устойчивого равновесия процессов обмена калия между доступными и необменными формами в почве. При выращивании сельскохозяйственных культур без применения калийных удобрений может существенно снижаться их урожай. Поэтому внесение калийных удобрений является обязательной составляющей рационального природопользования и сохранения плодородия почвы.

Ключевые слова: чернозем оподзоленный, валовой калий, калийный фонд, подвижные формы калия.

Annotation

Hospodarenko H. N., Nikitina O.V. Prokopchuk I.V.

Changes in the structure of the potassium stock of podzolized chernozem after a long-term fertilization

The data on the total potassium content show only its total reserves in the soil. The fine-textured soils contain more of it. This results from the fact that potassium is a part of minerals which are represented by silt fractions. The total potassium content in the soil does not always characterize the reserves of the plant. Under various conditions that violate the stability of the content of potassium forms, the soil tries to return to a stable equilibrium. High total reserves allow to maintain the genetic status of the soil according to the principle of ecosystem homeostasis by transforming compounds of this element.

Research has shown that the content of total potassium in areas without the use of fertilizers in the soil layer of 0–20 cm was high (2.20).

The content of total potassium in the soil slightly varies over time and in the course of its agricultural use. A long-term application of even a triple dose of mineral fertilizers (135 kg K₂O / ha of rotation area) did not contribute to a significant increase in the total potassium content in the soil.

Long-term systematic use of organic and mineral fertilizers, both separately and jointly during five rotations of the 10-field rotation area, contributed to an increase in the content of all forms of potassium in the soil. In the variant without fertilizers and in the variants of the first level of the fertilizer systems under study there was a low ratio of all forms of potassium to its total content.

When fertilizers are applied to the podzolized chernozem, the proportion of ready soluble potassium compounds with regard to the active form of this element increases significantly.

From the data obtained, it can be concluded that the potassium stock of podzolized chernozem undergoes noticeable changes with a long-term systematic application of mineral and organic fertilizers. The use of fertilizers predetermines the creation of a stable balance of potassium exchange processes between the available and non-exchangeable forms in the soil. Growing crops without the use of potassium fertilizers can significantly reduce their yield. Therefore, the application of potassium fertilizers is a required component of environmental management and conservation of soil fertility.

Key words: podzolized chernozem, total potassium, potassium stock, active forms of potassium.