



А. Т. Мартинюк,
кандидат с.-г. наук,
доцент кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет садівництва

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ І ВРОЖАЙНІСТЬ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ У ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ

Анотація. У статті наведено результати досліджень з вивчення поживного режиму чорнозему опідзоленого за тривалого застосування різних доз органічних і мінеральних добрив за органічної, мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення в польовій сівозміні. Дослідження проведено в стаціонарному польовому досліді, закладеному в 1964 році на дослідному полі Уманського національного університету садівництва, розміщеному в Правобережному Лісостепу України.

Дослідженнями встановлено, що після тривалого (впродовж 53 років) вирощування польових культур у сівозміні на чорноземі опідзоленому без застосування добрив знизився вміст рухомих сполук поживних речовин у ґрунті. За середньорічного внесення на 1 га сівозмінної площі 13,5 т гною і мінеральних добрив у дозі $N_{68}P_{101}K_{54}$ вміст азоту легкогідролізованих і мінеральних сполук був найвищим за органо-мінеральної системи удобрення і становив у середньому за три роки відповідно 139 і 36,9 мг/кг ґрунту. Найвищий вміст рухомого фосфору в ґрунті забезпечувало внесення на 1 га сівозмінної площі мінеральних добрив у дозі $N_{135}P_{135}K_{135}$ (221 мг/кг) за мінеральної та 13,5 т гною + $N_{68}P_{101}K_{54}$ (242 мг/кг) – за органо-мінеральної систем удобрення. Тривале застосування мінеральних і органічних добрив у сівозміні збільшувало вміст обмінного калію в чорноземі опідзоленому на 21–69 %.

Серед досліджуваних систем удобрення в польовій сівозміні вищу врожайність (42,8–57,8 т/га) буряку цукрового забезпечувала органо-мінеральна система. У середньому за чотири роки дослідження найвищу врожайність коренеплодів (53,1 т/га) одержано за внесення під буряк цукровий 45 т/га гною і мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{202}K_{45}$ за третього рівня насичення ними сівозміни (гній 13,5 т/га + $N_{68}P_{101}K_{54}$).

Ключові слова: поживний режим, чорнозем опідзолений, гній, мінеральні добрива, польова сівозміна, буряк цукровий.

A. T. Martyniuk,

PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Agrochemistry and Soil Science, Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine

SOIL NUTRIENT REGIME AND SUGAR BEET YIELD AFTER LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS IN CROP ROTATION

Annotation. The article presents the findings of the study on nutrient regime of podzolic black soil after long-term use of various doses of organic and mineral fertilizers in the conditions of organic, mineral and organomineral fertilizer systems application in field crop rotation.

The study was conducted in a stationary field experiment, established in 1964 at the experimental field of the Uman National University of Horticulture, located in the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine. Studies have established a decrease in mobile nutrients in podzolic black soil after long-term (over 53 years) cultivation of field crops grown in rotation without fertilizers. With an average annual application of 13.5 t / ha of manure and mineral fertilizers in a dose of $N_{68}P_{101}K_{54}$ per 1 ha into crop rotation area, the highest nitrogen content of easily hydrolyzable and mineral compounds was with an organomineral fertilizer system and averaged 139 and 36.9 mg / kg of soil over three years, respectively. The highest content of mobile phosphorus in the soil was provided by application of mineral fertilizers into crop rotation area at a dose of $N_{135}P_{135}K_{135}$ (221 mg / kg) per hectare for mineral system and 13.5 t of manure per hectare + $N_{68}P_{101}K_{54}$ (242 mg / kg) for organomineral fertilizer system. Long-term use of mineral and organic fertilizers in crop rotation increased the content of exchangeable potassium in the podzolic soil by 21-69%. Among the studied fertilizer systems in the field crop rotation, the highest yield (42.8–57.8 t / ha) of sugar beet was provided by the organomineral system. On average, over four years of research, the highest root crop yield (53.1 t / ha) was obtained when applying under sugar beets 45 t / ha of manure and mineral fertilizers in a dose of $N_{90}P_{202}K_{45}$ at the third saturation level of crop rotation (manure 13.5 t / ha + $N_{68}P_{101}K_{54}$).

Key words: nutrient regime, podzolic black soil, manure, mineral fertilizers, field crop rotation, sugar beet.

Постановка проблеми. Поживний режим ґрунту – важливий чинник впливу на обмін речовин у рослинах. Він визначається вмістом доступних сполук елементів живлення: азоту, фосфору, калію та інших макро- й мікроелементів у кореневмісному шарі ґрунту впродовж вегетації рослин [1]. Ґрунти України характеризуються переважно низьким умістом рухомих сполук азоту, середнім – фосфору та підвищеним вмістом калію.

Щороку з ґрунту з врожайми виноситься значна кількість поживних речовин, яку потрібно компенсувати добривами чи за рахунок інших джерел надходження. Якщо такої компенсації не буде, то ґрунт виснажуватиметься на рухомі поживні речовини, що знижує його ефективну родючість та негативно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Для ведення продуктивного землеробства з одночасним відновленням

родючості ґрунтів альтернативи добривам немає [2–3]. У зв'язку з цим і виникає потреба у проведенні тривалих досліджень з добривами у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За даними літературних джерел [4–5], урожайність сільськогосподарських культур у сівозміні формується не лише під впливом прямої дії добрив, але і їх післядії поживних речовин, внесених у попередні роки. Система удобрення в сівозміні направлена на створення оптимального режиму живлення рослин. Вона базується на фізіологічній потребі рослин в елементах живлення й залежить не від постійного збільшення доз органічних і мінеральних добрив, а насамперед від оптимізації агротехнологічних чинників.

Низка дослідників [6–8] вважають, що за органо-мінеральної системи удобрення в ґрунті формується особливе трофічне середовище в результаті трансформації органо-мінерального субстрату добрив, яке забезпечує стабільність органічного колоїдного комплексу, максимально насичуючи його обмінними формами поживних речовин. За таких умов у ґрунті накопичується велика кількість елементів живлення у водорозчинних та обмінних формах, краще зберігається й економічніше використовується ґрунтова волога, що за сукупністю дії зазначених чинників створює умови стабільного в часі режиму мінерального живлення рослин.

Дослідженнями [9], які проводилися у тривалому стаціонарному досліді на Іванівській ДСС та короткостроковому польовому досліді на Уладово-Люлинецькій ДСС встановлено, що використання в системі удобрення різних видів органічних добрив (підстилкового гною, соломи пшениці озимої, сидератів) сприяє стабілізації азотного фонду чорнозему типового. Якщо сума фракцій органічного азоту під буряком цукровим на початку ротації сівозміни незалежно від внесених органічних добрив варіювала в межах 0,240–0,245 %, то наприкінці ротації – в межах 0,244–0,246 % від маси ґрунту. Це свідчить про тенденцію підвищення вмісту азоту органічних сполук у ґрунті.

Вивчення впливу систем удобрення на поживний режим чорнозему типового вилуженого за прямої дії та післядії добрив у тривалих стаціонарних дослідіх Білоцерківської ДСС у III ротації плодозмінної, просапної та зерно-просапної сівозмін показало, що найбільший вміст азоту мінеральних сполук в орному шарі ґрунту був у середині вегетації буряку цукрового від застосування $N_{80}P_{100}K_{110} + 25$ т/га гною. У плодозмінній сівозміні він становив 13,8 мг/кг, просапній – 14,1, зерно-просапній – 12,5 мг/кг ґрунту, а за післядії добрив $N_{15}P_{20}K_{20} + 4,2$ т/га гною відповідно 11,2; 12,9 і 13,3 мг/кг. Вміст рухомих сполук фосфору був найбільшим у середині вегетації буряку цукрового за використання повної норми органо-мінеральних добрив і становив у зерно-просапній сівозміні 306 мг/кг, плодозмінній і просапній – 272 і 243, тоді як без внесення добрив відповідно 158, 169 і 166 мг/кг ґрунту. Під впливом органо-мінеральної системи удобрення підвищувався вміст обмінного калію в орному та підорному шарах ґрунту в період сходів буряку цукрового у плодозмінній сівозміні на 36 мг, просапній і зерно-просапній – відповідно на 52 і 36 мг/кг порівняно з варіантом без внесення добрив [10].

Підвищення вмісту поживних речовин у чорноземних ґрунтах за тривалого систематичного застосування гною і мінеральних добрив відмічали також й інші вчені [11–13].

Інтегральним показником родючості ґрунту є врожайність сільськогосподарських культур. За даними Л. А. Барштейна, І. С. Шкаредного та ін. [14] тривале в часі вирощування буряку цукрового без внесення добрив значно знижує їх продуктивність навіть на родючих чорноземах.

Вважається [15–17], що система удобрення буряку цукрового повинна складатися із внесення мінеральних і органічних добрив.

У тривалому стаціонарному досліді на чорноземі глибокому з вивчення продуктивності буряку цукрового

за різних доз органічних і мінеральних добрив встановлено, що застосування 40 т/га гною підвищувало врожайність буряку цукрового на 10,3 т/га, а збір цукру – на 2,59 т/га, тоді як за еквівалентної кількості мінеральних добрив, внесених у дозі $N_{200}P_{160}K_{240}$ – лише на 6,2 т/га [18]. За мінеральної системи удобрення у варіанті, де вносили $N_{90}P_{110}K_{130}$ врожайність буряку була вищою на 9,1 т/га, а збір цукру – на 1,31 т/га порівняно з неудобреними ділянками. Від збільшення дози мінеральних добрив до $N_{130}P_{160}K_{200}$ урожайність буряку цукрового за чотири роки досліджень становила 41,8 т/га, збір цукру – 6,93 т/га, що на 1,75 т/га більше, ніж на контролі та на 0,31 т/га порівняно з дозою $N_{90}P_{110}K_{130}$. Застосування органо-мінеральної системи удобрення за внесення під буряк 40 т/га гною + $N_{90}P_{110}K_{130}$ підвищувало врожайність коренеплодів на 7,8 т/га, а збір цукру – на 1,27 т/га порівняно з еквівалентною дозою мінеральних добрив.

За дефіциту підстилкового гною в системі удобрення буряку цукрового доцільно використовувати як органічне добриво зелену масу післяживних сидератів у чистому вигляді та у поєднанні із соломою пшениці озимої на тлі внесення оптимальної дози мінеральних добрив – $N_{90}P_{60}R_{90}$. Урожайність коренеплодів за альтернативних систем органо-мінерального удобрення в середньому за три роки становила 51,2–51,6 т/га, збір цукру – 8,4–8,7 т/га, тоді як за поєднання 40 т/га гною і мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{90}$ відповідно 57,4 та 8,8 т/га [19].

Отже, за тривалого застосування добрив у сівозміні, залежно від доз добрив і систем удобрення, в ґрунті створюються різні умови для живлення рослин, що має важливе значення для формування їх продуктивності.

Мета дослідження – встановити вплив тривалого застосування різних доз і систем удобрення (мінеральної, органічної та органо-мінеральної) у польовій сівозміні на поживний режим чорнозему опідзоленого і формування врожайності буряку цукрового.

Методика досліджень. Дослідження проведено в умовах стаціонарного польового досліді Уманського національного університету садівництва (атестат НААН № 88) [Стаціонарні польові досліді України. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.], розміщеного в Правобережному Лісостепу України з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи.

Бурякцукровий вирощували на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому в 10-ти пільній польовій сівозміні з типовими для регіону сільськогосподарськими культурами у ланці з конюшиною одного року використання після пшениці озимої за загальноприйнятою для регіону технологією за схемою, поданою в таблиці 1.

Для закладання досліді використовували напівперепрілий гній ВРХ на солон'яній підстильці та мінеральні добрива у формі аміачної селітри, суперфосфату гранульованого і калію хлористого.

Площа дослідної ділянки складає 180 м², облікової – 100 м². Розміщення ділянок послідовне, повторність досліді триразова.

Перед закладанням досліді ґрунт мав такі агрохімічні показники: вміст гумусу (за методом Тюріна) – 3,31 %; рН_{KCl} – 6,2; гідролітична кислотність – 2,5 смоль/кг; ступінь насиченості основами – 95 %; азоту легкогідролізованих сполук (за методом Тюріна-Конової) – 48 мг/кг, рухомих сполук фосфору (за методом Труога) – 150 і обмінного калію (за методом Бровкіної) – 90 мг/кг.

Програмою досліджень передбачено визначення вмісту азоту легкогідролізованих і мінеральних сполук за ДСТУ 7863 : 2015, рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті – за ДСТУ 4115 : 2002.

Облік урожаю буряку цукрового проводили суцільним поділянковим методом, статистичну обробку даних – методом дисперсійного аналізу з використанням програми «Agrostat», MS Office Excel.

Основні результати досліджень.

Відомо, що підвищення родючості чорноземів

насамперед пояснюють їх здатністю забезпечувати рослини азотом. Значення азоту посилюється ще й тому, що потреба в живленні ним рослин значно більша, ніж у інших елементах, а безповоротні втрати його мінеральних сполук з ґрунту через вимивання та біологічне відновлення бувають досить значними [20–21].

Як показали дослідження, тривале застосування різних доз добрив і систем удобрення в польовій сівозміні та безпосередньо під буряк цукровий істотно впливає на вміст азоту легкогідролізованих і мінеральних сполук, а також рухомих сполук фосфору й калію в чорноземі опідзоленому (табл. 1).

Так, найменший вміст азоту легкогідролізованих сполук був у варіанті, де впродовж 53 років не вносили добрив, який у середньому за три роки становив 104 мг/кг. Застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні та безпосередньо під буряк цукровий у дозах $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{135}P_{135}K_{135}$ і $N_{180}P_{180}K_{180}$ збільшувало його вміст на 15–31 мг/кг ґрунту. Внесення 30; 45 і 60 т/га гною під буряк цукровий за насичення ним сівозміни 9; 13,5 і 18 т/га забезпечувало вміст азоту легкогідролізованих сполук на рівні 116–131 мг/кг, що нижче порівняно з мінеральною системою удобрення на 2–3 %. Найвищий його вміст був у ґрунті за поєданого застосування органічних добрив з мінеральними. За насичення 1 га сівозмінної площі 9 т гною та $N_{45}P_{68}K_{36}$ його показник становив 133 мг/кг, а за дози 13,5 т і $N_{68}P_{101}K_{54}$ – 139 мг/кг, що більше порівняно з неудобреними ділянками в 1,2–1,3 рази.

Тривале застосування органічних і мінеральних добрив у сівозміні та безпосередньо під буряк цукровий збільшувало вміст азоту мінеральних сполук в чорноземі опідзоленому. Якщо на контролі без удобрення вміст мінерального азоту був найменшим і становив 16,7 мг/кг, то за їх систематичного внесення в сівозміні цей показник збільшувався в 1,4–2,2 рази. Найвищий його вміст в орному шарі ґрунту був під посівами буряку цукрового за органо-мінеральної системи удобрення в сівозміні. Насичення сівозміни гноєм 4,5 т/га і мінеральними добривами у дозі $N_{23}P_{34}K_{18}$, а також 9 т/га і $N_{45}P_{68}K_{36}$ та 13,5 т/га і $N_{68}P_{101}K_{54}$ за безпосереднього внесення під буряк цукровий у дозах 15 т/га гною + $N_{30}P_{68}K_{15}$, 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ і 45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$ забезпечувало його вміст на рівні 26,6–36,9 мг/кг. Застосування різних доз мінеральних добрив під буряк цукровий у варіантах $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{135}P_{135}K_{135}$ і $N_{180}P_{180}K_{180}$ за насичення ними у сівозміні відповідно $N_{45}H_{45}R_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ і $N_{135}P_{135}K_{135}$ збільшувало вміст азоту мінеральних сполук порівняно з контролем на 7,2–17,0 мг/кг ґрунту. За тривалого застосування органічних добрив у сівозміні

(насичення ними 9; 13,5 і 18 т/га) та безпосереднього внесення під буряк цукровий у дозах 30, 45 і 60 т/га вміст мінерального азоту становив 23,2–31,5 мг/кг ґрунту. Важлива роль у формуванні родючості ґрунту та живленні рослин належить фосфору, особливо його рухомих мінеральних сполук [22].

З даних табл. 1 видно, що найменший вміст рухомих сполук фосфору (92 мг/кг) в чорноземі опідзоленому був у варіанті без внесення добрив. Дози добрив і системи удобрення в польовій сівозміні неоднаково впливали на вміст рухомих фосфатів у ґрунті під посівами буряку цукрового. За мінеральної системи удобрення в польовій сівозміні внесення під буряк цукровий 90, 135 і 180 кг/га д. р. фосфорних добрив на тлі $N_{90}K_{90}$, $N_{135}K_{135}$ і $N_{180}K_{180}$ вміст рухомих сполук фосфору порівняно з контролем був більшим на 47–129 мг/кг. За цієї системи удобрення найбільший вміст фосфору (221 мг/кг) був у варіанті з високими їх дозами внесення в сівозміні ($N_{135}P_{135}K_{135}$) й безпосередньо під буряк цукровий ($N_{180}P_{180}K_{180}$).

Органічна система удобрення за впливом на вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті істотно поступалась мінеральній. Насичення сівозміни гноєм 9; 13,5 і 18 т/га за внесення його під буряк цукровий у дозах 30; 45 і 60 т/га формувало менший їх вміст на 22–39 % порівняно з мінеральною системою удобрення. Вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті під посівами буряку цукрового за органічної системи удобрення становив 109–136 мг/кг.

За поєданого застосування органічних і мінеральних добрив у сівозміні вміст рухомих сполук фосфору в чорноземі опідзоленому був найбільшим і становив 133 мг/кг за внесення під буряк цукровий 15 т/га гною і мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{68}K_{15}$ та насичення ними у сівозміні – 4,5 т/га + $N_{23}P_{34}K_{18}$; 195 мг/кг – у варіанті 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ (насичення 9 т/га + $N_{45}P_{68}K_{36}$) та 242 мг/кг – у варіанті 45 т/га гною + $N_{90}P_{202}K_{45}$ (насичення 13,5 т/га + $N_{68}P_{101}K_{54}$).

Основним джерелом живлення рослин калієм є обмінна форма, відносний вміст якої у загальних його запасах може бути понад 2 % [23]. Вважають, що обмінний калій є найближчим резервом для його переходу в ґрунтовий розчин [24]. Із розчину калій засвоюється найкраще, тому обмінний калій відіграє основну роль у живленні рослин. Тривале систематичне внесення мінеральних та органічних добрив зумовлює створення стійкої рівноваги процесів обміну калію між доступними та необмінними формами у ґрунті [25].

У результаті 53-річного застосування добрив у сівозміні вміст обмінного калію в орному шарі ґрунту був вищим порівняно з контролем у всіх варіантах удобрення: за мінеральної системи на 30–63 %, органічної – 21–55,

Таблиця 1.

Вміст поживних речовин у шарі ґрунту 0–30 см після тривалого (з 1964 р.) застосування добрив у польовій сівозміні під буряком цукровим (2015–2017 рр.), мг/кг

Насиченість добривами 1 га площі сівозміни	Доза добрив під буряк цукровий	$N_{\text{легкогід}}$	$N_{\text{мін}}$	P_2O_5	K_2O
Без добрив (контроль)	Без добрив (контроль)	104	16,7	92	101
$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	119	23,9	139	131
$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	128	28,3	184	149
$N_{135}P_{135}K_{135}$	$N_{180}P_{180}K_{180}$	135	33,7	221	165
Гній 9 т	Гній 30 т/га	116	23,2	109	122
Гній 13,5 т	Гній 45 т/га	125	27,4	124	143
Гній 18 т	Гній 60 т/га	131	31,5	136	157
Гній 4,5 т + $N_{23}P_{34}K_{18}$	Гній 15 т/га + $N_{30}P_{68}K_{15}$	125	26,6	133	127
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	Гній 30 т/га + $N_{90}P_{135}K_{30}$	133	32,7	195	152
Гній 13,5 т + $N_{68}P_{101}K_{54}$	Гній 45 т/га + $N_{90}P_{202}K_{45}$	139	36,9	242	171

Таблиця 2.

Вплив тривалого (з 1964 р.) застосування добрив у сівозміні на врожайність коренеплодів буряку цукрового, т/га

Насиченість добривами 1 га площі сівозміни	Доза добрив під буряк цукровий	Рік дослідження				Середня за чотири роки	Приріст до контролю
		2015	2016	2017	2018		
Без добрив (контроль)	Без добрив (контроль)	36,0	30,7	33,9	34,1	33,7	-
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	46,3	41,9	42,3	42,1	43,2	9,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	51,8	47,5	45,2	47,2	47,9	14,2
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₈₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	56,3	51,8	47,5	50,7	51,6	17,9
Гній 9 т	Гній 30 т/га	43,4	38,2	41,1	41,6	41,1	7,4
Гній 13,5 т	Гній 45 т/га	46,7	42,5	44,6	45,5	44,8	11,1
Гній 18 т	Гній 60 т/га	49,3	45,1	46,5	48,1	47,3	13,6
Гній 4,5 т + N ₂₃ P ₃₄ K ₁₈	Гній 15 т/га + N ₃₀ P ₆₈ K ₁₅	47,2	42,8	44,3	44,0	44,6	10,9
Гній 9 т + N ₄₅ P ₆₈ K ₃₆	Гній 30 т/га + N ₆₀ P ₁₃₅ K ₃₀	53,9	48,6	47,2	49,3	49,8	16,1
Гній 13,5 т + N ₆₈ P ₁₀₁ K ₅₄	Гній 45 т/га + N ₉₀ P ₂₀₂ K ₄₅	57,8	52,9	49,3	52,4	53,1	19,4
НІР ₀₅		3,1	2,3	2,5	2,6		

за органо-мінеральної – на 26–69 %. Найсприятливішими для підвищення вмісту цієї форми калію у ґрунті були варіанти досліду з внесенням потрійних доз добрив за мінеральної (N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅) та органо-мінеральної (гній 13,5 т/га + N₆₈P₁₀₁K₅₄) систем удобрення, де його кількість зростає відповідно до 165 та 171 мг/кг.

Поліпшення поживного режиму чорнозему опідзоленого за тривалого застосування органічних і мінеральних добрив у польовій сівозміні позитивно впливало на ріст і розвиток рослин та формування врожаю буряку цукрового (табл. 2).

У середньому за чотири роки досліджень урожайність коренеплодів без застосування добрив у сівозміні протягом 54-х років була найменшою і склала 33,7 т/га. За тривалого внесення мінеральних і органічних добрив у сівозміні та безпосередньо під буряк цукровий урожайність коренеплодів збільшувалась на 28–58 %.

За мінеральної системи удобрення врожайність буряку цукрового за одинарної дози добрив (N₄₅P₄₅K₄₅) у сівозміні становила 43,2 т/га, що перевищувало контроль на 9,5 т/га та на 2,1 т/га – одинарну дозу гною (9 т/га). У варіантах з подвійною дозою мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) і гною (18 т/га) врожайність коренеплодів становила відповідно 47,9 і 47,3 т/га. Найвищу врожайність коренеплодів (51,6 т/га) формували посіви буряку цукрового за внесення мінеральних добрив у дозі N₁₈₀P₁₈₀K₁₈₀, що відповідає третьому рівню (N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅) насичення ними у сівозміні.

Застосування органічних добрив у сівозміні збільшувало врожайність буряку цукрового порівняно з контролем на 7,4–13,6 т/га, проте їх ефективність була дещо нижчою порівняно з мінеральною та особливо з органо-мінеральною системами удобрення. Так, у варіантах з внесенням 30; 45 і 60 т/га гною під буряк цукровий за насичення ним сівозміни відповідно 9; 13,5 і 18 т/га врожайність коренеплодів була нижчою на 6–13 %, ніж за мінеральної системи удобрення та на 10–17 % – за органо-мінеральної.

Найвищу врожайність коренеплодів буряку цукрового забезпечувало застосування в польовій сівозміні органо-мінеральної системи удобрення. Поєднання органічних добрив з мінеральними за безпосереднього внесення під буряк цукровий 15 т/га гною + N₃₀P₆₈K₁₅ (одинарна доза) сприяло збільшенню

врожайності коренеплодів на 10,9 т/га або на 32 %, а за подвійної дози (30 т/га гною + N₆₀P₁₃₅K₃₀) – на 16,1 т/га або на 48 %.

У середньому за чотири роки дослідження найвищу врожайність коренеплодів (53,1 т/га) одержано за внесення під буряк цукровий 45 т/га гною і мінеральних добрив у дозі N₉₀P₂₀₂K₄₅ за третього рівня насичення ними сівозміни (гній 13,5 т/га + N₆₈P₁₀₁K₅₄).

Висновки.

1. За тривалого (впродовж 53 років) вирощування польових культур у сівозміні на чорноземі опідзоленому без застосування добрив знижується вміст рухомих поживних речовин у ґрунті.

2. За середньорічного внесення на 1 га сівозмінної площі 13,5 т гною і мінеральних добрив у дозі N₆₈P₁₀₁K₅₄ вміст азоту легкогідролізованих і мінеральних сполук був найвищим за органо-мінеральної системи удобрення і становив у середньому за три роки відповідно 139 і 36,9 мг/кг ґрунту.

3. Найвищий вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті (221 мг/кг) забезпечує внесення на 1 га сівозмінної площі мінеральних добрив у дозі N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ за мінеральної та 13,5 т гною і мінеральних добрив у дозі N₆₈P₁₀₁K₅₄ (242 мг/кг) – за органо-мінеральної систем удобрення.

4. Тривале застосування мінеральних і органічних добрив у сівозміні збільшувало вміст обмінного калію в чорноземі опідзоленому на 21–69 % залежно від доз внесення.

5. Серед досліджуваних систем удобрення в польовій сівозміні вищу врожайність коренеплодів (42,8–57,8 т/га) буряку цукрового забезпечує органо-мінеральна система.

6. У середньому за чотири роки дослідження найвищу врожайність коренеплодів (53,1 т/га) забезпечує внесення під буряк цукровий 45 т/га гною і мінеральних добрив у дозі N₉₀P₂₀₂K₄₅ за третього рівня насичення ними сівозміни (гній 13,5 т/га + N₆₈P₁₀₁K₅₄).

Література:

1. Цвей Я. П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін. Київ: Компринт. 2014. 416 с.
2. Яцук І. П. Періодична доповідь: Про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення (за результатами 9 туру (2006–2010 рр.) агрохімічного обстеження земель). Київ: ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». 2015. 120 с.

3. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.
4. Мартынович Н. Н., Мартынович Л. И. Влияние систематического применения удобрений на продуктивность зерносвекловичного севооборота. *Агрохимия*. 1985. №8. С. 57–69.
5. Зарішняк А. С., Іваніна В. В. Влияние удобрений на продуктивность зерносвекловичного севооборота. *Агрохимия*. 2013. №9. С. 33–39.
6. Татур И. С., Ботько А. В., Гуляка М. И. О роли органических удобрений в повышении продуктивности сахарной свеклы и плодородия почвы. *Сахарная свекла*. 2016. №6. С. 12–14.
7. Лопушняк В. І. Родючість темно-сірого лісового ґрунту та продуктивність цукрових буряків за тривалого застосування добрив у зерно-просапний сівозміні. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Агрохімія і ґрунтознавство». Спец. випуск до VIII з'їзду УТГА: Охорони ґрунтів – державну підтримку. Кн. 3. Харків: «Рута». 2010. С. 191–193.
8. Іваніна В. В., Павук І. А., Мазур Г. М. Поживний режим чорнозему вилуженого за різних систем удобрення буряків цукрових. *Вісник аграрної науки*. 2018. №4(781). С. 13–18.
9. Бондаренко В. М., Костащук М. В., Шкирява О. В., Власенко С. І., Іванова О. Г. Трансформація фракцій органічного азоту ґрунту за різних систем удобрення цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2009. №4. С. 16–18.
10. Цвей Я. П., Карачка В. П., Петрова О. Т., Галашевський В. Л., Одрехівський А. Ф., Дубовий Ю. П., Климчик С. М. Формування поживного режиму чорнозему від добрив у посівах цукрових буряків. *Вісник аграрної науки*. 2008. №6. С. 23–26.
11. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив: монографія. Київ: «Нічлава», 2002. 342 с.
12. Польовий В. М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Рівне: Волинські обереги. 2007. 319 с.
13. Цвей Я. П., Торліна О. М., Воронюк Н. М. Агрохімічні показники чорнозему залежно від системи удобрення буряків цукрових і ланок сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2016. №1. С. 23–26.
14. Барштейн Л. А., Шкаредний І. С., Якименко В. М., Зоря С. Ю., Горобець А. М. Добривам – максимальну віддачу. *Цукрові буряки*. 1998. № 1. С. 10–11.
15. Зубенко В. Ф., Тонкаль Е. А. Применение удобрений по зонам свеклосеяния. Москва: Агрпроимиздат, 1986. 42 с.
16. Буряківництво: Проблеми інтенсифікації та ресурсозбереження: Під ред. В. Ф. Зубенка. Київ: НВП ТОВ «Альфа-Стевія ЛТД». 2007. С. 170–196.
17. Мартинюк А. Т., Господаренко Г. М., Новак Ю. В. Динаміка врожайності буряку цукрового в ланках польової сівозміни за тривалого застосування добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Умань. Вип. 95. 2019. С. 128–138.
18. Хильницький О. М., Шиманська Н. К., Мазур Г. М. Добрива та продуктивність цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2004. №2. С. 10–11.
19. Зарішняк А. С., Іваніна В. В., Шиманська Н. К. Продуктивність цукрових буряків залежно від систем органо-мінерального удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2011. №10. С. 17–20.
20. Тюрин И. В. Почвообразовательный процесс, плодородие почвы и проблема азота в почвоведении и земледелии. *Почвоведение*. 1965. №3. С. 1–17.
21. Кравець І. С. Зміни в азотному фонді та баланс азоту чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2001. 20 с.
22. Носко Б. С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків: ФОП «Бровкін О. В.», 2017. 476 с.
23. Кучер Л. І. Зміна калійного режиму чорноземних ґрунтів залежно від їх обробітку та удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 1. С. 10–13.
24. Зарішняк А. С., Іваніна В. В., Колібабчук Т. В. Калійний режим чорнозему опідзоленого за тривалого удобрення зерно-бурякової сівозміни. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 6. С. 10–14.
25. Господаренко Г. М., Нікітіна О. В., Прокопчук І. В. Зміни у структурі калійного фонду чорнозему опідзоленого за тривалого застосування добрив. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Умань. Вип. 94. 2019. С. 43–49.
- land (according to the results of the 9th round (2006-2010) of the agrochemical land survey). State Institution "Soils Protection Institute of Ukraine". (in Ukrainian)
3. Hospodarenko, H. M. (2018). *Agrochemistry: Textbook*. SIC GROUP UKRAINE LLC. (in Ukrainian)
4. Martynovich, N.N., Martynovich, L.I. (1985). Effect of the systematic application of fertilizers on the productivity of grain and sugar beet rotation. *Agricultural Chemistry*, 8, 57-69. (in Russian)
5. Zarishniak, A.S., Ivanina, V.V. (2013). Effect of fertilizers on the productivity of grain and sugar beet rotation. *Agricultural Chemistry*, 9, 33-39. (in Russian)
6. Tatur, I.S., Botko, A.V., & Huliaka, M. I. (2016). On the role of organic fertilizers in increasing the productivity of sugar beets and soil fertility. *Sugar Beet*, 6, 12-14. (in Russian)
7. Lopushniak, V.I. (2010) Fertility of dark gray forest soil and productivity of sugar beets during long-term use of fertilizers in crop rotation. *Interdepartmental thematic science collection "Agrochemistry and Soil Science"*. Special issue of the VIII congress of Ukrainian society of soil scientists and grochemists: Government support to soil protection, 3, Kharkiv: Rute, 191-193. (in Ukrainian)
8. Ivanina, V.V., Pavuk, I. A., & Mazur, H.M. (2018). Nutrient regime of black soil leached under different sugar beet fertilizer systems. *Bulletin of Agricultural Science*, 4 (781), 13-18. (in Ukrainian)
9. Bondarenko, V.M., Kostashchuk, M.V., Shykyriava, O.V., Vlasenko, S.I., & Ivanova, O.H. (2009). Transformation of soil organic nitrogen fractions under different sugar beet fertilizer systems. *Sugar Beets*, 4, 16-18. (in Ukrainian)
10. Tsvey, Y.P., Karachka, V.P., Petrova, O.T., Halashevskiy, V.L., Odrekhevskiy, A.F., Duboviy, Y.P., & Klymchuk, S.M. (2008). Formation of the nutrient regime of black soil from fertilizers in sugar beet crops. *Bulletin of Agricultural Science*, 6, 23-26. (in Ukrainian)
11. Hospodarenko, H.M. (2002). *Fundamentals of integrated fertilizer application: Monograph*. Nichlava. (in Ukrainian)
12. Polioviy, V.M. (2007). *Optimization of fertilizer systems in modern agriculture*. Volynski oberehy. (in Ukrainian)
13. Tsvey, Y.P., Torlina, O.M., & Voroniuk, N.M. (2016). Agrochemical indicators of black soil depending on the system of fertilization of sugar beet and crop rotation links. *Bulletin of Agricultural Science*, 1, 23-26. (in Ukrainian)
14. Barshtein, L. A., Shkaredniy, I. S., Yakymenko, V. M., Zoria, S.Y., & Horobets, A.M. (1998). Fertilizers - maximum return. *Sugar beet*, 2, 10-11. (in Ukrainian)
15. Zubenko, V.F., Tonkal, E.A. (1986). *Application of fertilizers on beet sowing zones*. Agropromizdat. (in Russian)
16. Zubenko, V.F. (Ed.). (2007). *Beet growing: Problems of intensification and resource saving (pp.170-196)*. Research and production enterprise – Alfa-Stevia LTD. (in Ukrainian)
17. Martyniuk, A.T., Hospodarenko, H.M., & Novak, Y.V. (2019). Dynamics of sugar beet yield in crop rotation units during long-term fertilizer application. In *Collected Works of Uman National University of Horticulture* (pp. 128-138), 95. (in Ukrainian)
18. Khulnytskyi, O.M., Shymanska, N.K., & Mazur, H.M. (2004). Fertilizers and productivity of sugar beets. *Sugar Beets*, 2, 10-11. (in Ukrainian)
19. Zaryshniak, A.S., Ivanina, V.V., & Shymanska, N.K. (2011). Sugar beet productivity, depending on organo-mineral fertilizer systems. *Bulletin of Agricultural Science*, 10, 17-20. (in Ukrainian)
20. Tiurin, I.V. (1965). Soil-forming process, soil fertility and the problem of nitrogen in soil science and agriculture. *Soil Science*, 3, 1-17. (in Russian)
21. Kravets, I.S. (2001). Changes in the nitrogen stock and nitrogen balance of podzolic black soils in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine with long-term use of fertilizers in the field crop rotation [Synopsis thesis: 06:01:04, Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky] (in Ukrainian)
22. Nosko, B.S. (2017). *Phosphorus in soils and agriculture of Ukraine*. "Brovkin O.V." PE. (in Ukrainian)
23. Kucher, L.I. (2012). Changing the potassium regime of black soils depending on their cultivation and fertilization. *Bulletin of Agricultural Science*, 1, 10-13. (in Ukrainian)
24. Zarishniak, A.S., Ivanina, V.V., & Kolibabchuk, T.V. (2013). Potash regime of podzolic black soil during long-term fertilizer of grain-beet crop rotation. *Bulletin of Agricultural Science*, 6, 10-14. (in Ukrainian)
26. Hospodarenko, H.M., Nikitina, O.V., & Prokopchuk, I.V. (2019). Changes in the structure of the potassium fund of podzolic black soil with long-term use of fertilizers. In *Collected Works of Uman National University of Horticulture* (pp. 43-49), 94. (in Ukrainian)

References:

1. Tsvey, Y.P. (2014). *Soil fertility and crop rotation productivity*. Komprint. (in Ukrainian)
2. Yatsuk, I.P. (2015). Periodic report: On the status of soils on agricultural