



УДК 631.8.022.3
DOI 10.31395/2310-0478-2019-1-37-43

Господаренко Г. М.,
доктор с.-г. наук,
професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет садівництва

Прокопчук І. В.,
кандидат с.-г. наук,
доцент кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет садівництва



Бойко В. П.,
аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет садівництва

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ В ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ

Анотація. У статті наведено результати досліджень з вивчення поживного режиму ґрунту в польовій сівозміні за тривалого застосування різних доз і співвідношень добрив. Дослідження проведено в 2016–2018 рр. в умовах стаціонарного польового досліду, закладеного у 2011 році на дослідному полі Уманського національного університету садівництва, розміщеному в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, pH_{KCl} – 5,7. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях з таким чергуванням культур: пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя. Нетоварну частину врожаю культур залишали на полі на добриво. Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні добрива (калій хлористий) вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивуацію та в підживлення.

Дослідженнями встановлено, що чорнозем опідзолений має низький вміст азоту легкогідролізованих сполук навіть за внесення на тлі залишеної на добриво нетоварної частини врожаю $N_{110}P_{60}K_{80}$ упродовж двох ротацій 4-пільної сівозміни. Це свідчить про важливе значення азотної складової у системі удобрення культур. Застосування фосфорних добрив у дозі P_{30-60} на 1 га площі сівозміни дозволяє підтримувати вміст рухомих фосфатів у ґрунті на вихідному рівні. У варіанті $N_{110}K_{80}$ середньорічне зниження їх вмісту в шарі ґрунту 0–20 см становить 2,5 мг/кг ґрунту. Не дивлячись на значне повернення калію в ґрунт з нетоварною частиною врожаю та значні його природні запаси, на ділянках без внесення калійних добрив проходить істотне зниження вмісту його рухомих сполук у шарі ґрунту 0–20 см – з 131,7 до 120,3–127,9 мг/кг. Це свідчить про недоцільність повної відмови від застосування калійних добрив.

З метою відновлення та покращення поживного режиму чорнозему опідзоленого у польовій сівозміні (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) на тлі залишення на полі нетоварної частини врожаю необхідно вносити мінеральні добрива у дозі $N_{110}P_{60}K_{40}$ на 1 га площі сівозміни. Зменшені вдвічі дози калійних добрив, що були розраховані за господарським винесенням калію стабілізують вміст його рухомих сполук у ґрунті.

Ключові слова: поживний режим, мінеральні добрива, польова сівозміна, чорнозем опідзолений, азот легкогідролізованих сполук, рухомі сполуки фосфору і калію.

Господаренко Г. Н.,
доктор с.-х. наук, професор кафедри агрохімії і почвоведення, Уманський національний університет садівництва (г. Умань), Україна;

Прокопчук І. В.,
кандидат с.-х. наук, доцент кафедри агрохімії і почвоведення, Уманський національний університет садівництва (г. Умань), Україна;

Бойко В. П.,
аспірант кафедри агрохімії і почвоведення, Уманський національний університет садівництва (г. Умань), Україна.

ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ ПРИ РАЗНОМ УДОБРЕНИИ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению питательного режима почвы в полевом севообороте при длительном применении различных доз и соотношений удобрений. Исследование проведено в 2016–2018 гг. В условиях стационарного полевого опыта, заложенном в 2011 году на опытном поле Уманского национального

университета садоводства, розміщеному в Маньковському природно-сільськогосподарському районі Середньодніпровсько-Бугського округу Лесостепної Правобережної провінції. ґрунт дослідного ділянки – чорнозем оподзолений тяжелосуглинистий на лесі з вмістом гумусу 3,8%, вміст азоту легкогідролізованих сполучень – низький, рухомих сполучень фосфору і калію – підвищений, $pH_{KCl} = 5,7$. Дослідження розгорнуті на чотирьох ділянках з чергуванням культур: озима пшениця, кукурудза, ячмень, соя. Нетоварну частину врожаю культур залишали на полі на добриво. Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні добрива (калій хлористий) вносили під зяблову обробку ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивування і в підгодівлю.

Дослідженнями встановлено, що чорнозем оподзолений має низький вміст азоту легкогідролізованих сполучень навіть при внесенні на фоні залишеної на добриво нетоварної частини врожаю $N_{110}P_{60}K_{80}$ протягом двох ротаций 4-польового севообороту. Це свідчить про важливу роль азоту в системі добрив культур. Застосування фосфорних добрив в дозі P_{30-60} на 1 га площі севообороту дозволяє підтримувати вміст рухомих фосфатів в ґрунті на початковому рівні. В варіанті $N_{110}K_{80}$ середньорічне зниження їх вмісту в шарі 0–20 см становить 2,5 мг/кг. Незважаючи на значуще повернення калію в ґрунт з нетоварної частини врожаю і значущі його природні запаси, на ділянках без внесення калійних добрив спостерігається суттєве зниження вмісту рухомих сполучень в шарі ґрунту 0–20 см – з 131,7 до 120,3–127,9 мг/кг. Це свідчить про нецелесобразність повного відмови від застосування калійних добрив.

З метою відновлення і покращення живильного режиму чорнозему оподзоленого в польовому севообороті (пшениця озима, кукурудза, ячмень, соя) на фоні залишення на полі нетоварної частини врожаю необхідно вносити мінеральні добрива в дозі $N_{110}P_{60}K_{40}$ на 1 га площі севообороту. Зменшені вдвічі дози калійних добрив, які були розраховані за економічним виведенням калію стабілізують вміст рухомих сполучень в ґрунті.

Ключові слова: живильний режим мінеральні добрива, польовий севооборот, чорнозем оподзолений, азот легкогідролізованих сполучень, рухомих сполучень фосфору і калію.

H. M. Hospodarenko,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Agrochemistry and Soil Science, Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine;

I. V. Prokopchuk,

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

V. P. Boyko,

Postgraduate Student of the Department of Agrochemistry and Soil Science of the Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine.

NUTRIENT REGIME OF THE SOIL IN THE FIELD CROP ROTATION DIFFERENT DOSES FERTILIZER

The article presents the results of studies on the study of the nutrient regime of the soil in the field crop rotation for the long-term application of different doses and ratios of fertilizers. The research was conducted in 2016-2018 under the conditions of the stationary field experiment, which was laid in 2011 on the research field of the Uman National Horticulture University located in the Mankovsky natural and agricultural area of the Central-Dnipro-Bug District of the Forest-Steppe Right Bank province. The soil of the experimental site is black-ground podzolized heavy-sandy loam with humus content of 3.8%, nitrogen content of readily hydrolyzed compounds - low, mobile phosphorus and potassium compounds increased, pH 5.5. The experiment is simultaneously deployed on four fields with such alternation of crops: winter wheat, corn, spring barley, soy beans. A non-cumulative part of the crop yield was left on the field for fertilizer. Phosphoric (granulated superphosphate) and potassium fertilizers (potassium chloride) were introduced under sown soil tillage, nitric (ammonium nitrate) - under pre-sowing cultivation and fertilization.

Studies have established that pseudozol black earth has a low nitrogen content of easily hydrolyzed compounds, even when applied on the background of the non-consumable part of the crop $N_{110}P_{60}K_{80}$ abandoned for fertilization during two rotations of a 4-way crop rotation. This indicates the importance of the nitrogen component in the fertilizer system of crops. Application of phosphate fertilizers in a dose of P_{30-60} per 1 hectare of crop rotation allows maintaining the content of mobile phosphates in the soil at the initial level. In version $N_{110}K_{80}$ the average annual reduction in their content in the soil layer of 0–20 cm is 2.5 mg / kg of soil. Despite the significant return of potassium to the soil with the unpopular part of the crop and its significant natural reserves, in the plots without potassium fertilizers, there is a significant decrease in the content of its mobile compounds in the soil layer of 0–20 cm - from 131.7 to 120.3–127, 9 mg / kg. This indicates the inappropriateness of the complete refusal to use potassium fertilizers.

In order to restore and improve the nutritional regime of chernozem podzoleny in field crop rotation (winter wheat, corn, spring barley, soy) against the background of leaving in the field of non-part of the crop, mineral fertilizers should be introduced in a dose of $N_{110}P_{60}K_{40}$ per 1 hectare of crop rotation. Reduced twice the amount of potassium fertilizers that were calculated by the economic removal of potassium stabilize the content of its mobile compounds in the soil.

Постановка проблеми. Проблема родючості ґрунтів в Україні залишається актуальною у зв'язку зі значною розораністю земель, різким збільшенням кількості землевласників і землекористувачів, недотриманням ними науково обґрунтованих сівозмін і ґрунтоохоронних заходів, що призводить до розвитку деградаційних процесів: дегуміфікації, переущільнення, еродованості [29].

У попередніх дослідженнях учених [8, 13, 14, 18, 19, 20, 24, 27], на яких ґрунтувалися наші дослідження, вивчалась ефективність застосування на чорноземах органічних і мінеральних добрив під польові культури. Проте зазвичай ці дослідження проводилися у різних ґрунтово-кліматичних умовах, за різної структури 8–12-польних сівозмін, з видаленням нетоварної частини врожаю з поля та низького рівня продуктивності сільськогосподарських культур. Крім того, переважна більшість господарств, що

вироснуть польові культури, нині мають чисто рослинницький напрям і, відповідно, в господарському колообігу поживних речовин відсутній гній.

Даних, де вивчалась продуктивність короткоротаційних сівозмін залежно від рівня удобрення дуже мала. Актуальність цього напрямку досліджень очевидна. У короткоротаційних сівозмінах зростає частка кожної культури, що може позначитися на використанні поживних речовин ґрунту та добрив.

Загальноприйняте правило про те, що чим вищі дози внесення добрив, тим вищий врожай сільськогосподарських культур, вже не актуальне в умовах енергетичної кризи, тому виникає потреба вивчення кількісних і якісних змін показників родючості ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед заходів реалізації концепції досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів в Україні важливе значення

належить застосуванню агротехнологій, що забезпечують відтворення їх родючості, в тому числі збідненню та поживні речовини і запобігання забруднення [16]. Формування родючості ґрунтів в умовах Лісостепу обумовлена антропогенним навантаженням на агросистеми, а також пов'язано з системою сівозмін, удобрення сільськогосподарських культур і обробітком ґрунту [11, 14, 15, 31, 38].

Встановлено [22], що застосуванням добрив у польовій сівозміні треба підтримувати на оптимальних рівнях увесь комплекс показників родючості ґрунту, який для чорнозему опідзоленого важкосуглинкового Правобережного Лісостепу відповідає таким параметрам: pH_{KCl} 5,4–6,0, ступінь насичення основами – 89–90 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 150 мг/кг, рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирікова) – відповідно 200 і 160 мг/кг. Це досягається середньорічним внесенням мінімально-оптимальних доз мінеральних добрив і максимально можливого застосування гною та інших органічних ресурсів, або $N_{120}P_{60}K_{120}$ на 1 га сівозмінної площі.

Практика показує, що врожаї культур на чорноземі значно нижчі західноєвропейських, де переважають ґрунти опідзоленого ряду; ефективність мінеральних добрив (особливо фосфорних) висока; рекомендовані в довідниках дози азотних, фосфорних і калійних добрив (без врахування попередників і вмісту залишкових форм поживних речовин) практично однакові для дерново-підзолистих ґрунтів Полісся і чорноземів Лісостепу. Тому оцінка родючості чорноземів сильно завищена [35]. Невисока природна забезпеченість їх рухомими формами поживних речовин (N, P, K) і визначає високу ефективність добрив, яка збільшується з підвищенням культури землеробства.

Питання підвищення родючості чорноземів насамперед зв'язують з 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 [17, 32, 33, 40, 42].

З погляду живлення рослин важливо знати скільки азоту органічних сполук за вегетаційний період може перейти у доступну для рослин форму. Зазвичай таку форму азоту визначають після лужного гідролізу за методом Корнфілда. Зазвичай систематичне застосування мінеральних азотних добрив не сприяє накопиченню в ґрунті азоту органічних сполук і навіть може знижуватися порівняно з вихідним вмістом [30]. В той же час внесення гною сприяє значному накопиченню органічного азоту і вуглецю.

Характерною ознакою родючості ґрунтів є їх фосфатний рівень, а його підвищення – одним з основних показників окультурення. Тривале застосування добрив на чорноземі опідзоленому у польовій сівозміні у дозах, які перевищують вилучення фосфору врожаєм, сприяє накопиченню надлишкових його кількостей [5].

Чорноземи мають значні запаси фосфору. Тому на ділянках без внесення добрив проходить біопереміщення фосфору з нижніх шарів ґрунту. На удобрених фосфорними добривами ділянках фосфор використовується з верхніх шарів ґрунту. Цим можна пояснити різницю у вмісті фосфору в підорних шарах ґрунту на удобрених і неудобрених ділянках у тривалих стаціонарних дослідях, а не переміщенням рухливих сполук фосфору по профілю ґрунту. На нашу думку, це дає можливість допустити незначний тимчасовий від'ємний баланс фосфору в ґрунті. Цим також пояснюється, що за внесення добрив рослинам немає потреби формувати кореневу систему, що глибоко проникає в ґрунт [23].

Калійний режим ґрунту та забезпеченість рослин калієм обумовлюється динамічними показниками вмісту його рухомих і фіксованих форм. Завдяки фізико-хімічним процесам у ґрунті постійно підтримуються рівновага, проте темпи поповнення запасів водорозчинних сполук

за рахунок інших форм зазвичай відстають від темпів засвоєння його рослинами [23, 24]. У зв'язку з тим, що в ґрунті існує певна рівновага між формами калію, виникають труднощі в регулюванні калійного режиму ґрунтів і в розробленні системи застосування калійних добрив під різні сільськогосподарські культури. Особливо це стосується чорноземів важкого гранулометричного складу, що добре забезпечені калієм [28].

В чорноземі опідзоленому запаси калію досить великі [23] і при засвоєнні водорозчинних і обмінних його форм рослинами їх кількість поступово відновлюється за рахунок його необмінних форм. За даними [26], без внесення калійних добрив сільськогосподарські культури можуть засвоювати до 75 % з необмінних форм від загального його виведення з ґрунту. Встановлено [26], що вилучення калію рослинами кукурудзи у 1,5–2,0 рази перевищує вміст у ґрунті його обмінних форм. При цьому коефіцієнт кореляції між урожаєм і вмістом необмінно фіксованого калію був вищий ($r = 0,93$), ніж між урожаєм і вмістом обмінного калію ($r = 0,71$). Припинення внесення калійних добрив у польовій сівозміні на Миронівській дослідній станції різко знижувало врожайність культур, а з часом депресія врожаїв посилювалася [10].

У Правобережному Лісостепу в польовій сівозміні встановлено, що збільшення вмісту калію в чорноземі опідзоленому відбувається за дози калійних добрив, що становить 50 % від його виведення врожаєм за умови залишення нетоварної частини врожаю на полі, а за її вилучення – 80 % [23]. При цьому калійні добрива слід вносити під калієфільні культури, а інші культури сівозміни будуть використовувати їх післядод.

Відмічено [25], що динаміка вмісту обмінного калію в ґрунті, зайнятому рослинами і на чистих площах була однаковою. Зменшення кількості доступного фосфору і калію впродовж вегетації, на думку вчених, більше залежить від переходу в необмінні форми, ніж від поглинання рослинами. Цей факт, а також відсутність стійкості позитивної дії калійних добрив на врожай культур дозволяє зробити висновок про економічну недоцільність внесення високих доз калійних добрив.

Вважається [25], що достатнім для одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур у польових сівозмінах є вміст рухомих сполук калію (за методом Чирікова) 120–180 мг/кг ґрунту.

Отже, за тривалого застосування добрив у сівозмінах, залежно від доз і співвідношень, в ґрунті створюються різні умови для живлення рослин, забезпечується певний баланс поживних речовин, що має важливе значення у формуванні рівня його родючості та збереження в чистоті навколишнього природного середовища.

Мета дослідження – оцінити еволюційне спрямування характеру змін поживного режиму чорнозему опідзоленого важкосуглинкового Правобережного Лісостепу за різних доз і співвідношень мінеральних добрив у короткоротаційній польовій сівозміні на тлі заробляння в ґрунт нетоварної частини врожаю, що дозволить виявити шляхи його регулювання.

Методика досліджень. Дослідження проведено в умовах стаціонарного польового досліді (атестат НААН № 87) [4], закладеному у 2011 році на дослідному полі Уманського НУС, розміщеному в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньодніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи. Схема досліді показана в таблиці. Розміщення варіантів у досліді послідовне. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур 4-пільної польової сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) і виявляти вплив агрометеорологічних чинників на їх продуктивність та ефективність добрив. Повторення досліді триразове. Загальна площа дослідної ділянки 110 м² облікова – 72 м². Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні добрива (калій хлористий) вносили під зяблевий обробіток

ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивуацію та в підживлення. Технологія вирощування сільськогосподарських культур – загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу.

Після збирання врожаю нетоварну його частину (солома, листкостеблова маса) заробляли у ґрунт.

ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, $pH_{KCl} = 5,7$.

Вміст азоту легкогідролізованих сполук і рухомих сполук фосфору та калію в ґрунті визначали відповідно за ДСТУ 7863 : 2015 і за ДСТУ 4115–2002. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку між досліджуваними чинниками використовували коефіцієнт кореляції за шкалою R. E. Chaddock.

Основні результати досліджень.

Дослідження показали, що чорнозем опідзолений мав дуже низький і низький вміст азоту легкогідролізованих сполук (табл. 1). Він у більшій мірі залежав від доз азотних добрив, ніж фосфорних і калійних та культур сівозміни. Підвищення його вмісту в усіх варіантах дослідження спостерігалось лише під ячменем ярим. Це пояснюється тим, що його попередником у сівозміні є кукурудза, яка після збирання врожаю залишає в ґрунті багато післязбиральних і корневих решток, які піддаються лужному гідролізу.

Найбільше зменшення вмісту азоту легкогідролізованих сполук за період проведення досліджень пройшло в шарі ґрунту 0–20 см ділянок без застосування добрив – на 8–12 мг/кг залежно від поля сівозміни. При цьому зменшення його вмісту пройшло і в шарі ґрунту 20–40 см, що можна пояснити потраплян-

ням меншої кількості добрив, та формування меншої маси коріння та надходженням післязбиральних решток рослин.

Узагальнюючи отримані в досліді дані, слід зазначити, що поряд з азотними добривами, фосфорні добрива, хоч і в значно меншій мірі, сприяли збереженню вмісту азоту легкогідролізованих сполук на початковому рівні. При цьому калійні добрива не впливали на цей показник.

Жоден з варіантів дослідження не сприяв істотному підвищенню вмісту азоту легкогідролізованих сполук в шарі ґрунту 0–40 см. При цьому за сумісного внесення азотних і фосфорних добрив у дозі $N_{110}P_{60}$ спостерігалась тенденція після двох ротацій польової сівозміни його підвищення.

У середньому по чотирьох полях сівозміни найвищий вміст азоту легкогідролізованих сполук – 119 мг/кг у шарі ґрунту 0–20 см був у варіанті дослідження $N_{110}P_{60}K_{80}$, що на 23 % більше, порівняно з контролем без добрив. При цьому в шарі ґрунту 20–40 см це збільшення також становило 20 %.

Незначні зміни вмісту азоту легкогідролізованих сполук можна пояснити тим, що в ґрунті він знаходиться в термодинамічно стійких формах, тобто на низькому і середньому рівні. Підвищений або високий вміст азоту мінеральних сполук у ґрунтах спостерігається лише за внесення підвищених доз добрив, після чистого пару та розорювання багаторічних бобових трав. Зазвичай таке підвищення проходить упродовж 4–6 місяців [36].

Отже, показник вмісту азоту легкогідролізованих сполук у ґрунті є досить консервативним. Він не зазнає істотних змін навіть за внесення повного мінерального добрива ($N_{110}P_{60}K_{80}$) упродовж двох ротацій 4-польної сівозміни. При цьому його вміст, відповідно прийнятій

Таблиця 1

Вміст азоту легкогідролізованих сполук у ґрунті польової сівозміни за різного удобрення (2016–2018 рр.), мг/кг

Варіант дослідження (насиченість 1 га площі сівозміни)	Шар ґрунту, см	Культура сівозміни				HIP ₀₅
		Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярим	Соя	
Без добрив (контроль)	0–20	97	97	100	96	7
	20–40	92	92	96	94	6
N ₅₅	0–20	99	101	104	103	5
	20–40	97	94	98	95	7
N ₁₁₀	0–20	108	107	111	108	8
	20–40	102	100	105	99	5
P ₆₀ K ₈₀	0–20	110	99	113	102	7
	20–40	96	95	99	97	4
N ₁₁₀ K ₈₀	0–20	110	109	113	112	7
	20–40	102	103	106	104	4
N ₁₁₀ P ₆₀	0–20	114	114	118	117	6
	20–40	110	110	113	113	5
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	0–20	106	106	110	109	5
	20–40	105	101	106	104	4
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	0–20	117	117	121	119	9
	20–40	111	112	115	115	6
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	0–20	112	114	119	117	8
	20–40	108	110	113	111	7
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	0–20	115	117	122	118	8
	20–40	110	113	117	114	6
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	0–20	102	115	120	115	7
	20–40	111	110	114	112	7
HIP ₀₅	0–20	8	7	8	7	
	20–40	6	6	7	5	

Примітка: Вміст перед закладанням дослідження (2010 р.) у шарі ґрунту 0–20 см 105 мг/кг, у шарі 20–40 см – 101 мг/кг.

Таблиця 2

Вміст рухомих сполук фосфору у ґрунті польової сівозміни за різного удобрення (2016–2018 рр.), мг/кг

Варіант дослідження (насиченість 1 га площі сівозміни)	Шар ґрунту, см	Культура сівозміни			
		Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	0–20	93,5	92,6	92,1	91,3
	20–40	92,7	91,4	91,3	91,6
N ₅₅	0–20	92,0	93,0	90,4	91,4
	20–40	93,5	94,6	92,3	92,6
N ₁₁₀	0–20	93,6	94,7	91,3	92,9
	20–40	90,1	92,3	87,6	89,0
P ₆₀ K ₈₀	0–20	119,7	124,3	115,2	116,8
	20–40	108,3	109,7	112,1	107,2
N ₁₁₀ K ₈₀	0–20	89,3	88,4	84,9	88,4
	20–40	88,3	87,1	85,2	87,5
N ₅₁₀ P ₆₀	0–20	112,3	118,2	109,1	111,6
	20–40	107,7	109,9	104,9	105,0
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	0–20	107,3	109,2	104,1	105,1
	20–40	103,5	105,0	100,2	101,2
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	0–20	112,9	116,3	109,3	110,6
	20–40	106,5	108,1	104,8	105,3
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	0–20	105,7	108,9	102,6	104,8
	20–40	102,0	104,3	99,7	100,3
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	0–20	113,5	116,6	110,4	111,7
	20–40	105,0	101,4	102,2	117,2
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	0–20	104,6	107,2	101,9	102,4
	20–40	100,6	102,3	98,7	99,7
HIP ₀₅	0–20	6,7	7,9	6,2	6,3
	20–40	5,2	5,4	4,7	4,4

Примітка: Вміст перед закладанням дослідів (2010 р.) у шарі ґрунту 0–20 см 105,5 мг/кг, у шарі 20–40 – 99,7 мг/кг.

градації, залишається на низькому рівні, що свідчить про важливе значення азотної складової у системі удобрення польових культур на чорноземі опідзоленому.

На ефективну родючість чорноземних ґрунтів поряд з азотним, значний вплив має фосфатний режим [25]. У природних умовах він знаходиться в стані певної рівноваги, тому з погляду господарської діяльності та поліпшення умов живлення сільськогосподарських культур фосфором необхідно прагнути до збільшення концентрації фосфатів у ґрунтовому розчині. Цього можна досягти внесенням добрив [7]. Особливості впливу добрив на зміну фосфатного режиму ґрунту визначаються його здатністю поглинати і трансформувати внесені фосфати [34]. Рухомість у ґрунті новоутворених фосфатів зазвичай залежить від кислотності ґрунтового розчину, мінералогічного складу ґрунту, вмісту органічних речовин та інших властивостей, зокрема попередників, їх удобрення [25]. Тому фосфатна складова ґрунту важко піддається регулюванню, але вважається важливим показником його родючості [2, 3, 6, 12,].

Як видно з даних табл. 2, на ділянках без внесення добрив пройшло істотне зниження вмісту рухомих сполук фосфору – на 13,1 і 7,9 мг/кг ґрунту відповідно в шарі 0–20 і 20–40 см. Тобто середньорічне зменшення їх вмісту в шарі ґрунту 0–20 см становило 1,9 мг/кг.

У варіанті дослідів N₁₁₀P₆₀K₈₀ у середньому по чотирьох полях пройшло підвищення вмісту рухомих фосфатів до 112,3 мг/кг ґрунту. При цьому також відмічено підвищення їх вмісту з 99,7 до 106, 2 мг/кг у шарі ґрунту 20–40 см, що пояснюється заорюванням фосфорних добрив і післязбиральних решток рослин, кращим розвитком кореневої системи на удобрених фонах.

Слід також зазначити, що за зниження дози фосфорних добрив у складі повного мінерального добрива вдвічі (варіант N₁₁₀P₃₀K₈₀) відмічена лише незначна тенденція до зниження вмісту рухомих сполук фосфору в шарі ґрунту 0–20 см.

Найбільше зниження вмісту рухомих сполук відбулося у варіанті дослідів N₁₁₀K₈₀ – у шарі ґрунту 0–20 см з 105,5 до 87,8 мг/кг і в шарі 20–40 см – з 99,7 до 87,0 мг/кг. При цьому середньорічне їх зниження було відповідно 2,5 і 2,0 мг/кг ґрунту.

Отже застосування фосфорних добрив у дозі 30–60 кг д. р. на 1 га площі сівозміни у складі повного мінерального добрива дозволяє підтримувати вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті на підвищеному рівні, тоді як без їх внесення, особливо на тлі застосування лише азотних і калійних, або лише азотних добрив, забезпеченість рослин рухомими фосфатами стає середньою.

Вважається [5, 10, 23], що найважливішими чинниками вмісту рухомих сполук калію в ґрунті є його фізико-хімічні особливості, дози калійних добрив, баланс калію і структура сівозміни.

Незначне зниження вмісту рухомих сполук калію за низької дози калійних добрив не може бути обґрунтованим відмови від їх застосування на чорноземах. Їх в першу чергу необхідно вносити під калієфільні культури щоб забезпечити їх збалансоване мінеральне живлення [9, 21]. Картину такого «благополуччя» можна пояснити високим вмістом у чорноземі опідзоленому польових шпатов і алюмосилікатів, які розчиняються за рН = 3, який встановлюється при взаємодії 0,5 М розчину оцтової кислоти з ґрунтом (метод Чирикова) [41]. При цьому також проходить гідроліз калійумісних органічних

Вміст рухомих сполук калію у ґрунті польової сівозміни за різного удобрення (2016–2018 рр.), мг/кг

Варіант дослідження (насиченість 1 га площі сівозміни)	Шар ґрунту, см	Культура сівозміни			
		Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	0–20	122,7	126,8	127,9	120,3
	20–40	95,6	99,4	101,3	92,7
N ₅₅	0–20	117,9	119,4	122,4	113,3
	20–40	94,8	96,9	99,5	91,3
N ₁₁₀	0–20	115,1	118,2	120,6	112,4
	20–40	92,2	95,3	98,8	86,3
P ₆₀ K ₈₀	0–20	141,0	146,9	149,4	136,3
	20–40	113,4	118,4	122,7	110,0
N ₁₁₀ K ₈₀	0–20	132,4	136,3	139,5	129,7
	20–40	121,2	124,8	129,3	127,1
N ₁₁₀ P ₆₀	0–20	112,4	116,2	119,5	109,4
	20–40	92,3	96,3	99,9	89,6
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	0–20	135,4	138,6	142,1	132,0
	20–40	116,1	119,4	123,3	112,3
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	0–20	126,0	130,2	133,4	122,6
	20–40	122,0	124,9	127,6	117,6
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	0–20	126,6	129,3	132,2	123,8
	20–40	119,1	121,4	124,3	116,0
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	0–20	123,1	126,2	129,6	120,3
	20–40	111,1	114,3	117,4	107,3
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	0–20	124,1	127,2	130,7	121,6
	20–40	122,3	125,6	129,1	118,5
NIP ₀₅	0–20	7,1	6,6	6,0	7,3
	20–40	6,4	6,1	5,9	7,1

Примітка: Вміст перед закладанням дослідження (2010 р.) у шарі ґрунту 0–20 см 131,7 мг/кг, у шарі 20–40 см – 103,6 мг/кг.

сполук. Це може спотворювати реальний стан потенційно доступного калію в ґрунті [26, 28].

Як видно з даних табл. 3, вміст рухомих сполук калію у шарі ґрунту 0–20 см у всіх варіантах дослідження, за виключенням варіантів N₅₅, N₁₁₀ і N₁₁₀P₆₀, залишається підвищеним, тобто більше 120 мг/кг.

Отже, не дивлячись на значні запаси валового калію в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому, на ділянках без застосування калійних добрив проходить істотне зниження вмісту його рухомих сполук. Це свідчить про те, що ґрунт не встигає поповнювати засвоєний на формування врожаю обмінний калій [23].

Одержані дані підтверджують дослідження інших вчених [5, 23, 37, 39], які встановили, що на чорноземах типових, вилужених і опідзолених підвищення вмісту рухомих сполук калію спостерігаються за дози калійних добрив, що покриває вилучення його з ґрунту на 75 %. На нашу думку, ще можна пояснити біопереміщенням калію з нижніх шарів ґрунту і материнської породи.

Висновки.

1. Чорнозем опідзолений має низький вміст азоту легкогідролізованих сполук навіть за внесення на тлі залишеної на добриво нетоварної частини врожаю N₁₁₀P₆₀K₈₀ упродовж двох ротацій 4-пільної сівозміни. Це свідчить про важливе значення азотної складової у системі удобрення культур.

2. Застосування фосфорних добрив у дозі 30–60 кг д. р. на 1 га площі сівозміни дозволяє підтримувати вміст рухомих фосфатів у ґрунті на вихідному рівні, тоді як у варіанті N₁₁₀K₈₀ середньорічне зниження їх вмісту в шарі ґрунту 0–20 см становить 2,5 мг/кг ґрунту.

3. Не дивлячись на значні запаси калію в чорноземі опідзоленому і значне повернення його в ґрунт з нетоварною частиною врожаю, на ділянках без внесення калійних добрив проходить істотне зниження вмісту його

рухомих сполук у шарі ґрунту 0–20 см – з 131,7 до 120,3–127,9 мг/кг. Це свідчить про недоцільність повної відмови від застосування від калійних добрив.

4. Встановлено, що у польовій сівозміні (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) за внесення N₁₁₀P₆₀K₄₀ на 1 га площі сівозміни на тлі залишення на полі нетоварної частини урожаю забезпечує відновлення вмісту рухомих форм азоту, фосфору і калію. Зменшені вдвічі дози калійних добрив, що розраховані за господарським виснаженням калію стабілізують вміст його рухомих сполук у ґрунті.

Література:

- Sowinski J. Sowinski. Nowe Rolnictwo. 1978. Nr. 20. pp. 21–23.
- Адерихин П. Г. Фосфор в почвах и в земледелии Центрально-Черноземной полосы. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1970. 248 с.
- Аскинази Д. Л. Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1949. 216 с.
- Заришчак А. С., Балюк С. А., Лісовий М. В. Стационарні польові дослідження України. Реєстр атестатів. Київ: Аграрна наука, 2014. 146 с.
- Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва [Е. Г. Дегодюк, В. Ф. Сайко, М. С. Корнійчук та ін.]. Київ: Урожай, 1992. 320 с.
- Гинзбург К. Е. Фосфор в основных типах почв СССР. Москва: Наука, 1981. 244 с.
- Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник, Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.
- Господаренко Г. М., Черно О. Д. Баланс азоту, фосфору та калію у польовій сівозміні за 40-річного застосування добрив. Вісник Уманського УДАУ. 2005. №12. С. 13–21.
- Господаренко Г. М., Черно О. Д., Сухомуд О. Г. До питання оптимального вмісту рухомих форм фосфору і калію в чорноземі опідзоленому для культур польової сівозміни. Фактори родючості ґрунту та їх ефективність: Збірник наукових праць Уманської сільськогосподарської академії. Умань, 1998. С. 66–71.
- Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2002. 344 с.
- Громовик А. И. Изменения содержания и состав гумуса черноземов Лесостепи ЦЧР при распашке. Сахарная свекла. 2016. №6. С. 24–26.
- Дмитренко П. А. Фосфатный режим почв Украинской ССР и приемы его улучшения. Тр. Почвенного института им. В. В. Докучаева. Москва: Изд-во АН СССР, 1957. Т. 50. С. 152–274.
- Загорча К. П. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборо-

- тах. Кишенев: Штиинца, 1990. 288 с.
14. Іваніна В. В. Баланс елементів живлення залежно від системи удобрення у різноротаційних сівозімінах. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства». Вип. 3-4. Київ, 2012. С. 26-33.
 15. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України. За ред. В. Ф. Камінського. Київ: Едельвейс, 2015. 428 с.
 16. Концепція досягнення нейтрального рівня деградації земель (ґрунтів) України. за наук. ред. С. А. Балука, В. В. Медведєва, М. М. Мірошніченка. Харків: ФОР Бровін О. В., 2018. 32 с.
 17. Кравець І. С. Зміни в азотному фонді та баланс азоту чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України за тривалого застосування добрив у польовій сівозіміні: автореф. дис. канд. с.-г. наук. Харків, 2001. 20 с.
 18. Лісовал А. П., Макаренко В. М., Кравченко С. М. Система застосування добрив. Київ: Вища школа, 2002. 317 с.
 19. Лісовий М. В. Застосування мінеральних добрив та відновлення родючості ґрунтів в умовах сучасного землеробства. М. В. Лісовий. Вісник аграрної науки. 1997. № 9. С. 10-15.
 20. Лопушніак В. І. Агрохімічні та агроекологічні аспекти систем удобрення в Західному Лісостепу України: монографія. В. І. Лопушніак; під ред. А. І. Фатєєва. Львів: Ліга-Прес, 2015. 218 с.
 21. Агрозоологіческая оценка многолетней динамики содержания калия в черноземах западной части ЦЧО. С. В. Лукин, И. И. Васенев, А. С. Цыгункин. Достижения науки и техники АПК. 2010. №8. С. 42-45.
 22. Медведєв В. В. Мониторинг почв Украины: концепция, предварительные результаты, задачи. Харьков: Антика, 2002. 428 с.
 23. Нормативи затрат мінеральних добрив для підвищення плодюродія дерново-подзолистої почвы. И. Г. Платонов, А. Ф. Сафанова, В. Д. Полин [и др.]. Агрохимический вестник. 2010. №5. С. 9-11.
 24. Носко Б. С., Кривоносова Г. М. и др. Экологические последствия применения минеральных и органических удобрений. Чтобы не убывало плодюродия земли. Киев: Урожай, 1989. С. 45-65.
 25. Носов В. В. Значение калийных удобрений для сохранения экологического равновесия. Плодюродия. 2002. №2. С. 28-30.
 26. Оніани О. Г. Агрохімія калія. Москва: наука, 1981. 199 с.
 27. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Гумус і почвообразование. Ленинград: Наука, 1980. 220 с.
 28. Пчелкин В. У. Почвенный калий и калийные удобрения. Колос, 1966. 335 с.
 29. Самодрига М. Ф., Полупан В. І., Полупан В. М. Продуктивність чорнозему еродованого при внесенні зменшених норм фосфорних добрив. Тезиси доповідей IV з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України (серпень 1994 р.). Селекція агрохімії та охорони навколишнього середовища. Харків, 1994. С. 60-62.
 30. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства. За ред. В. В. Медведєва та М. В. Лісового. Харків: Вид. «Штрих», 2001. 101 с.
 31. Тараріо Ю. О., Глушченко Л. Д., Савченко В. Г., Дорошенко Л. Ю. Підвищення енергетичної ефективності вирощування сільськогосподарських культур та збереження родючості ґрунтів. Агрохімія і ґрунтознавство (специвипуск). Харків, 2002. Кн. 3. С. 287-289.
 32. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодюродии. Москва: Наука, 1965. 322 с.
 33. Харченко О. В., Прасол В. І., Ільченко О. В. Агроекономічне та екологічне обґрунтування рівня живлення сільськогосподарських культур. Суми: Університ. книга, 2009. 126 с.
 34. Христенко А. А. К вопросу о плодюродии черноземных почв. Агрохімія і ґрунтознавство (специвипуск). Харків, 2010. Кн. 3. С. 292-294.
 35. Христенко А. А. Плодюродия почв Украины и эффективность удобрений. Агрохімія і ґрунтознавство (специвипуск). 2018. Кн.2. С. 234-235.
 36. Цвей Я. П., Мазур Г. М. Особливості впливу системи удобрення цукрових буряків на фонд обмінного калію чорнозему вилугуваного. Агроекологічний журнал. 2001. №2. С. 55-57.
 37. Цвей Я. П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозімін: монографія. Київ: Компринт, 2014. 416 с.
 38. Цвей Я. П., Бондар С. О., Семчук С. М. Формування родючості чорнозему в сівозімінах Лісостепу. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції 7-8 червня 2018 р. "Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення". Житомир: Рута, 2018. С. 267-271.
 39. Чесняк Г. Я. Развитие культурного почвообразовательного процесса в черноземе мощно Лесостепи УССР. Окультуривание почв и их плодюродии. Харьков. 1973. Том 185. С. 13-36.
 40. Чесняк Г. Я. Розрахунок балансу гумусу і доз внесення органічних добрив для забезпечення його бездефіцитного вмісту. Довідник працівника агрохімслужби. Київ: Урожай, 1991. С.68-72.
 41. Чорна Л. В. Зміни агрофізичних та фізико-хімічних показників родючості чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу за тривалого застосування добрив у польовій сівозіміні: автореф. дис. канд. с.-г. наук. Київ, 2000. 20 с.
 42. Эндриус У. В. Применение органических и минеральных удобрений. Москва: Изд-во иностранной литературы, 1959. 399 с.
- Reference:**
1. Sowinski J. Sowinski. Nowe Rolnictwo. 1978. no. 20. pp. 21-23.
 2. Aderkhin P. G. Phosphorus in soils and in agriculture of the Central Black Earth strip. Voronezh: Izd. VSU, 1970. 248 p.
 3. Askinazi D.L. Phosphate regime and soil liming with acid reaction. Moscow-Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1949. 216 p.
 4. Zaryshnyak A. S., Balyk S. A., Forest M. V. Stationary field experiments of Ukraine. Register of certificates. Kyiv: Agrarian Science, 2014. 146 pp.
 5. Growing ecologically pure crop production [E. G. Dogodyuk, V. F. Saiko, M. S. Kornychuk and others.]. Kiev: Harvest, 1992. 320 p.
 6. Hinzburg K.E. Phosphorus in the main types of soils of the USSR. Moscow: Science, 1981. 244 p.
 7. Hospodarenko H. M. Agrochemicals: a textbook, Kyiv: "SIC GRUP UKRAINE" LLC, 2018. 560 p.
 8. Hospodarenko H. M., Chernov O. D. The balance of nitrogen, phosphorus and potassium in the field crop rotation during 40 years of application of fertilizers. Bulletin of Uman UDU. 2005. no. 12. pp. 13-21.
 9. Hospodarenko H. M., Chernov O. D., Sukhomud O. G. On the optimal content of moving forms of phosphorus and potassium in chernozem podzolennym for crops field crop rotation. Factors of soil fertility and their efficiency: Collection of scientific works of the Uman Agricultural Academy. Uman, 1998. pp. 66-71.
 10. Hospodarenko H. M. Fundamentals of Integrated Application of Fertilizers. Kyiv: CJSC "Nichtlava", 2002. 344 p.
 11. Gromovik A.I. Changes in the content and composition of humus chernozem of the Forest-Steppe Central Black Earth when plowing. Sugar beet. 2016. no. 6. pp. 24-26.
 12. Dmitrenko P.A. The phosphate soil regime of the Ukrainian SSR and methods for its improvement. Tr. Soil Institute to them. V.V. Dokuchaev. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1957. T. 50. P. 152-274.
 13. Zagorcha K. P. Optimization of fertilizer system in field crop rotations. Kishenev: Shtinty, 1990. 288 p.
 14. Ivanina V. V. Balance of nutrients depending on fertilizer system in non-rotation crop rotations. Collection of scientific works of NSC "Institute of Agriculture". Whip 3-4. Kyiv, 2012. pp. 26-33.
 15. Scientific bases of effective development of agriculture in agrolandscapes of Ukraine. Ed. V.F. Kaminsky. Kyiv: Edelweiss, 2015. 428 p.
 16. The concept of achieving a neutral level of land degradation (soils) of Ukraine. for sciences edit S. Baliak, V. V. Medvedev, M. M. Miroshnichenko. Kharkiv: FOP Brovin OV, 2018. 32 p.
 17. Kravets I. S. Changes in the nitrogen fund and nitrogen balance of chernozem of the podzolized Right-bank Forest-steppe of Ukraine for the long-term application of fertilizers in field crop rotation: author's abstract. dis. Cand. s.-g. sciences Kharkiv, 2001. 20 p.
 18. Lisoval A. P., Makarenko V. M., Kravchenko S. M. The system of application of fertilizers. Kyiv: Higher school, 2002. 317 pp.
 19. Lisovy M. V. Application of mineral fertilizers and restoration of soil fertility in conditions of modern agriculture. M. V. Lisovy. Bulletin of Agrarian Science. 1997. No. 9. P. 10-15.
 20. Lopushnyak V.I. Agrochemical and agro-ecological aspects of fertilizer systems in the Western Forest-steppe of Ukraine: monograph. VI I. Lopushnyak; ed. A. I. Fateyev. Lviv: Liga-Press, 2015. 218 p.
 21. Agroecological assessment of the long-term dynamics of potassium content in the chernozems of the western part of the CEC. S. V. Lukin, I. I. Vasenev, A. S. Tsygutin. Achievements of science and technology of agroindustrial complex. 2010. no. 8. pp. 42-45.
 22. Medvedev V.V. Monitoring of Soils in Ukraine: Concept, Preliminary Results, Tasks. Kharkiv: Antikva, 2002. 428 p.
 23. Norms of costs of mineral fertilizers for increasing the fertility of sod-podzolic soils. I. G. Platonov, A. F. Safanov, V. D. Polin [and others]. Agrochemical messenger. 2010. №5. pp. 9-11.
 24. Nosko B. S., Krivonosova G. M., and others. Environmental consequences of mineral and organic fertilizer application. In order not to decrease the fertility of the earth. Kiev: Harvest, 1989. pp. 45-65.
 25. Nosov V. V. The value of potash fertilizers for the preservation of ecological equilibrium. Fertility 2002. №2. Pp. 28-30.
 26. Oniani O. G. Agrochemicals of potassium. Moscow: science, 1981. 199 p.
 27. Ponomareva V. V., Plotnikova T. A. Humus and soil formation. Leningrad: Science, 1980. 220 p.
 28. Pchelkin V. U. Soil potassium and potassium fertilizers. Moscow: Kolos, 1966. 335 p.
 29. Samodrigova M.F., Polupan V.I., Polupan V.M. Productivity of Chernozem eroded at introduction of reduced norms of phosphate fertilizers. Abstracts of the 4th Congress of Soil Scientists and Agrochemists of Ukraine (August 1994). Selection of agrochemistry and environmental protection. Kharkiv, 1994. pp. 60-62.
 30. The state of soil fertility in Ukraine and the forecast of its changes in modern agriculture. Ed. V. V. Medvedev and M. V. Lisovy. Kharkiv: View. "Barry", 2001. 101 p.
 31. Tarariko Yu. O., Glushchenko L. D., Savchenko V. G., Doroshenko L. Yu. Improvement of energy efficiency of growing of agricultural crops and preservation of soil fertility. Agrochemistry and soil science (special edition). Kharkiv, 2002. Book. 3. pp. 287-289.
 32. Tyurin I. V. Organic soil matter and its role in fertility. Moscow: Science, 1965. 322 p.
 33. Kharchenko, O. V., Prasol, V. I., Ilchenko, O. V. Agroecological and Ecological Objectives of Living Aliveness of Cultures. Sumi: Universit. book, 2009. 126 p.
 34. Khristenko, A. A. On the Question of Fertility of Black Soil. Agrochemistry and practicality (special issue). Kharkiv, 2010. Book. 3. pp. 292-294.
 35. Khristenko A. A. Soil Fertility of Ukraine and Efficiency of Fertilizers. Agrochemistry and practicality (special issue). 2018. Book 2. pp. 234-235.
 36. Zvei Y.P., Mazur G.M. Peculiarities of Impact of Sugar Beet Fertilizer System on the Exchange of Potassium Exchange of Chernozem Extracted. Agroecological journal. 2001. №2. pp. 55-57.
 37. Tsvyy Ya. P. Soil fertility and productivity of crop rotation: monograph. Kyiv: Comprint, 2014. 416 p.
 38. Tsvyy Ya. P., Bondar S. O., Semchuk S. M. Formation of fertile soil fertility in the forest-steppe crop rotation. Materials of the International Scientific and Practical Conference June 7-8, 2018 "Innovative Technologies in Plant Crop: Problems and Solutions". Zhytomyr: Ruta, 2018. pp. 267-271.
 39. Chesnyak G. Ya. The development of the cultural soil-forming process in the black earth of the powerful Forest-Steppe of the Ukrainian SSR. Soil cultivation and their fertility. Kharkov. 1973. Vol. 185. pp. 13-36.
 40. Chesniak G. Ya. Calculation of the balance of humus and doses of organic fertilizers to ensure its non-deficit content. Directory of the agrochemical service worker. Kiev: Harvest, 1991. pp. 68-72.
 41. Chornaya L.V. Changes in agrophysical and physicochemical indices of fertility of chernozem of podzolized Pravoberezhny Forest-Steppe for the prolonged use of fertilizers in field crop rotation: author's abstract. dis. Cand. s.-g. sciences Kyiv, 2000. 20 p.
 42. Andrews V. V. The use of organic and mineral fertilizers. Moscow: Publishing House of Foreign Literature, 1959. 399 p.