

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ЕКОЛОГІЯ.  
РОСЛИННИЦТВО. ЗЕМЛЕРОБСТВО. СЕЛЕКЦІЯ

УДК 631.4/18:631.48:631.18  
© 2014

**С.М. КРАМАРЬОВ,**  
доктор сільськогосподарських наук

**О.С. КРАМАРЬОВ,**  
магістр

**С.Ф. АРТЕМЕНКО,  
С.І. ЖУЧЕНКО,  
А.О. ХРИСТЕНКО,**  
кандидати сільськогосподарських наук

**В.А. СИРОВАТКО,**  
кандидат біологічних наук

**К.В. СИРОВАТКО,**  
інженер

ДУ "Інститут сільського господарства степової зони НААНУ"  
– ННЦ "Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О.Н. Соколовського НААНУ" – Дніпропетровська філія ДУ "Інститут охорони ґрунтів", Україна  
E-mail: kramaryov@uandex.ua

*Доведено, що реальна природна забезпеченість фосфором орного шару чорноземів звичайних відповідає межі низької і середньої забезпеченості цим елементом живлення рослин, що підтверджується відомими емпіричними даними про високу ефективність фосфорних добрив на цих ґрунтах. Підвищенням або високим рівнем забезпеченості фосфором характеризуються лише орний шар ґрунтів, що містить залишкові фосфати добрив, а також верхній гумусовий горизонт цілинних ґрунтів.*

**Ключові слова:** ґрунт, добрива, забезпеченість рухомим фосфором, методи визначення, ґрунтовий розчин, урожайність.

Поряд з азотом другим за важливістю елементом мінерального живлення, який здебільшого лімітує подальше зростання врожайності зерна всіх без винятку сільськогосподарських культур, є фосфор [1, 2]. Це пов'язано з тим, що майже всі ґрунти світу гірше забезпечені фосфором, ніж азотом і калієм. Парадокс проблеми фосфорного живлення рослин полягає в тому, що валові запаси фосфору в більшості ґрунтів в основному значні, однак на 40 % площ орних земель світу продуктивність зернових культур лімітується нестачею рухомих форм фосфору (Гуляев, 2004; Никитишен, 2002; Ма, 2000; Rengel, 2005). Це пояснюється тим, що у скла-

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА  
ВМІСТУ РУХОМОГО ФОСФОРУ  
В РІЗНИХ ГЕНЕТИЧНИХ  
ГОРИЗОНТАХ  
ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО  
НА РІЛЛІ ВІДНОСНО  
ЦІЛИНИ В УМОВАХ  
ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ді валових запасів фосфору в метровому шарі ґрунтів домінуюче положення займають слабо-розчинні форми, а вміст рухомих форм, навпаки, незначний і не завжди відповідає потребам рослин [4]. Це пов'язано також з енергійним їх поглинанням мінеральними сполуками ґрунту і слабкою розчинністю ґрунтових фосфатів [3, 4]. Тому ефективна родючість більшості ґрунтів обмежується недостатньою забезпеченістю їх рухомими формами фосфору [6].

Крім того, на відміну від інших елементів органічної речовини ґрунту (С, Н, О, N), які надходять у ґрунт переважно з атмосфери, основним первинним джерелом фосфору є

грунтотвірна материнська порода (Маккелви, 1977), яка не завжди в змозі забезпечити в достатній кількості ґрунтовий розчин рухомими формами фосфору [5]. Це пов'язано, ще й з тим, що фосфор за своїми хімічними властивостями має складну природу взаємодії з компонентами ґрунту. Така обставина значною мірою ускладнює отримання об'єктивної оцінки забезпеченості ґрунту цим елементом мінерального живлення рослин. Тому для уникнення дефіциту фосфору надзвичайно важливим є своєчасне отримання інформації про вміст його у ґрунті, щоб внесенням фосфоровмісних добрив забезпечити в разі потреби оптимальний рівень рухомих доступних для рослин рухомих форм фосфору впродовж усього онтогенезу.

За даними агрохімічного обстеження ґрунтів, вміст фосфору в них у 1966–1970 рр. у середньому в Україні становив 7,1 мг/100 г ґрунту [2]. До 1990 року обсяги застосування фосфорних добрив постійно зростали. Середньозважений вміст рухомого фосфору в Степу підвищився з 6,7 до 9,3 мг/100 г ґрунту [5]. За наступні сім років рівень внесення фосфорних добрив різко знизився удвічі. Дефіцит мінерального фосфору дорівнював 15–20 кг/га, що зумовлювало щорічне зниження вмісту його рухомих форм у ґрунті на 0,4–0,5 мг/100 г ґрунту. Найнижчу кількість фосфорних добрив було внесено в 2000 р. – 2 кг/га  $P_2O_5$ .

Згідно з розробленим прогнозом, за повного припинення застосування фосфорних добрив, вміст рухомого фосфору в ґрунтах знизиться на 3,0–3,2 мг/100 г ґрунту, а за таких умов господарювання ґрунти повністю втратять ту кількість фосфору, яка ними була накопичена в роки інтенсивної хімізації [5].

Поступове нарощування кількості внесених фосфорних добрив розпочалося з 2004 р. – 4 кг/га, у 2007 р. – 10 кг/га, у 2011–2013 рр. – 10–12 кг/га  $P_2O_5$  [4].

Тривале внесення невеликих обсягів фосфорних добрив викликало поступове погіршення фосфатного режиму цих ґрунтів.

Зазначимо, що в економічно розвинених країнах фосфорні добрива вносять у ґрунт у великих обсягах, які постійно зростають [5]. У Німеччині нині навіть виникає протилежна проблема – зафосфачування ґрунтів. Тому, на

думку деяких авторів, у разі збереження цієї тенденції й надалі, запаси фосфору на Земній кулі можуть бути вичерпані вже через 60–80 років (Hammond et al., 2003). У більшості країн світу, і в Україні в тому числі, дози внесення цих добрив невисокі й винесення фосфору з ґрунту переважно його надходження з туками. Щоб простежити за змінами, які відбуваються з рухомими формами фосфору та порівняти ступінь їх рухомості в чорноземах звичайних на ріллі відносно до цілини й стало **метою наших досліджень**.

**Методика досліджень.** Роботи проводили на Ерастівській дослідній станції ДУ “Інститут сільськогосподарства степової зони НААН України”, де ґрунти – чорноземи звичайні малогумусні важкосуглинкові на лесі. В орному шарі ґрунту гумусу міститься 3,8–4,1 % (метод Тюрина), валового азоту 0,22–0,23, фосфору 0,12–0,13, калію 2,0–2,1 %. Рівень нітратного азоту після 7-денного компостування змінювався від 31 до 52 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору за Чириковим 110–112 мг/кг, рухомого калію 105–130 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину нейтральна ( $pH_{\text{водн}} = 7,0$ ).

Було зроблено два ґрунтових розрізи глибиною 2, шириною 3 і довжиною 6 м

### **1. Оцінка вмісту загального фосфору в сухій речовині продукції сільськогосподарських культур**

Культура	Середній вміст фосфору, %	
	зерно	листочеклова маса
Пшениця озима	0,85	0,20
Жито озиме	0,86	0,25
Кукурудза	0,57	0,30
Ячмінь ярий	0,85	0,20
Овес	0,85	0,35
Просо	0,65	0,18
Сорго	0,67	0,35
Горox	1,0	0,35
Соя	1,04	0,31
Соняшник	1,39	0,65
Ріпак	1,8	0,25

кожний: перший – на цілиній ділянці поблизу села Байківка П'ятихатського району Дніпропетровської області, другий – на ріллі на відстані 300 м від першого. Розпочинаючи з верхньої частини розрізів, через кожні 5 см по глибині відбирали зразки ґрунту. Вміст рухомих форм фосфору визначали за кислотним методом Чирикова (ДСТУ 4115-2002) і сольовим методом Карпінського-Зам'ятиної (ДСТУ 4727:2007), оптичну густину розчинів – на фотоелектроколориметрі КФК-2. Аналізи виконували в трикратному аналітичному повторенні.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Рілля, яка становить 53,8 % території України, належить до найбільш нестійких ландшафтів, а недотримання чергування сільськогосподарських культур при їх вирощуванні, порушення сівозмін, засилля монокультури та різке зменшення обсягів внесення мінеральних і органічних добрив посилюють агрохімічну нестабільність агроландшафтів. Недотримання науково обґрунтованих зональних систем землеробства, порушення екологічно допустимого співвідношення посівів сільськогосподарських культур призводять до дефіциту в ґрунті рухомих форм поживних речовин, збільшують площі деградованих земель і породжують екологічні проблеми.

У процесі роздержавлення та перерозподілу земель порушилися сівозміни. Згідно з показниками Держкомстату України посівні площі основних сільськогосподарських культур в Україні за 1990–2010 рр. зменшилися на 7,1 млн га і становлять 24,6 млн га. При цьому посіви зернових і зернобобових культур залишаються на рівні 15 млн га (61 %), проте посіви соняшнику невпинно розширюються і становлять нині 4,57 млн га, ріпаку сягають – 1,2–1,7 млн га. Посіви кормових культур зменшилися на 9,4 млн га, і на їхню частку припадає лише 10,5 %. Усе це негативно вплинуло на фосфатний режим ґрунтів. Дані переконують у небезпечному порушенні нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах, термінів повернення окремих культур у сівозміні. Тільки у степових регіонах насичення соняшнику в сівозміні допускається 10–15 %, а ріпаку 5–12 %. Зіставлення фактичних і нормативних показників співвід-

ношення культур свідчить про масове недотримання сільськогосподарськими підприємствами науково обґрунтованих сівозмін або навіть їх відсутність. Площі кон'юнктурних культур щороку збільшуються і натеper налічують понад 5,7 млн га, тобто це шлях виснаження ґрунтів, утворення малопродуктивних земель, їх деградація.

Джерелом надходження фосфору на цілині є відмерлі частини рослин, а на ріллі – добрива та поживно-кореневі рештки [2]. Проблема загострюється ще й безповоротністю втрат фосфору, зумовленою виносом цього елемента з ґрунту рослинами, оскільки накопичення його переважає в зерні, а не у вегетативній масі, яка після збирання врожаю в процесі мікробіологічного розкладу поповнює запаси недоступних для рослин елементів (табл. 1). На ріллі основна маса фосфору вилучається з ґрунту разом із зерном, яке щорічно вивозиться з полів. У зерні зосереджена основна кількість фосфору (0,65–0,85 %), яка майже в три–чотири рази перевищує його вміст у листостебловій масі (табл. 1). Тому залишена на полі навіть вся листостеблова маса не в змозі повною мірою компенсувати винесеного з врожаєм зерна фосфору. Задля уникнення від'ємного балансу фосфору в ґрунті, потрібно повертати цей важливий елемент мінерального живлення разом з фосфоромісними добривами.

Україна має значну кількість родовищ фосфоритів (Волинська, Ізюмсько-Донецька групи родовищ та ін.), поклади яких приурочені до відкладів нижнього кембрію, верхньої крейди та палеогену [3, 6]. Але через невисоку концентрацію  $P_2O_5$  ці фосфорити не переробляються на суперфосфат та інші водорозчинні фосфорні добрива, і тому для виробництва фосфорних добрив в основному використовується імпортна сировина.

Здебільшого українські фосфорити містять у своєму складі до 5 %  $P_2O_5$  або 12–15 % фосфоритно-кальцієвих мінералів та фосфатизованих їх порід, а отже, потребують проведення додаткового збагачення, після чого суттєво зростає вартість фосфорних добрив [3]. Вітчизняні фосфорити використовують лише на кислих ґрунтах Полісся, Карпат і на слабокислих ґрунтах лісостепової зони

**2. Вміст рухомого фосфору в різних ценозах чорнозему звичайного за даними кислотного та сольового методів**

Шар ґрунту, см	Вміст рухомого фосфору за Чириковим, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /кг ґрунту Карпінським-Зам'ятиною, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /л	
	рілля	цілина
0–5	167 / 0,19	163 / 0,14
6–10	167 / 0,18	112 / 0,13
11–15	169 / 0,18	92 / 0,10
16–20	168 / 0,17	96 / 0,09
21–25	172 / 0,14	88 / 0,09
26–30	164 / 0,19	83 / 0,08
31–35	137 / 0,15	80 / 0,04
36–40	112 / 0,11	78 / 0,04
41–45	92 / 0,11	77 / 0,09
46–50	94 / 0,11	75 / 0,09
51–55	107 / 0,10	64 / 0,06
56–60	54 / 0,10	79 / 0,12
61–65	53 / 0,08	88 / 0,10
66–70	59 / 0,07	53 / 0,09
71–75	53 / 0,11	58 / 0,07
76–80	62 / 0,10	39 / 0,07
81–85	56 / 0,10	41 / 0,11
86–90	54 / 0,10	36 / 0,10
91–95	50 / 0,12	35 / 0,08
96–100	51 / 0,12	34 / 0,07
101–105	50 / 0,11	34 / 0,11
106–110	50 / 0,10	35 / 0,11
111–115	50 / 0,13	38 / 0,11
116–120	48 / 0,12	38 / 0,12
121–125	48 / 0,12	39 / 0,12
126–130	48 / 0,11	39 / 0,11
131–135	49 / 0,11	39 / 0,10
136–140	51 / 0,12	40 / 0,10
141–145	52 / 0,12	40 / 0,11
146–150	49 / 0,13	41 / 0,10
151–155	50 / 0,12	40 / 0,10
156–160	53 / 0,12	40 / 0,10

**Закінчення табл. 2**

161–165	57 / 0,11	40 / 0,08
166–170	62 / 0,13	42 / 0,08
171–175	73 / 0,13	42 / 0,07
176–180	77 / 0,12	44 / 0,06
181–185	69 / 0,12	45 / 0,06
186–190	73 / 0,13	48 / 0,10
191–195	74 / 0,13	52 / 0,10
196–200	78 / 0,13	55 / 0,09

(у кислому середовищі слаботорозчинні фосфати легко розчиняються) [1, 5].

Результати порівняльного аналізу вмісту рухомого фосфору в ґрунтових профілях чорноземів звичайних на цілині та ріллі переконливо підтвердили його накопичення у верхніх шарах ґрунту. Такий факт передусім пов'язаний з біологічною акумуляцією фосфору корневими системами рослин. За рахунок своїх ексудатів корені рослин розчиняють фосфати кальцію і магнію, переводячи їх в гідро- та дигідрофосфати, і нагромаджують цей елемент мінерального живлення в поверхневих горизонтах ґрунту.

Аніон PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> у ґрунті міститься в органічних комплексах (нуклеопротеїди, фосфатиди) і в різних співвідношеннях з катіонами Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>. Ці фосфати в різній мірі доступні кореням рослин. Зміни вмісту загального фосфору в ґрунті на цілинних та орних ділянках притаманні лише верхньому (0–10 см) шару – відповідно 0,16 і 0,15 %. Із шару ґрунту 10–20 см і глибше по профілю його запаси знаходилися на одному рівні. Ось чому в дослідженнях основна увага була зосереджена на рухомих формах фосфору, що здебільшого є лімітувальним фактором для росту, розвитку рослин та формування врожайності сільськогосподарських культур (табл. 2).

Завдяки комплексу біохімічних, хімічних, фізико-хімічних та інших процесів, характерних для верхнього гумусового горизонту цілинних і перелогових ґрунтів, їх фосфатні системи характеризуються підвищеною кількістю вільної енергії. Безумовно, основним джерелом цієї енергії, що компенсує виробіток ентропії в біологічних і хімічних проце-

сах, є органічна речовина. Дані сполуки нейтралізують позитивні заряди на поверхні глинистих мінералів, зв'язують активні катіони заліза, алюмінію і блокують фіксацію аніонів фосфорної кислоти. Тому цей горизонт досліджуваних біогеоценозів характеризується, як правило, високою забезпеченістю фосфором. Фосфатний стан нижніх горизонтів обох ценозів практично однаковий і відповідає рівню динамічної рівноваги. Більш високий вміст рухомого фосфору у верхніх шарах ґрунту (0,10–0,12 мг  $P_2O_5$ /л) створюється за рахунок зменшення в них кількості карбонатів кальцію. Унаслідок появи цих сполук нейтральне значення сольової витяжки (рН 5,8) зсувається в лужну сторону, що підвищує її екстрагувальну здатність (табл. 2).

Відомо, що застосування методу Чирікова (ДСТУ 4115-2002) на ґрунтах степової зони призводить до великих помилок (50–200 %). Це пов'язано з тим, що ґрунти на лесових породах важкого гранулометрич-

ного складу містять підвищену кількість апатитоподібних сполук. Такі сполуки безпосередньо недоступні рослинам, але добре розчинні в сильних кислотах, зокрема в 0,5 н розчину оцтової кислоти (метод Чирікова).

Більш достовірну інформацію про вміст у чорноземах звичайних доступних для рослин сполук фосфору дає застосування методу Карпінського-Зам'ятині. Сольовий екстрагент, який використовується в методиці, не розчиняє високоосновних фосфатів кальцію і за своїм впливом на ґрунт є більш близьким до ексудатів коренів рослин.

Таким чином, дослідження, проведені з використанням сучасних методів ґрунтової діагностики, показали недостатню природну забезпеченість рухомими формами фосфору чорноземів звичайних Північного Степу України, що лімітує отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур. Ці ґрунти так само потребують внесення фосфорних добрив, як і інші ґрунти України.

### Висновки

1. Реальна природна забезпеченість орного шару чорноземів звичайних фосфором відповідає межі низької і середньої забезпеченості цим елементом живлення рослин, що підтверджується відомими емпіричними даними про високу ефективність фосфорних добрив на цих ґрунтах.

2. Високим рівнем забезпеченості фосфором характеризуються лише орний шар

ґрунтів, що містить залишкові фосфати добрив, та верхній гумусовий горизонт цілинистих ґрунтів. Тому для отримання високих урожаїв із високою якістю на чорноземах звичайних Північного Степу України необхідно вносити не менше фосфорних добрив, ніж на інших ґрунтах нашої країни, виходячи з даних ґрунтової діагностики.

### Бібліографія

1. Эффективность использования фосфорных удобрений в агроценозах зерновых культур / С.М. Крамарев, С.В. Красенков, Л.Н. Токмакова [и др.] // Фосфор і калій у землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації: наукові доповіді Міжнародної науково-практ. конф. – Чернігів: КП “Друкарня № 13”, 2004. – С. 56–65.

2. Медведєв В.В. Проблема фосфору в Україні та шляхи її розв'язання / В.В. Медведєв // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 7. – С. 82–84.

3. Металіди В.С. Сировинна база фосфатів України / В.С. Металіди, І.В. Шепель // Мінеральні ресурси України. – 1999. – № 2. – С. 267–269.

4. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив / Б.С. Носко. – К. : Урожай, 1990. – 153 с.

5. Післядія добрив на фосфатний режим чорноземів України / Б.С. Носко, В.І. Бабинін, Л.М. Бурлакова [та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 12. – С. 17–22.

6. Носко Б.С. Фосфорити як джерело живлення сільськогосподарських культур / Б.С. Носко, А.О. Христенко, В.І. Бабинін // Використання нетрадиційних сировинних ресурсів у сільському господарстві: зб. наукових статей і доповідей. – Луцьк: Надстир'я, 1997. – С. 18–20.

Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор **О.П. Якунін**