

УДК 631.459; 361.48

ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО РУХОМИМИ ФОРМАМИ НРК ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ ЙОГО ОБРОБІТКУ

Я. Погромська, н. с.

ORCID ID: 0000-0001-6784-3633

Лабораторія родючості ґрунтів та ґрунтозахисних технологій ДП «ДГ «Донецьке»

ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського»

<https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.212>

Погромська Я. Вплив систем удобрення на забезпеченість чорнозему звичайного рухомими формами НРК залежно від способів його обробітку

Визначено, що підвищені норми повного мінерального добрива в зерно-просапній сівозміні за ґрунтово-кліматичних умов Східного Степу забезпечують збільшення вмісту нітратів у ґрунті за оранки в середньому за ротацію на 36,1 %, за безполицевого плоскорізного обробітку – на 26,0 %, збільшення вмісту фосфатів – на 52,9 % та 60,8 % відповідно, але не відкидають ризики негативного впливу на рухомість калію під культурами суцільного посіву (особливо за безполицевого обробітку). Удобрення гноєм забезпечує меншу ефективність щодо вмісту нітратів (5,2 % за полицевого та 10,6 % за безполицевого обробітків) та фосфатів (32,4 % за полицевого та 36,3 % – за безполицевого обробітків) у ґрунті, але вищу ефективність щодо рухомості калію (8,2 % за полицевого та 10,5 % за безполицевого обробітків), однак при цьому можливі негативні, особливо на фоні оранки, прояви щодо нітратів та обмінного калію, що відкидається за додаткового внесення повного мінерального добрива, чим забезпечується максимальна ефективність у формуванні рівня основного мінерального живлення (48,7 % за полицевого та 35,0 % – за безполицевого обробітків щодо нітратів, 78,8 % та 83,0 % – відповідно фосфатів і 14,4 % та 16,9 % – відповідно калію). Солома ефективна тільки у системі з повним мінеральним добривом і забезпечує достатньо високе збільшення рухомості в ґрунті основних елементів живлення (48,1 % за полицевого та 24,2 % – за безполицевого обробітків щодо нітратів, 53,0 % та 57,2 % – відповідно фосфатів і 11,0 % та 6,5 % – відповідно калію), однак не відкидаючи можливість негативних проявів відносно калію.

Ключові слова: нітрати, фосфати, обмінний калій, оранка, безполицевий плоскорізний обробіток ґрунту, органічні та мінеральні добрива.

Pogromskaya Ya. Fertilizer efficiency on the formation of mineral nutrition depending on tillage

It is determined that the choice of the fertilizer scheme in grain-seed crop rotation under the soil-climatic conditions of the eastern Steppe should take into account the features of the use of mineral and organic fertilizers in the schemes of soil protection technologies in relation to the formation of the level of basic mineral nutrition.

The mineral fertilizer system with higher doses in grain-seed crop rotation provides an increase in the content of nitrates in soil on average by crop rotation by 36,1 % for plowing, by 26,0 % for subsurface cultivator tillage, an increase in phosphate content by 52,9 % and 60,8 % respectively, an increase in the content of exchangeable potassium by 5,5 % and 3,7 % respectively, while at the same time having the risk of adverse effects on the mobility of the latter under continuous crops (especially for subsurface cultivator tillage). Fertilizing manure provides less fertilizer than the mineral fertilizer system, the efficiency with respect to the content of nitrates (5,2 % for plowing and 10,6 % for subsurface cultivator tillage) and phosphates (32,4 % for plowing and 36,3 % for subsurface cultivator tillage) in soil, but higher efficiency with respect to the movement of potassium (8,2 % for plowing and 10,5 % for subsurface cultivator tillage). However, against the backdrop of fertilization with manure, negative manifestations of nitrates and exchangeable potassium are possible, especially in the background of plowing, which provides greater efficiency of manure, as fertilizer, in the field-free cultivation system. Application of manure in the system of organo-mineral fertilizers provides the maximum efficiency in the formation of the level of basic mineral nutrition (48,7 % for plowing and 35,0 % for subsurface cultivator tillage nitrates treatment – 78,8 % and 83,0 % respectively phosphates and 14,4 % and 16,9 % respectively of potassium), excluding negative effects. The introduction of straw into chernozem soils should only be applied on the background of traditional plowing and only in the system with complete mineral fertilizers, which on average provides high enough effects on the mobility of the main nutrients in the soil (48,1 % for plowing and 24,2 % for subsurface cultivator tillage) in relation to nitrates – 53,0 % and 57,2 % respectively of phosphates and 11,0 % and 6,5 % respectively of potassium), however, without excluding the possibility of negative manifestations regarding potassium against the background of high doses of nitrogen fertilizers.

Key words: nitrates, phosphates, exchangeable potassium, plowing, subsurface cultivator tillage, organic and mineral fertilizers.

Постановка проблеми. Загальною закономірністю динаміки антропогенної еволюції чорноземів звичайних останніми роками є негативний тренд основних показників родючості [10]. Для зміни цього тренду у позитивний бік систематичне відчуження біогенних елементів за підвищення врожайності сільськогосподарських культур повинно компенсуватися застосуванням відповідної кількості добрив [11–20]. Добрива створюють оптимальний режим живлення рослин макро- і мікроелементами, спрямовано регулюють обмін органічних і мінеральних сполук, що дає змогу реалізувати потенційну продуктивність рослин за кількістю й якістю врожаю та забезпечує збереження родючості ґрунтів і навіть розширене її відтворення [8]. Водночас застосування добрив повинно враховувати особливості системи обробітку ґрунту з переходом до ґрунтозахисних технологій для підвищення ефективності удобрення та уникнення негативного впливу на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У наукових публікаціях зустрічаємо суперечливі дані щодо ефективності добрив за відмови від обертання пласту ґрунту. Результати досліджень Р. В. Кравченко [6], В. С. Снігового та ін. [4] в умовах зони нестійкого зволоження показують, що відмова від оранки сприяє збільшенню ефективності мінерального удобрення. Однак, за твердженням М. Я. Бомби [1], використання мінеральних добрив слід вважати найбільш раціональним тоді, коли їхні дози приведено у відповідність до кількості кореневих і післяжнивних решток та вмісту у них азоту, фосфору та калію.

Існує достатньо інформації щодо іммобілізаційних ускладнень у формуванні поживного режиму за застосування органічного удобрення [2]. З одного боку, внесення в ґрунт з несприятливими біологічними властивостями гною, особливо разом з азотними і фосфорними добривами, прискорює процеси мінералізації та поліпшує надходження засвоєваних поживних речовин. З іншого боку, застосування перепрілого гною на ґрунтах із високою біогенністю, особливо під культурами зі сильно розвинутою кореневою системою, але бідною на азот (небобові), підсилює іммобілізацію цього елемента і фосфору [3; 5], а також може сприяти необмінній фіксації калію [2], що є причиною погіршення живлення рослин. Загалом ефективність органічних добрив зростає за поєднання з мінеральними добривами [16].

Увага до особливостей застосування гною органічного добрива за мінімізації обробітку

ґрунту значною мірою пов'язана з підвищенням емісії азоту у формі [22–24], а також через розшарування (стратифікацію) хімічних властивостей орного шару за багаторазового застосування гною [25]. За даними І. Д. Примака, ефект від органо-мінеральної системи удобрення на основі гною щодо продуктивності зерно-просапної сівозміни за безпліцевого обробітку – це важливий резерв відновлення родючості ґрунту, який використовується недостатньо [13]. За даними Б. С. Носка, у соломі міститься близько 35–40 % вуглецю, який є важливим елементом гумусоутворення, до 0,5 % азоту, 0,25 % фосфору і 0,86 % калію [21]. Солома поліпшує структуру орного шару, послаблює випаровування вологи, стабілізує запаси гумусу орних ґрунтів і збагачує останні агрономічно цінною гетеротрофною мікрофлорою [12]. Мульчування поверхні ґрунту подрібненою соломкою сприяє підвищенню ефективності мінеральних добрив (особливо азотних) і врожайності сільськогосподарських культур [14]. Унаслідок іммобілізації азоту та накопичення токсичних речовин під час розкладу, внесення однієї соломи мало-ефективне [7; 9]. Щоб уникнути цих негативних явищ, треба сумісно зі соломкою вносити азотні добрива у нормах та формах, визначених відповідно до типу ґрунту і кліматичних умов [15]. За даними А. С. Туліна, в посушливих умовах Криму використання соломи разом з азотом для удобрення під озиму пшеницю економічно вигідніше, ніж використання її на приготування гною [11]. Як вказує О. М. Царенко, соломі доцільно не заорювати, а додати 8–10 кг азоту на 1 т соломи і в полі обробити лушчильниками чи дисковими боронами, що в 10–17 разів збільшить утворення гумусу порівняно з варіантом заорювання соломи [19]. На відміну від цього, за даними М. Г. Фурманця, поверхневий обробіток ґрунту на варіанті солома + деструктор знижував урожайність ячменю ярого порівняно з пліцевим обробітком ґрунту на 2,11 т/га [18].

Постановка завдання. Неоднозначність даних щодо ефективності удобрення у ґрунтозахисних технологіях зумовлює доцільність детального вивчення впливу різних систем органо-мінерального удобрення на агрохімічні показники для відновлення родючості чорнозему Східного Степу України в системах оранки та безпліцевого плоскорізного обробітку.

Лабораторія родючості ґрунтів та ґрунтозахисних технологій ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» провела довгострокові дослідження ефективності різних систем удобрення за

мінімізації обробітку ґрунту в умовах Південно-Східного Степу України. Дослідження проводили в польовому стаціонарному досліді протягом 1993–2002 рр. у дослідному господарстві ДП «ДГ «Донецьке» (с. Суха-Балка Ясинуватського району Донецької області). Ґрунт – чорнозем звичайний важкосуглинковий слабоеродований на лесі. Досліджено динаміку вмісту основних елементів живлення в орному шарі ґрунту протягом ротації зерно-просапної сівозміни з таким чергуванням культур: *кукурудза на силос, пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, кукурудза на силос, озима пшениця, соняшник*. Схема досліду передбачала два типи основного обробітку ґрунту: різноглибинну відвальну оранку та різноглибинний безвідвальний плоскорізний обробіток. Глибина обробітку – відповідно до технологічних потреб вирощуваних культур. Під пшеницю озиму проводили усереднюючий поверхневий обробіток. Оранку здійснювали плугом ПЛН-4-35, мілкий обробіток на 10–12 см – культиватором КПЕ-3,8 з боронами БЗСТ-1, безполіцевий плоскорізний обробіток – плоскорізом КПГ-250.

Спостереження за динамікою поживного режиму проводили за такими системами удобрення: мінеральне удобрення перспективними нормами ($N_{100}P_{100}K_{91}$ на 1 га сівозмінної площі); гній 15 т/га (двічі за сівозміну під кукурудзу на силос); гній 15 т/га + $N_{100}P_{100}K_{91}$; солома 6 т/га + N_{36} (під просапні культури); солома 6 т/га (під просапні культури) + $N_{100}P_{100}K_{91}$. З органічних добрив вносили напівперепрілий гній великої рогатої худоби на солончакній підстилці та солону озимих зернових колосових культур, із мінеральних – аміачну селітру, простий гранульований суперфосфат і калійну сіль.

Проби ґрунту (0–30 см) відбирали в період активної вегетації культур, вміст нітратів у зразках ґрунту визначали за методом Грандваль-Ляжу (з дисульфохеноловою кислотою), фосфатів та калію – за Мачигінім.

Виклад основного матеріалу. Дослідження динаміки вмісту рухомих форм основних елементів живлення в шарі ґрунту 0–30 см за роками ротації культур сівозміни показали, що кожна система удобрення має свої особливості щодо формування рівня основного мінерального живлення.

Динаміка вмісту нітратів в орному шарі ґрунту. Визначення ефекту від удобрення розрахунком збільшення вмісту нітратів в шарі ґрунту 0–30 см відносно неудобреного варіанта дає змогу стверджувати, що позитивний вплив мінерального удобрення перспективними нормами ($N_{100}P_{100}K_{91}$) за оранки є суттєвішим, ніж за безполіцевого обробітку (рис. 1).

Так, збільшення вмісту нітратів в орному шарі ґрунту від застосування мінерального добрива на фоні обертання скиби коливається від 71 % у перший рік сівозміни до 10,7 % під ячменем ярим четвертого року ротації. За безполіцевого плоскорізного обробітку максимальне збільшення вмісту нітратів у ґрунті на 59 % спостерігається під пшеницею озимою шостого року сівозміни, мінімальне 7,1 % – під ячменем ярим. Суттєвіше превалювання оранки за ефектом від мінерального удобрення спостерігається під просапними культурами, а під зерновими колосовими культурами ротації сівозміни негативний вплив відмови від обертання скиби зменшується із можливим, навіть, перебільшенням рухомості азоту у ланці «пшениця озима».

Системи органічного удобрення **гноєм** (варіант «Гній») та органо-мінерального (варіант «Гній +NPK») за нітратним азотом мають позитивний ефект у перший рік сівозміни з перевищенням оранки відносно безполіцевого обробітку. Збільшення вмісту нітратів під першою культурою сівозміни на варіанті внесення гною становить 22,6 % за поліцевого обробітку проти 11,1 % за безполіцевого, на варіанті органо-мінерального удобрення Гній +NPK – 100 % проти 63,9 % відповідно. Але у подальші роки спостерігали зменшення позитивного ефекту як органічної, так і органо-мінеральної системи удобрення гноєм щодо вмісту нітратного азоту в ґрунті, на оранці – суттєвіше, за спостереження негативного впливу варіанта без мінеральних добрив на четвертій рік сівозміни під культурою суцільного посіву ячменем ярим (до -3,6 % відносно варіанта без добрив).

Як на варіанті «Гній», так і на варіанті «Гній + NPK» на третій і четвертий рік сівозміни безполіцевий обробіток має тенденцію до перевищення оранки відносно безполіцевого обробітку щодо ефекту за азотом (див. рис. 1). Повторне внесення гною на п'ятий рік сівозміни під кукурудзу на силос має менш позитивний ефект за азотом, ніж перше внесення, особливо на оранці без фону мінеральних добрив (негативний ефект – 8,3 %). Після повторного внесення гною за безполіцевого обробітку без мінеральних добрив прямий ефект зменшується до негативного тільки на другий рік (-2,6 % відносно варіанта без добрив). У подальшому позитивний ефект за оранки після повторного внесення гною без мінерального добрива проявляється на другий рік (13,6 % проти варіанта без добрив), а за безполіцевого обробітку – на третій (10,3 % проти варіанта без добрив).

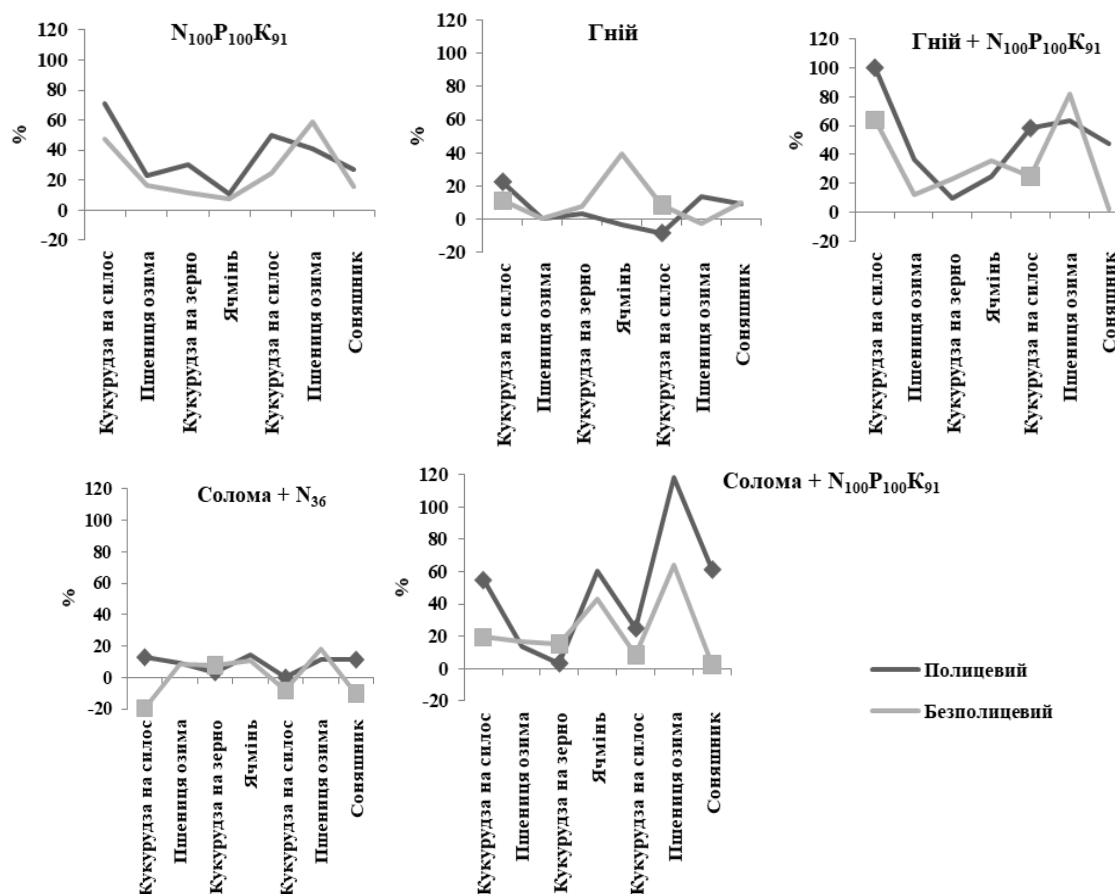


Рис. 1. Динаміка вмісту нітратного азоту в орному 0–30 см шарі ґрунту залежно від удобрення, %

Отож, із динаміки ефекту від удобрення видно, що внесення *гною без мінеральних добрив* може мати негативний ефект щодо нагромадження азоту. Тобто застосування органічного удобрення на основі гною має ризики, пов'язані зі зменшенням рухомості азоту. Заорювання або поверхневе внесення гною може різнитися за часом таких проявів. Внесення гною без заорювання зменшує ризик негативних проявів у пізніші строки ротації сівозміни, що можна пояснити гальмуванням процесів мінералізації добрива на поверхні ґрунту відносно варіанта його механічного усереднення в орному шарі за обертання скиби. Але за полицевого обробітку збільшується ризик негативного впливу органічного удобрення під культурами суцільного посіву, навіть на четвертий рік після внесення гною. Застосування *гною по фоні мінерального удобрення* усуває негативний ефект по азоту, збільшуючи позитивний вплив удобрення як за оранки, так і за безполицевого плоскорізного обробітку.

Варіант «Солома 6 т/га + N_{36} » у рік внесення соломи формує негативний ефект за азотом за безполицевого обробітку. Підвищення рівня вмісту нітратів у ґрунті спостерігали на другий рік

після внесення соломи. Коливання ефекту за оранки становить 0–12,9 %, за безполицевого плоскорізного обробітку – -19,4–17,9 %. Фон мінерального удобрення $N_{100}P_{100}K_{91}$ ліквідує негативний вплив соломи першого року застосування і суттєво збільшує ефект від системи удобрення на другий рік, особливо за оранки. Причому ефект від системи удобрення Солома + NPK під ячменем (4-й рік) і пшеницею (6-й рік) перевищує суттєво ефект варіанта мінерального удобрення, особливо за полицевого обробітку. На оранці наприкінці ротації під сояшником (7-й рік сівозміни, рік четвертого внесення соломи) за такої органо-мінеральної системи удобрення формується вищий ефект за азотом (61,4 %), ніж від відповідної мінеральної системи добрив (27,3 %) та органо-мінеральної системи удобрення на основі гною (47,7 %).

У середньому за сівозміну мінімальну ефективність за азотом спостерігали на фоні застосування соломи 6 т/га + N_{36} за безполицевого обробітку (0,9 %) (рис. 2). Середній ефект удобрення гноєм за безполицевого обробітку (10,6 %) є на рівні середнього ефекту варіанта із соломою на оранці (8,9 %). А на оранці гній дає

менший середній приріст вмісту нітратного азоту (5,2 %). Тобто заорювання гною ризикованіше щодо іммобілізації азоту, ніж безполицеве внесення, і потребує додаткового застосування мінеральних добрив. Середній ефект органо-мінеральні системи удобрення «Гній 15 т/га + N₁₀₀P₁₀₀K₉₁» та «Солома 6 т/га + N₁₀₀P₁₀₀K₉₁» на оранці дають однаковий, і максимальний у досліді, середній ефект щодо активації азоту в орному шарі ґрунту (48,1 %).

Динаміка вмісту фосфатів в орному шарі ґрунту. Ефект мінеральних добрив за вмістом

фосфатів (рис. 3) має накопичувальний характер, що краще виражено на фоні безполицевого обробітку. Окрім першого року, на варіанті NPK безполицевий обробіток за ефектом по фосфору починає переважати оранку з 5-го року сівозміни. Мінімальний ефект за оранки становить 45 % (перша культура сівозміни), максимальний – 75,7 % (п'ята культура), мінімальний ефект за безполицевого обробітку – 40,7 % (ячмінь ярий, 4-й рік сівозміни), максимальний – 91,2 % (соняшник, остання культура ротації).

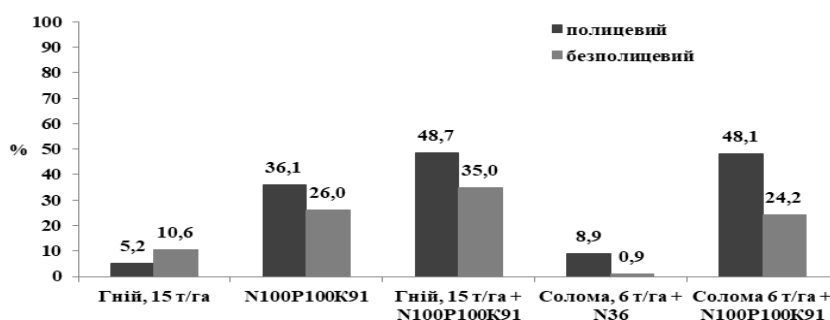


Рис. 2. Приріст вмісту нітратів в орному шарі ґрунту залежно від системи удобрення, %

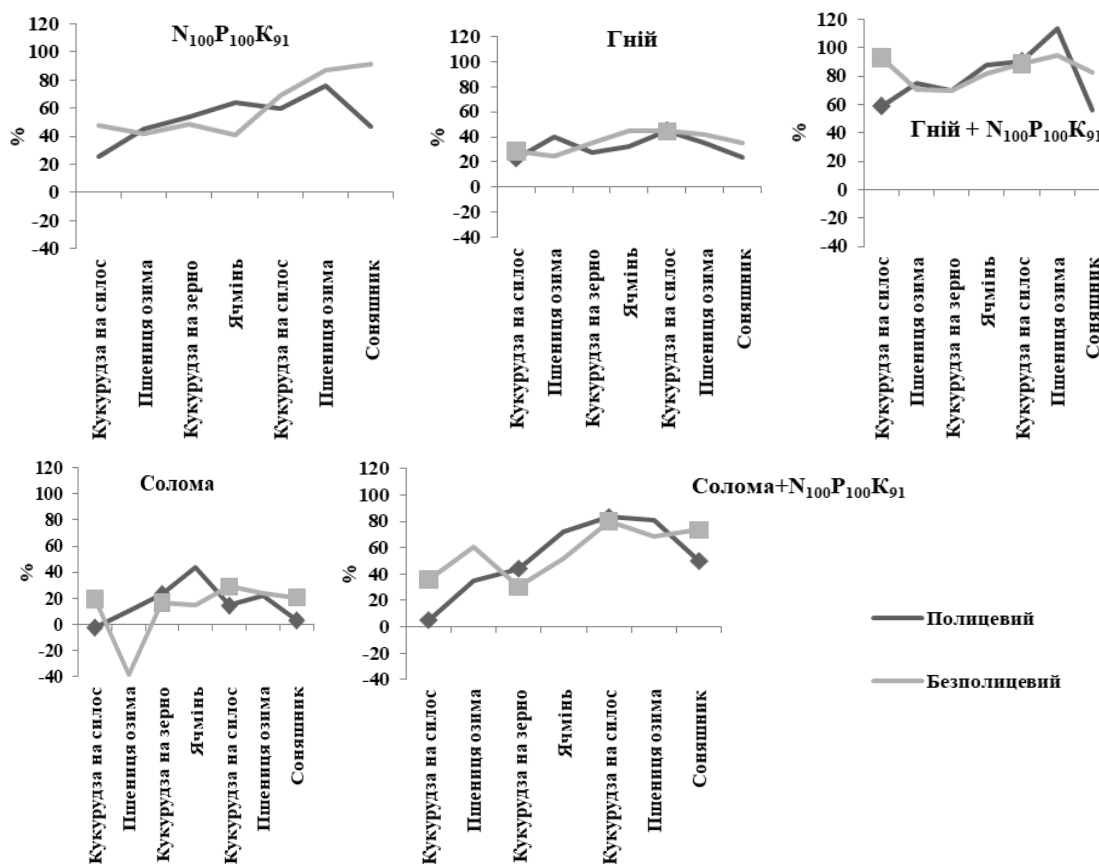


Рис. 3. Динаміка вмісту фосфатів в орному 0–30 см шарі ґрунту залежно від удобрення, %

Удобрення **гноєм** у рік першого внесення добрива за фосфором має кращий ефект на безполлицевому обробітку, ніж на оранці, особливо по фоні мінерального удобрення. У другий рік формує більший ефект оранка. На четвертий рік післядії під ячменем ярим безполлицевий обробіток також переважає над оранкою (як і за азотом), що нівелюється на фоні *мінерального* удобрення (за азотом фон мінерального удобрення залишає превалювання безполлицевого обробітку, але зменшує його).

Під останньою культурою сівозміни – соняшником – безполлицеве застосування гною формує перевагу над оранкою. Щодо фосфору також можна стверджувати, що заорювання гною і поверхнєве його внесення зсуває в часі процеси активації рухомості елемента. Але на відміну від азотної динаміки безполлицеве внесення гною швидше активує фосфор уже в рік внесення, на оранці активація фосфору відчутніша наступного року. І в середньому за сівозміну застосування гною на оранці є менш ефективним щодо рухомості фосфору як в органічній системі удобрення (52,9 % проти 60,8 % за безполлицевого обробітку), так і в органо-мінеральній (78,8 % проти 83,0 % за безполлицевого обробітку) (рис. 4).

Заорювання **соломи** у перший рік дає менший ефект за фосфором (впритул до негативного), ніж на другий. Безполлицеве внесення, навпаки, збільшує вміст фосфатів на перший рік застосування за можливого зменшення ефекту на наступний рік (впритул до негативного). Тому на перший рік застосування соломи безполлицевий обробіток переважає за фосфором, на другий рік переважає оранка. *Фон мінерального удобрення* зменшує негативні прояви застосування соломи за обох типів обробітку. Тенденції превалювання

безполлицевого обробітку у перший рік внесення соломи, а оранки на другий залишаються, хоча є не такими чіткими.

У середньому за сівозміну максимальний приріст фосфатів забезпечує органо-мінеральна система удобрення на основі гною за безполлицевого обробітку (83 %), мінімальний – варіант удобрення солома 6 т/га + N₃₆ (16,2 % за оранки, 12,0 % – за безполлицевого плоскорізного обробітку). Солома 6 т/га + N₁₀₀P₁₀₀K₉₁ забезпечує ефект на рівні системи мінерального удобрення N₁₀₀P₁₀₀K₉₁ із деяким превалюванням безполлицевого обробітку (приріст вмісту фосфатів в орному шарі ґрунту на 4,3 % та 7,9 % відповідно). Максимально ефективною за рухомістю фосфору є система органо-мінерального удобрення на основі гною із перевищенням по фоні безполлицевого обробітку оранки на 4,2 %.

Динаміка вмісту обмінного калію в орному шарі ґрунту. Дослідження динаміки вмісту обмінного калію в шарі ґрунту 0–30 см за ротацію сівозміни показують, що в системі **мінерального удобрення** (варіант NPK) позитивний ефект від добрива за поллицевого обробітку спостерігається тільки на третій і п'ятий роки застосування, а за безполлицевого обробітку – у всі роки, окрім четвертого (рис. 5).

Тобто безполлицевий плоскорізний обробіток частіше ефективніший щодо рухомості калію за застосування мінерального удобрення, хоча в середньому за п'ять років спостереження збільшення вмісту калію в ґрунті на фоні безполлицевого обробітку склало 3,7 %, за оранки – 5,0 % через суттєвіший приріст під кукурудзою на зерно (19,18 % за оранку, 2,6 % – за безполлицевого обробітку) (рис. 6).

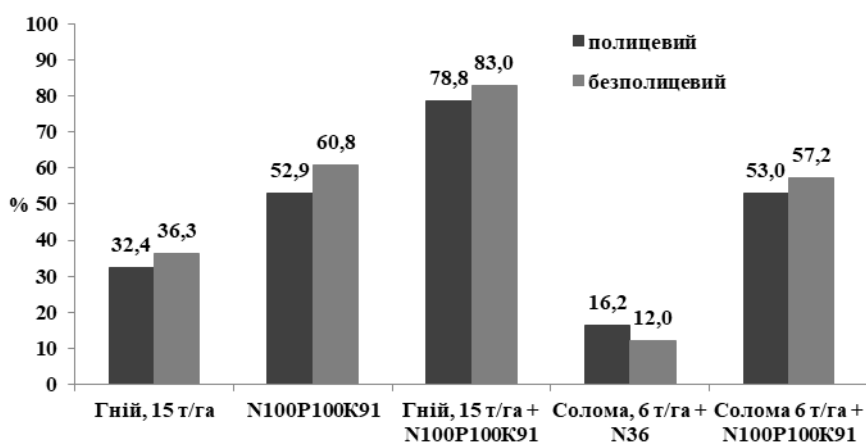


Рис. 4. Приріст вмісту фосфатів в орному шарі ґрунту залежно від системи удобрення, %

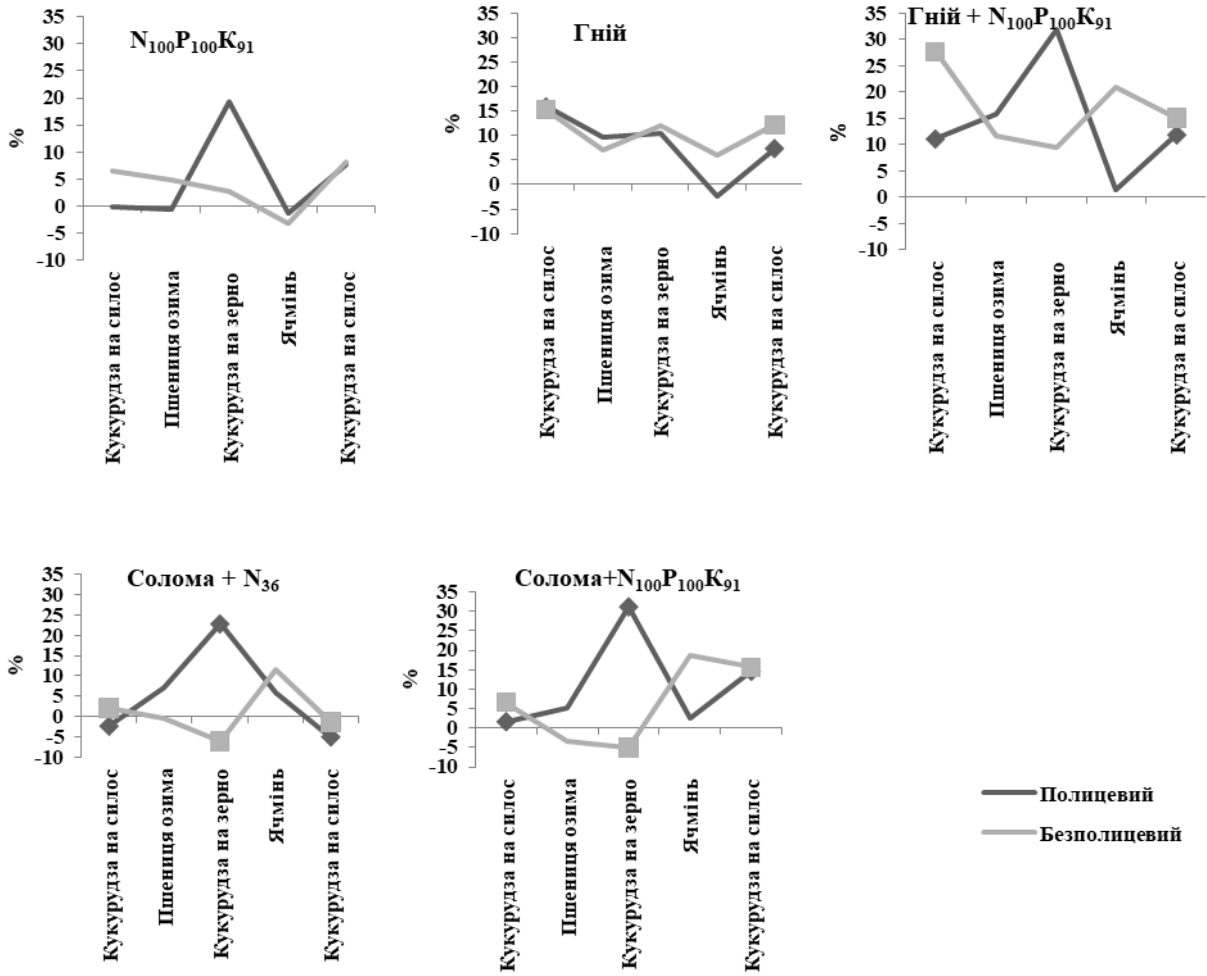


Рис. 5. Динаміка вмісту обмінного калію в орному 0–30 см шарі ґрунту залежно від удобрення, %

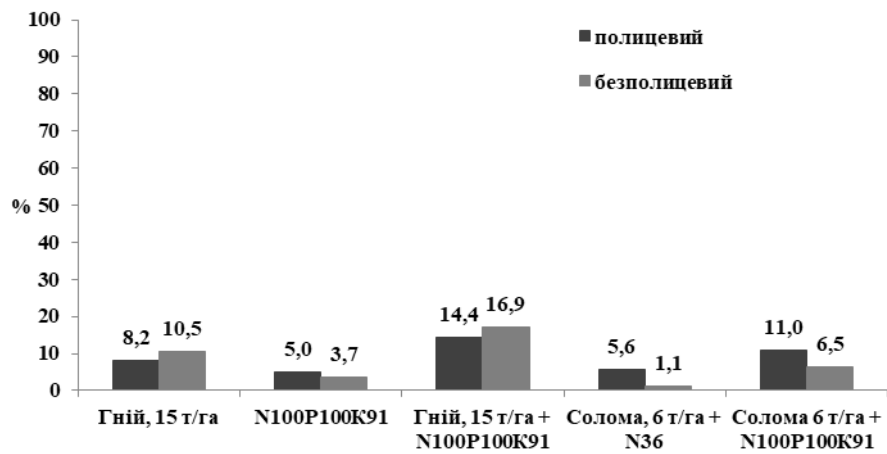


Рис. 6. Приріст вмісту обмінного калію в орному шарі ґрунту залежно від системи удобрення, %

В органічних та органо-мінеральних системах удобрення, як із застосуванням гною, так і з внесенням соломи, у перший рік ведення системи безполицевий обробіток частіше превалює над оранкою щодо формування рухомості калію.

Ефективність застосування гною (без мінеральних добрив) після першого внесення зменшується. Причому різкіше зменшення спостерігали за оранки, де і під четвертою культурою сівозміни (ячмінь ярий) маємо від'ємний ефект. У рік повторного внесення добрива рухомість калію знову збільшується. Окрім того, в динаміці ефекту добрива щодо вмісту калію можна відмітити його вищий рівень під просапними культурами і менший – під зерновими колосовими, що свідчить про інтенсивнішу іммобілізацію елемента в умовах суцільного посіву.

У системах застосування азотного мінерального добрива (в органо-мінеральних системах удобрення, мінеральній і на варіанті Солома + N₃₆, на відміну від удобрення тільки гноєм) вираженою є тенденція до збільшення рухомості калію на оранці перші три роки сівозміни із максимумом під третьою культурою – кукурудзою на зерно. Тобто спостерігали мобілізацію калію добрива. Для фону безполицевого обробітку, навпаки, в цей період маємо поступове зменшення ефекту через іммобілізацію елемента з досягненням під кукурудзою на зерно мінімуму.

Поясненням може бути суттєвий вплив на формування рухомості калію азотних добрив та зміщення рівноваги процесів нітрифікації і амоніфікації за відмови від обертання скиби.

Середнє зменшення ефекту від добрива щодо вмісту нітратів у ґрунті за перший рік сівозміни для оранки становить 36 %, для безполицевого плоскорізного обробітку – більш ніж удвічі менше – 14 %. Але ефект добрива щодо вмісту обмінного калію на оранці зростає (на варіантах із застосуванням азотного добрива у середньому на 4,3 %), а за безполицевого обробітку падає (-7,3 %). Суттєве зниження на оранці вмісту нітратів у ґрунті супроводжується, зокрема, амоніфікацією азоту та зростанням інтенсивності процесів фіксації глинистими мінералами катіонів амонію із відповідним підвищенням рухомості його конкурента – калію. Виходячи з планомірного зменшення ефекту щодо рухомості калію за безполицевого обробітку у перші три роки,

процеси нітрифікації в цей період за відмови від обертання скиби є інтенсивнішими, ніж на оранці, що й призводить до зниження вмісту іона амонію в ґрунті, а отже, його конкурентної спроможності та відповідно до підвищення необхідної фіксації калію і зменшення ефекту від удобрення, впритул до негативного на варіантах із соломою. До речі, за даними мікробіологічного аналізу ґрунту, саме на варіантах застосування соломи за безполицевого обробітку максимально знижується його протеолітична активність, яка, за великим рахунком, і визначає інтенсивність процесів амоніфікації.

Мінеральні добрива у системі з удобренням гноєм загалом на оранці і за безполицевого обробітку підвищують позитивний ефект від удобрення і зменшують ризики падіння його до негативного. Але застосування варіанта солома 6 т/га + N₁₀₀P₁₀₀K₉₁ у системі поверхневого внесення (безполицевий обробіток) на другий і третій роки після введення поглиблює негативний ефект від соломи, що може бути пов'язано зі ситуативним формуванням відповідного повітряно-зволожувального режиму та інших умов, сприятливих для процесів амоніфікації та необхідної фіксації калію в ґрунті. У подальшому мінеральні добрива, як на оранці, так і за безполицевого обробітку, підвищують позитивний ефект удобрення соломою.

Загалом за п'ять років сівозміни максимальний середній ефект щодо вмісту рухомого калію в ґрунті дає органо-мінеральна система удобрення гній, 15 т/га + N₁₀₀P₁₀₀K₉₁ за безполицевого плоскорізного обробітку (16,9 %, рис. 6) за рахунок відсутності суттєвих знижень, трохи менший – за оранки (14,4 %), за рахунок високого приросту під кукурудзою на зерно (див. рис. 5). Мінімальний середній ефект – у системі солома 6 т/га + N₃₆ на фоні безполицевого плоскорізного обробітку (1,1 %), де часто спостерігали негативний вплив удобрення. Цікавим є те, що на оранці система мінерального удобрення N₁₀₀P₁₀₀K₉₁ дає середній ефект щодо вмісту калію – 5,0 %, що нижче, ніж на варіанті заорювання соломи 6 т/га + N₃₆ (5,6 %). Окрім того, можна сказати, що гній, як у самостійному використанні, так і в системі органо-мінерального удобрення, на оранці дає менший ефект щодо активації калію, ніж за безполицевого плоскорізного обробітку. А солону краще заорювати (див. рис. 6).

Висновки

1. Мінеральна система удобрення культур семипільної зерно-просапної сівозміни на чорноземі звичайному в умовах Північно-Східного Степу сприяє збільшенню вмісту нітратів у ґрунті за оранки в середньому за ротацію на 36 %, а за безполицевого плоскорізного обробітку – на 26 %. Уміст рухомого фосфору в ґрунті за цей час збільшився на 53 % за безполицевого плоскорізного обробітку та на 61 % – за оранки. Мінеральна система удобрення слабо впливає на вміст у ґрунті рухомого калію (на 5,5 % та 3,7 % за оранки та безполицевого обробітку відповідно).

2. Удобрення гноєм забезпечує меншу, ніж мінеральна система удобрення, ефективність щодо вмісту нітратів та рухомого фосфору в ґрунті, але вищу ефективність щодо рухомості калію. Застосування гною у системі органо-мінерального удобрення забезпечує найвищу ефективність у формуванні рівня основного мінерального живлення, збільшуючи вміст нітратів на 49 % та 35 %, вміст рухомого фосфору – на 79 % та 83 %, рухомого калію – на 14 % та 17 % за оранки та безполицевого обробітку відповідно.

3. Для досягнення найвищої ефективності солону для удобрення доцільно застосовувати тільки на фоні традиційної оранки за повного мінерального добрива, що в середньому за ротацію забезпечує збільшення в ґрунті вмісту нітратного азоту на 48 %, рухомого фосфору – на 53 % та рухомого калію – на 11 %.

Подяка. Автор висловлює свою вдячність д. б. н. М. М. Мірошниченку за консультації та поради щодо узагальнення даних.

Бібліографічний список

1. Бомба М. Я. Зміна родючості темно-сірого лісового ґрунту і продуктивність культур сівозміни під дією обробітку, удобрення і гербіцидів. *Вісник аграрної науки*. 1996. № 7. С. 11–14.
2. Влияние органических удобрений и органических остатков на микрофлору почвы. Зооинженерный факультет МСХА. URL: <http://www.activestudy.info/vliyanie-organicheskix-udobrenij-i-organicheskix-ostatkov-na-mikrofloru-pochvy/> (дата обращения: 17.04.2019).
3. Войнова-Райкова Ж., Ранков В., Ампова Г. Микроорганизмы и плодородие. Москва: Агропромиздат, 1986. 120 с.
4. Вплив різних систем обробітку ґрунту на продуктивність сівозміни і врожайність культур

Південного Степу України / Сніговий В. С. та ін. *Агрехімія і ґрунтознавство*. 1998. № 59. С. 160–168.

5. Емцев В. Т. Микробы – мастера плодородия. Москва, 1963. 32 с.

6. Кравченко Р. В., Тронева О. В. Влияние минеральных удобрений и минимальной основной обработки почвы на урожайность гибридов кукурузы в условиях неустойчивого увлажнения в Центральном Предкавказье. *Агрехімія*. 2012. № 7. С. 28–31.

7. Лазарев Н. М., Перцева А. Н. Условия корневого питания растений, создающиеся на стадии переработки растительных остатков. *Использование микроорганизмов для повышения урожая с.-х. культур*. Ленинград: Колос, 1966. С. 23–27.

8. Минеев В. Г. Агрехімія. 2-е изд., перераб. и доп. Москва, 2004. 720 с.

9. Мишустин Е. Н., Ерофеев Н. С. Природа токсических соединений разлагающейся в почве соломы. *Микробиология*. 1966. Вып. 1. С. 150–154.

10. Моніторинг агрохімічних властивостей чорноземів Дніпропетровської області за інтенсивного їх використання / С. І. Жученко та ін. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2008. № 2. С. 21–24.

11. Муратов М. Р. Влияние длительного применения удобрений и химических мелиорантов на агрохимическое состояние почв и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях Предкамья республики Татарстан: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Казань, 2015. 20 с.

12. Носко Б. С. Эффективное использования місцевих сировинних ресурсів – запорука підвищення родючості ґрунтів за сучасних умов. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 11. С. 5–10.

13. Примак І. Д., Панченко О. Б. Вплив механічного обробітку ґрунту та удобрення у спеціалізованій зернопросапній сівозміні Центрального Лісостепу України на агрофізичні властивості чорнозему типового. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 6. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_6_11 (дата звернення: 17.04.2019).

14. Роль добрив у підвищенні ефективності землеробства в посушливих умовах / Носко Б. С. та ін. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 5. С. 11–15.

15. Сидорова В. В. Влияние соломы на микрофлору почвы. *Микробиология земледелия*. Ленинград, 1970. 176 с.

16. Талызин В. В. Влияние средств химизации на урожайность и качество зерна овса в условиях техногенного загрязнения. *Агроекологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы VII Междунар. науч. конф.* Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2010. С. 309–313.

17. Тулин А. С., Соломатенко В. С. Удобрения соломой и урожай озимой пшеницы в предгорном Крыму. *Агрохимия*. 1974. № 4. С. 41–44.
18. Фурманець М. Г., Фурманець Ю. С. Вплив способів обробітку ґрунту за використання соломи на урожайність ячменю ярого. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур сільськогосподарських культур: тези доповідей VI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, 29 березня 2018 р., м. Київ. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2018. С. 45–46.*
19. Царенко О. М. Еколого-економічне обґрунтування інтенсифікації землеробства. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 6. С. 11–17.
20. Черников В. А. Агроэкология. Москва: Колос, 2000. 536 с.
21. Шикун Н. К., Назаренко Г. В. Минимальная обработка чернозёмов и воспроизводство их плодородия. Москва: Агропромиздат, 1990. 320 с.
22. Keeney D. R. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. *Nitrogen in agricultural soils. Agron. Mongr.* 1982. 22. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. P. 605–649.
23. Kleinman P. J. A., Sharpley A. N., Moyer B. G. and Elwinger G. F. Effect of mineral and manure phosphorus sources on runoff phosphorus. *J. Environ. Qual.* 2002. № 31. P. 2026–2033.
24. Maguire R. O., Kleinman P. J., Dell C. J., Beegle D. B., Brandt R. C., McGrath J. M., Ketterings Q. M. Manure application technology in reduced tillage and forage systems: a review. *J. Environ Qual.* 2011. Mar-Apr; 40(2). P. 292–301.
25. Sharpley, A. N. 2003. Soil mixing to decrease surface stratification of phosphorus in manured soils. *J. Environ. Qual.* 2003. № 32. P. 1375–1384.

Стаття надійшла 13.05.2019.