

Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.841.1; 631.811.7
© 2014

*М.М. Мірошніченко,
доктор біологічних наук*

Ю.О. Савченко

*ННЦ «Інститут
грунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»*

ДІАГНОСТИКА СІРКОВОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН У ЗВ'ЯЗКУ ІЗ СЕЗОННОЮ МІГРАЦІЄЮ СУЛЬФАТІВ У ҐРУНТІ

Досліджено сезонний перерозподіл рухомих сполук сірки в ґрунті за різних систем землеробства та удобрення. Установлено, що вимивання рухомої сірки з орного шару ґрунту в осінньо-зимовий період призводить до тимчасового дефіциту цього елемента. Для об'єктивнішої оцінки забезпечення рослин сіркою пропонується визначати запас її рухомих сполук, а не обмежуватися лише орним шаром.

Ключові слова: рухома сірка, міграція, живлення, рослини.

Сірка є одним із основних макроелементів, необхідність якого для живлення рослин було встановлено у II половині XIX ст. Недостатнє забезпечення рослин сіркою пригнічує багато метаболічних процесів, передусім синтез сірковмісних амінокислот (цистеїну, метіоніну) та білків, порушує формування хлоропластів. Сільськогосподарські культури містять неоднакову кількість сірки і відчують різну потребу в цьому елементі. Найчутливіші до нестачі сірки хрестоцвіті, лілейні та бобові. Відмінності в умісті та споживанні сірки зумовлені насамперед біологічними особливостями рослин, стадією їх розвитку та вмістом цього елемента в ґрунті та атмосфері.

За валовим умістом сірки в ґрунті не можна зробити висновок про забезпеченість нею рослин [8]. Тому в сірчаному фонді ґрунту виокремлюють резервну, мінеральну і рухому форми цього елемента. Валовий уміст сірки тісно пов'язаний з гранулометричним складом ґрунту і значною мірою залежить від умісту гумусу, адже до 98% сірки міститься в органічних сполуках. Це так звані потенційні запаси сірки, які лише після мікробіологічних та хімічних процесів можуть стати доступними для рослин. Попри значні запаси валової сірки вміст її мінеральних форм досить низький і становить 2–11% від загального [3]. Найчастіше валовий

уміст сірки з глибиною зменшується (зі зниженням гумусованості), а кількість її мінеральних сполук, навпаки, має протилежну закономірність, досягаючи максимальних значень у ґрунотворній породі [4, 6, 14].

Рослини засвоюють сірку у вигляді окисленої форми — аніона сірчаної кислоти (SO_4^{2-}). Отже, забезпеченість саме цією формою сірки є визначальною в оцінці ефективної родючості ґрунту. Проте засвоювана рослинами сірка — це динамічний показник, здатний змінюватися упродовж вегетаційного періоду. Таку динаміку пояснюють зміною інтенсивності мікробіологічних процесів, поглинанням сульфатів рослинами, природою колоїдів та кліматичними умовами [1, 15].

В агрохімічній практиці оцінку забезпеченості ґрунту доступними сполуками сірки здійснюють за такими градаціями: менше 6 мг/кг ґрунту — низька, 6–12 мг/кг — середня, понад 12 мг/кг — висока [2, 5]. З 2011 р. рухома сірка було внесено до переліку показників агрохімічного паспорта, що визначатимуться на землях сільськогосподарського призначення з періодичністю 1 раз на 5 років [9]. З урахуванням великого значення сірки в живленні рослин це позитивне нововведення, яке дасть змогу оцінити забезпеченість ґрунту цим елементом. Проте, якщо вміст рухомої сірки в орному шарі

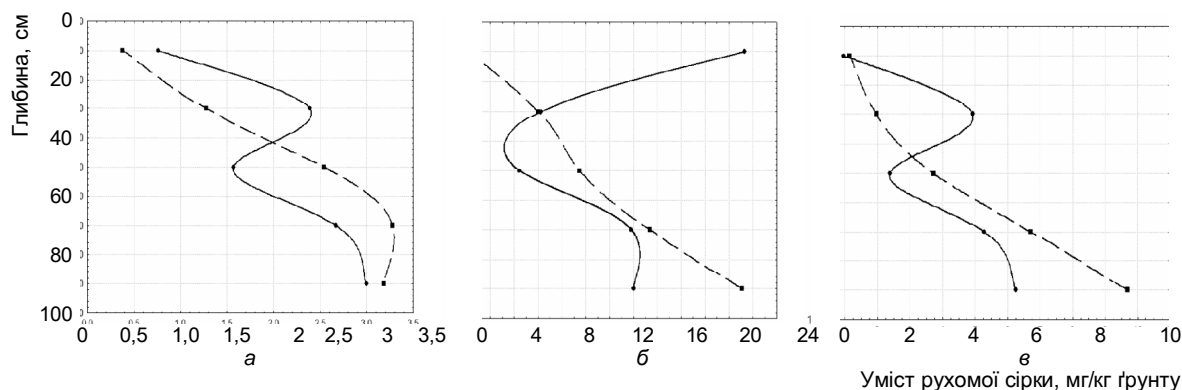


Рис. 1. Розподіл рухомих форм сірки в профілі чорнозему за різних систем удобрення: а — контроль (без добрив); б — $120\text{P}_{120}\text{K}_{120}$; в — післядія P_{1800} ; — — осінь 2012 р., - - - весна 2013 р.

ґрунту істотно змінюється впродовж вегетаційного періоду, цей показник не можна використовувати в паспортизації, адже ці роботи тривають з ранньої весни до пізньої осені.

Мета досліджень — удосконалити оцінювання забезпеченості ґрунту сіркою. Завдання досліджень — визначення величини сезонної динаміки вмісту рухомої сірки в ґрунті, виявлення закономірностей її міграції в ґрунтового профілі та пошук способу більш об'єктивної діагностики умов сіркового живлення рослин.

Методика досліджень. Дослідження здійснювали в довгострокових стаціонарних дослідках Слобожанського дослідного поля ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» на чорноземах типових і опідзолених важкосуглинкового гранулометричного складу.

У стаціонарному польовому досліді 1 з вивчення післядії фосфорних добрив (проводять з 1969 р.) досліджували такі варіанти: контроль (без унесення добрив); NPK (унесення добрив систематично під просапні культури по 180 кг/га д.р., озиму пшеницю — по 120 кг/га д.р.); P_{1800} (запасне внесення суперфосфату, післядія з 1983 р.). Із 1800 кг д.р. фосфору в складі суперфосфату до ґрунту було внесено 990 кг сірки, зі щорічною дозою вносилося по 66–99 кг сірки. Чергування культур у сівозміні: горохо-вівсяна суміш — пшениця озима — буряки цукрові — ячмінь — кукурудза (молочно-воскової стиглості) — пшениця озима.

У стаціонарному польовому досліді 2 з вивчення біологізованих систем землеробства (проводять з 1990 р.) досліджували вплив органічного та традиційного землеробства. Мінеральні добрива за традиційної системи землеробства вносили у вигляді аміачної селітри, суперфосфату простого та калімагнезії (двоє останніх добрив містять у своєму складі й сірку). Дослідження здійснювали в 2-х 6-пільних

сівозмінах з різною насиченістю просапними культурами: пар — пшениця озима — однорічні трави — жито озиме — кукурудза на силос — ячмінь; жито озиме — кукурудза на зерно — кукурудза на силос — ячмінь із підсівом люцерни — люцерна 1-го року використання; люцерна 2-го року використання. З мінеральними добривами за традиційної системи землеробства на 1 га сівозмінної площі у I сівозміні вносили $\text{N}_{35}\text{P}_{39}\text{K}_{39}$, II — $\text{N}_{16}\text{P}_{47}\text{K}_{47}$.

Проби ґрунту відбирали в квітні та листопаді на посівах пшениці озимої на зафіксованих майданчиках розміром 2 м пошарово до глибини 100 см. Уміст рухомої сірки визначали за ГОСТ 26490–85 [10].

Результати досліджень. Зазвичай агрохімічне обстеження сільськогосподарських угідь виконують лише за показниками орного шару ґрунту. Винятком є азотна діагностика, за якої внаслідок високої міграційної здатності аніона NO_3^- визначають його вміст до глибини 60 см. Ще раніше для оцінки запасів мінерального азоту в ґрунті рекомендувалося його визначення до глибини 100 см, але для практики це виявилось занадто трудомістким способом. Дослідженнями вже було встановлено високу міграційну здатність сульфатів, які на добре дренованих чорноземних ґрунтах Лісостепу мають тимчасові максимуми накопичення в різних частинах ґрунтового профілю [13]. Подальші дослідження підтверджують неоднозначну та мінливу забезпеченість ґрунтів рухомими сполуками сірки (рис. 1).

Аналогічний рівень концентрації рухомої сірки спостерігався також у чорноземах типових (2,1–3,2 мг/кг ґрунту) і вилугуваних (1,9–3,0 мг/кг ґрунту) Північного Кавказу [14] та на реперних (моніторингових) ділянках Белгородської області (1,4–3,3 мг/кг ґрунту) [7]. За такого вмісту мінеральної сірки її вимивання з орного шару

1. Оцінка запасів рухомих сполук сірки в різних шарах ґрунту в стаціонарному досліді 1

Глибина, см	Запас рухомих сполук сірки в ґрунті за варіантами дослідів, кг/га					
	контроль		N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		P ₁₈₀₀	
	осінь 2012 р.	весна 2013 р.	осінь 2012 р.	весна 2013 р.	осінь 2012 р.	весна 2013 р.
0–20	1,7	0,8	51,3	0,55	2,1	2,5
0–60	13,4	9,9	76,4	37,2	19,3	16,0
0–100	26,4	25,2	140,0	125,0	45,8	53,6

до розміщених нижче горизонтів призводить до тимчасового дефіциту цього елемента, який дійсно спостерігається в багатьох країнах за умов невеликого надходження з атмосфери та значної кількості зимових опадів [19]. Слід також зазначити, що вміст рухомої сірки в орному шарі ґрунтів має чітку тенденцію до зниження за останні 20 років, про що свідчать результати агрохімічної паспортизації [7]. Таке явище є закономірним наслідком поступової відмови від сірчаних добрив та зменшення обсягів атмосферних викидів, що спостерігається в глобальному масштабі з 70-х років минулого століття [20].

Унесення сірковмісних добрив істотно змінює забезпеченість ґрунту рухомою сіркою і її розподіл за профілем (рис. 1, б). У досліджуваному чорноземі типовому передпосівне внесення мінеральних добрив у нормі 120 кг д.р./га підвищило вміст рухомої сірки до 23 мг/кг ґрунту, проте цей максимум накопичення спостерігався восени в орному шарі, а навесні — у шарі 80–100 см. Такий перерозподіл свідчить про те, що практично всі рухомі сульфати були вимиті з шару, де розміщена основна маса коренів. Очевидно, що за проведення агрохімічного обстеження в осінній та весняний періоди ми отримуємо діаметрально протилежну інформацію щодо забезпеченості ґрунту сіркою, якщо досліджуватимемо лише орний шар ґрунту.

Отже, для об'єктивного оцінювання забезпеченості ґрунту рухомою сіркою доцільно здійснювати агрохімічне обстеження аналогічно діагностиці мінерального азоту. Оскільки так звані рухомі форми — це, насправді, переважно сульфати, то можна розрахувати запас цих сполук у верхньому шарі ґрунту 60 або 100 см (табл. 1). За наведеними даними, у варіанті з унесенням добрив різниця в запасі рухомих сполук сірки восени та навесні в шарі ґрунту 20 см сягає 2-х математичних порядків, у шарі 60 см запас рухомих сполук сірки восени та навесні відрізняється майже вдвічі, у шарі 100 см — лише на 12%. Аналогічний підхід до оцінювання забезпеченості ґрунту сіркою (а не лише його орного шару) вже застосовують окремі практи-

ки, зокрема відомий агроном Рей Вард [11], а деякі лабораторії США здійснюють тестування ґрунту лише за наявності проб ґрунтоутворювальної породи [18]. Загалом ідея визначення запасів мінеральної сірки в ґрунті не є новою, але з удосконаленням засобів інструменталь-

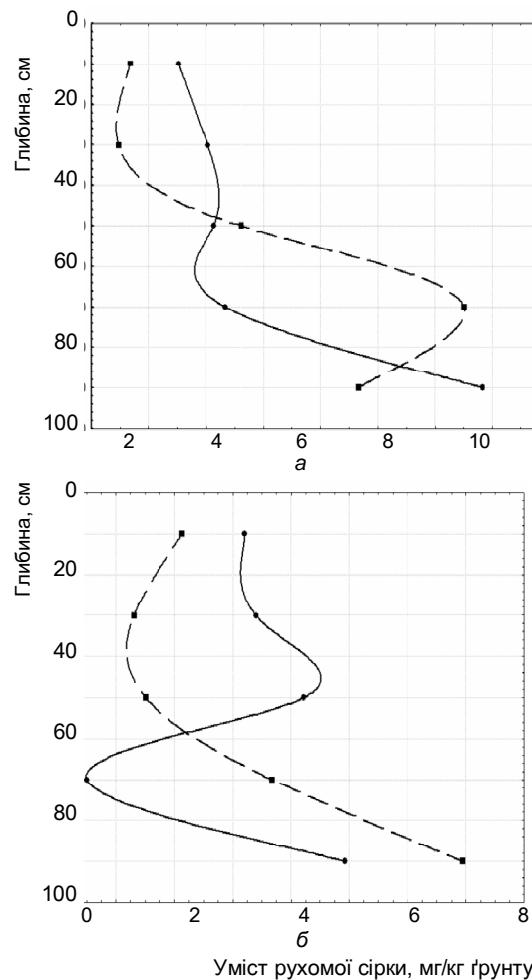


Рис. 2. Розподіл рухомих форм сірки в профілі чорнозему за різних систем удобрення в сівозміні І з чорним паром: а — за традиційного землеробства, б — за органічного землеробства; — — осінь 2012 р., - - - весна 2013 р. (для рис. 2, 3)

2. Оцінка запасів рухомих сполук сірки в різних шарах ґрунту в стаціонарному досліді 2

Глибина, см	Запас рухомих сполук сірки в ґрунті за варіантами досліді, кг/га							
	I сівозміна (з чорним паром)				II сівозміна (з багаторічними травами)			
	традиційна		органічна		традиційна		органічна	
	осінь 2012 р.	весна 2013 р.	осінь 2012 р.	весна 2013 р.	осінь 2012 р.	весна 2013 р.	осінь 2012 р.	весна 2013 р.
0–20	8,1	3,3	2,9	2,4	11,1	7,4	7,0	4,7
0–60	32,4	28,2	18,5	13,9	40,2	31,6	25,1	11,3
0–100	74,2	72,1	42,0	40,7	91,3	92,2	37,4	35,7

ного контролю вона набула нового значення і її вже використовують у нових тестах сіркового живлення [17].

Унесення сірковмісних мінеральних добрив не тільки поліпшує сіркове живлення в рік унесення, а й має тривалу післядію. У варіанті з унесенням суперфосфату в запас навіть після 30-річного проміжку часу спостерігається вищий уміст рухомої сірки в шарах ґрунту 50–100 см, який ще підвищується навесні завдяки вимиванню сульфатів з верхньої частини профілю (рис. 1, в). Унаслідок відсутності свіжовнесених сульфатів запас рухомих сполук сірки в різних шарах ґрунту восени та навесні відрізняється неістотно (табл. 1). Тому слід зазначити, що в умовах спорадично промивного водного режиму ґрунтів унесення сірковмісних добрив може поліпшити умови сіркового живлення рослин на досить значний термін, тривалість якого, очевидно, залежатиме від кількості зимових опадів та структури сівозміни.

Відмова від мінеральних добрив штучного походження значно погіршує баланс сірки [12]. Це позначається й на сірковому живленні рослин. Однак обґрунтувати зміни рівня забезпечення ґрунту рухомими формами сірки, спираючись лише на результати вимірювань в орному шарі, проблематично. Дані досліді 2 свідчать про те, що у весняний період унаслідок вимивання сульфатів уміст рухомої сірки у верхньому шарі 20 см за внесення невеликих доз добрив і без удобрення є дуже близьким (рис. 2, 3). Водночас вимивання та перерозподіл рухомої сірки в профілі ґрунту чітко простежується за всіма системами землеробства та досліджуваними сівозмінами.

Унаслідок того, що міграція сульфатів у профілі ґрунту визначається глибиною його промочування, запаси рухомих форм сірки у шарі 60 см мають такі самі (або навіть більші) сезонні відміни (табл. 2). Проте запаси в шарі ґрунту 100 см у 2012–2013 рр. виявилися дуже близькими.

Різні культури значно відрізняються одна від одної за потребою в сірці. При цьому їхні фізіологічні та морфологічні особливості також

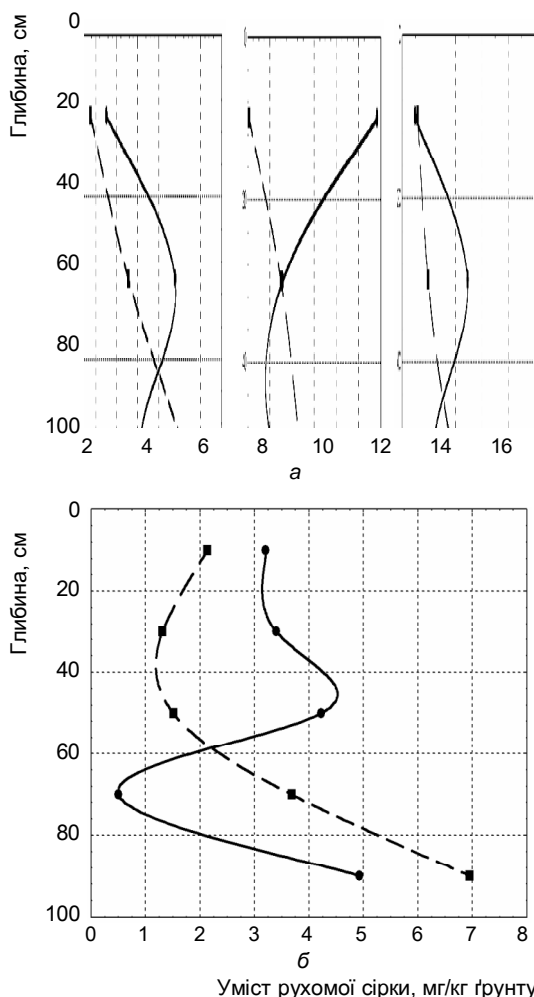


Рис. 3. Розподіл рухомих форм сірки в профілі чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення у II сівозміні (з багаторічними травами)

впливають на величину вилугування сульфатів. Не беручи до уваги вплив кожної культури в досліджуваних сівозмінах, з наведених у табл. 2 даних з'ясувалося, що за наявності багаторічних трав загальний запас рухомої сірки в шарі ґрунту 100 см майже не має сезонних змін. На думку J. Eriksen [16], щоб запобігти збідненню орного шару ґрунту на доступну сірку (що спостерігається за відсутності рослинності і під злаками) доцільно застосовувати си-

деральні культури з підвищеним коефіцієнтом біологічного поглинання цього елемента [16]. Імобілізація сірки в складі органічної речовини сидератів, яка майже повністю мінералізується до початку інтенсивної вегетації рослин, може значно підвищити вміст сульфатів у кореневмісному шарі ґрунту. Тому введення сидеральних культур є ефективним засобом поліпшення сіркового живлення рослин за органічного землеробства.

Висновки

Водорозчинні сульфати, які переважають у складі рухомої сірки за ГОСТ 26490–85, мають високу міграційну здатність, що зумовлює їх сезонний перерозподіл у профілі за різних систем землеробства та удобрення.

Вимивання рухомих сполук сірки з орного шару ґрунту до розташованих нижче горизонтів може призвести до тимчасового дефі-

циту цього елемента.

Унаслідок сезонної міграції сульфатів у профілі ґрунту визначення вмісту рухомої сірки лише в його орному шарі не може бути об'єктивним методом оцінювання забезпечення цим елементом, тому пропонується визначати запас рухомих сполук у шарі ґрунту 60 і 100 см.

Бібліографія

1. Адерихин П.Г. Динамика сульфатов в выщелоченном черноземе/ П.Г. Адерихин, Е.П. Тихова// Труды Воронеж. ун-та. — Т. 13. — Вып. 1. — 1945.
2. Артюшин А.М. Краткий справочник по удобрениям/А.М. Артюшин, Л.М. Державин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Колос, 1984. — 208 с.
3. Вальников И.У. Формы серы в почвах Среднего Поволжья/И.У. Вальников, А.М. Мишин// Агрохимия. — 1974. — № 12. — С. 112–118.
4. Господаренко Г.М. Основы интегрированного застосування добрив/Г.М. Господаренко. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2002. — 344 с.
5. Державин Л.М. Содержание подвижной серы в пахотных почвах СССР/[Л.М. Державин, М.А. Флоринский, А.Н. Поляков, Н.В. Лобас]/Химия сельского хозяйства. — 1989. — № 7. — С. 13–15.
6. Крупська З.К. Розподіл сірки по профілю чорноземів Донбасу/З.К. Крупська//Агрохімія і ґрунтознавство. — 1974. — № 25. — С. 21–22.
7. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв Белгородской области/С.В. Лукин. — Белгород: Константа, 2011. — 302 с.
8. Мамонтова Е.Г. Сера в почвах лесостепи УССР: дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. — Х., 1973. — 187 с.
9. Наказ № 536 від 11.10.2011 «Про затвердження Порядку ведення агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки»//Офіц. вісн. України від 01.07.2012. — 2011 р., № 102, с. 95, ст. 3764, код акта 59887/2011.
10. Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО: ГОСТ 26490–85 [действующий с 01.07.1986] — (Міждержавний стандарт СНД) Перелік основних нормативних документів у галузі ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів (актуалізований станом на 27.04.2009).
11. Рэй Вард. Экономика удобрения по Рэю Вар-

- ду/Рэй Вард//Зерно. — 2007. — № 7. — С. 73–76.
12. Савченко Ю.О. Вплив різних систем удобрення на забезпеченість рослин доступними сполуками сірки на чорноземі типовому/Ю.О. Савченко//Агрохімія і ґрунтознавство. — 2011. — № 77. — С. 77–80.
13. Савченко Ю.О. Вплив удобрення на сезонний перерозподіл рухомої сірки у профілі чорнозему/Ю.О. Савченко//Там само. — 2013. — № 79. — С. 98–102.
14. Слюсарев В.Н. Сера в почвах Северо-Западного Кавказа (агроэкологические аспекты): монография/В.Н. Слюсарев. — Краснодар: КубГАУ, 2007. — 230 с.
15. Танин К.Е. Баланс хлора, серы и калия в многолетнем опыте с формами калийных удобрений/К.Е. Танин//Агрохимия. — 1965. — № 12. — С. 43–50.
16. Eriksen J. Sulfur cycling in agroecosystems/ J. Eriksen//Dr. Science thesis. Denmark, Aarhus University. — Oct. 2010. — 50 p.
17. Matula J. Barley response to the soil reserve of sulphur and ammonium sulphate i short-term experiments under cotrolled conditions of cultivation/J. Matula//Plat Soil Eviromet. — 2004. — № 50 (6). — P. 235–242.
18. Rabider S. Recommended Soil Sulfate-S Tests: Recommended Soil Testig Procedures for the ortheast United States/S. Rabider, D. Bhumbra, R. Keefer. — P. 55–61. — Режим доступа: <http://extesio.udel.edu/lawgarde/files/2012/10/CHAP7.pdf>.
19. Sager M. Levels of Sulfur as a Essetial utriet Elemets i the Soil-Crop-Food System i Austria/M. Sager //Agriculture. — 2012. — № 2. — P. 1–11.
20. Withers P.J.A. Sulphur iputs for optimum yields of cereals/P.J.A. Withers, F.J. Zhao, S.P. McGrath et al// Aspects Appl. Biol. — 1997. — № 50. — P. 191–198.

Надійшла 21.10.2013.