

the steppe zone. Among the predominant types of lands that should be afforested are: pastures, stony lands, infertile arable lands, ravines and sandy soils.

*Studies were carried out on the lands transferred for afforestation to Poltava Regional Management of Forestry and Hunting in the Forest-Steppe zone. As these soils are solonchak-like in one way or another, their afforestation involves considerable difficulties. Thus, selected over the years forest crops (*Salix alba* L., *Quercus rubra* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Pinus sylvestris* L.) have a low adaptability, depression, and in some places – massively dry out.*

Researches included a detailed soil survey and phytoindication of silvicultural areas, as well as agrochemical analysis to determine cation-anion composition (GOST 2628-85) and pH of the aqueous extract (State Standard ISO 10390:2007).

The soil studies in silvicultural plots showed that meadow chernozem soils which in varying degrees solonchak-like predominate on loess clay loams. Composition of the salinization in most cases is sodic, in some areas – sulfate-sodic. Salts occur high, preferably in a layer of 0-40 cm.

Research results allow us to estimate the degree of forest growth potential of soils for afforestation, as well as their overall forest applicability. Only two plots (area of 36.7hectares) of the seven are suitable for afforestation, one – not suitable (11.2ha) and the remainder (43hectares) – conditionally suitable.

It is defined that afforestation of unproductive soils must be preceded by comprehensive phased soil studies using the method of phytoindication and obligatory agrochemical analysis – determination of cation-anion composition and pH of the aqueous extract. Only an integrated approach to the development of unproductive soils provides an objective assessment of their forest growth potential and the overall suitability for afforestation.

Key words: *afforestation of underproductive soils, assessment of the level of suitability for afforestation of solonchak-like soils.*

УДК 631.81.095.337

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СІРЧАНИХ ДОБРИВ ПІД ПОЛЬОВІ КУЛЬТУРИ НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ

Г.М. Господаренко, доктор сільськогосподарських наук

І.В. Прокопчук, кандидат сільськогосподарських наук

С.В. Прокопчук, кандидат сільськогосподарських наук

І.Ю. Рассадіна, аспірант

Уманський національний університет садівництва

Дослідження присвячені питанню впливу тривалого застосування мінеральних та органічних добрив на вміст рухомих сполук сірки в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому. Встановлено, що серед систем удобрення, які вивчались у досліді за органічної спостерігається найвищий вміст рухомих сполук сірки у ґрунті, однак і така її кількість повністю не задовольняє потребу основних сільськогосподарських культур у цьому елементі. Важливим джерелом надходження сірки в ґрунт є атмосферні опади за рік з ними може надходити 5–8 кг/га сірки. Внесення сірковмісних добрив підвищує врожайність пшениці озимої, нуту рижію ярого відповідно на 11; 9 і 7%.

Ключові слова: *чорнозем опідзолений важкосуглинковий, сірковмісні добрива, рухомі сполуки сірки, атмосферні опади, пшениця озима, нут, рижій ярий*

Постановка проблеми. Останнім часом потребі сільськогосподарських культур у сірці стали приділяти значну увагу,

оскільки у багатьох системах землеробства зменшилось надходження її в ґрунт у порівнянні з попередніми періодами. Застосування сірковмісних добрив набуває все більшої актуальності в результаті росту врожайності сільськогосподарських культур, зміни структури сівозмін, зменшення об'ємів внесення органічних добрив, а також зниження використання сірковмісних добрив. При вирощуванні сільськогосподарських культур на низькозабезпечених рухомими сполуками сірки ґрунтах може знижуватись урожайність і погіршуватись якість одержаної продукції [1]. Забезпеченість рослин сіркою – головний чинник одержання якісного рослинного білка.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сільськогосподарські культури містять неоднакову кількість сірки, та, відповідно, відчувають різну потребу в ньому [1]. За нестачі сірки у живленні рослин суттєво знижується їх продуктивність з одночасним погіршенням показників якості [2]. Встановлено [3], що сірка суттєво покращує показники якості зернової продукції. У переважній більшості зернових культур функціонування ферментів та білків у тканинах листків та насіння залежить саме від рівня сіркового живлення [4]. Недостатнє сіркове живлення призводить до пригнічення метаболічних процесів, у першу чергу синтезу сірковмісних амінокислот і білків, порушується формування хлоропластів [5]. Надлишкова кількість сірки у ґрунті може мати негативні наслідки, що проявляються у вигляді фізіологічних порушень, пов'язаних з утворенням токсичних сполук типу сульфотоксинів [6]. Проте нині в орних ґрунтах спостерігається дефіцит цього елемента живлення.

Метою дослідження було встановити вплив тривалої дії різних рівнів і систем удобрення на вміст рухомих сполук сірки в ґрунті та вплив сірковмісних добрив на врожай сільськогосподарських культур.

Методика дослідження. Питання забезпеченості чорнозему опідзоленого важкосуглинкового на лесі рухомими формами сірки за різних систем удобрення та її вплив на урожайність культур вивчали у тривалому стаціонарному досліді, а також в умовах тимчасових дослідів кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва. Відбір зразків проводили за вимогами ДСТУ 4287:2004 до глибини 100 см через кожні 20 см для визначення можливості переміщення рухомих сполук сірки по профілю ґрунту залежно від системи та рівня удобрення. Вміст рухомих сполук сірки визначали за методом ЦІНАО – ГОСТ 26490-85. Дослідження включали також заходи покращення сіркового живлення рослин пшениці озимої, рижю ярого та нуту. З цією метою вносили колоїдну сірку та сульфат амонію $(\text{NH}_2)_2\text{SO}_4$.

Не зважаючи на знаний вміст сульфатів у атмосферних опадах (найбільше серед аніонів) та можливу шкодочинну дію, на жаль, нині майже не проводяться спостереження за кількістю та інтенсивністю потрапляння (осідання) сульфатів з атмосфери до ґрунту. Тому нами було проаналізовано надходження сполук сірки з атмосферними опадами у різні роки. Вміст сірки в атмосферних опадах проводили на атомному абсорбціометрі фірми Varian (Австралія) та полуміневному фотометрі фірми Skalar (Голландія).

Основні результати дослідження. Як показали дослідження, вміст рухомих сполук сірки у ґрунті суттєво залежить від кількості та виду внесених добрив (табл. 1).

1. Вміст рухомих сполук сірки в ґрунті за тривалого (50 років) застосування різних норм добрив і систем удобрення в польовій сівозміні, мг/кг

| Варіант досліджу (насиченість 1 га сівозміни) | Шар ґрунту, см | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|--------|
| | 0–20 | 20–40 | 40–60 | 60–80 | 80–100 |
| Без добрив (контроль) | 4,8 | 4,9 | 4,6 | 4,4 | 4,4 |
| N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,3 | 4,5 |
| N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ | 4,5 | 4,8 | 4,5 | 4,4 | 4,4 |
| N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅ | 4,8 | 4,8 | 4,6 | 4,5 | 4,6 |
| Гній 9 т | 5,2 | 5,2 | 4,4 | 4,4 | 4,3 |
| Гній 13,5 т | 7,6 | 7,3 | 5,0 | 4,7 | 4,5 |
| Гній 18 т | 7,8 | 7,4 | 6,9 | 6,0 | 4,5 |
| Гній 4,5 т + N ₂₂ P ₃₄ K ₁₈ | 5,3 | 5,1 | 4,9 | 5,0 | 4,9 |
| Гній 9 т + N ₄₅ P ₆₈ K ₃₆ | 6,0 | 5,1 | 5,6 | 6,0 | 5,0 |
| Гній 13,5 т + N ₆₇ P ₁₀₂ K ₅₄ | 6,1 | 5,9 | 5,6 | 6,1 | 4,9 |

Так, при внесенні удобрюючого компоненту у вигляді мінеральних добрив вміст сірки, як у верхніх шарах, так і в цілому до метрової глибини змінюється від 4,8 мг/кг до 4,5 мг/кг. Це свідчить про низьку забезпеченість рослин цим елементом живлення згідно прийнятої градації [7]. Але встановлено, що основним джерелом надходження доступної рослинам сірки є органічні добрива. Дослідженнями І.Я. Маслової [8] показано, що поповнення запасів доступної рослинам сірки залежить від ступеню консервованості гумусу. Так, за органічної системи удобрення вміст сірки у шарі ґрунту 0–20 см становив від 5,2 до 7,8 мг/кг і зростав паралельно зі зростанням норми внесення органічних добрив. При цьому за другого та третього рівнів органічної системи рівень забезпеченості рослин був середнім.

Зміни вмісту сірки по профілю чорнозему опідзоленого спостерігалось до глибини 80 см. За орґано-мінеральної системи удобрення відмічено збільшення вмісту сірки відносно контрольного варіанту. Однак, якщо порівняти між собою системи удобрення, що вивчались у досліді, то за цієї системи було незначне зниження вмісту в порівнянні до органічної системи.

Отже, не дивлячись на тривале застосування в польовій сівозміні гною великої рогатої худоби, а також суперфосфату гранульованого, що містить високий вміст сірки, забезпеченість рослин цим елементом живлення на чорноземі опідзоленому залишається на низькому рівні.

Атмосферні опади є одним із додаткових джерел надходження хімічних речовин на поверхню ґрунту. Дослідження складу атмосферних опадів показує, що вміст сірки у них є стабільним і залежить від цілого комплексу природних та антропогенних чинників (табл. 2). Так, вміст сірки в атмосферних опадах у різні роки досліджень змінювався від 0,90 до 1,18 мг/л, що в середньому за чотири роки проведених досліджень становило 1,04 мг/л.

2. Вміст сірки у атмосферних опадах та її надходження в ґрунт

| Рік дослідження | Вміст сірки, мг/л | Кількість опадів, мм | Надходження сірки з атмосферними опадами, кг/га |
|-------------------|-------------------|----------------------|---|
| 1989 | 1,18 | 675 | 7,97 |
| 1990 | 1,08 | 677 | 7,31 |
| 1991 | 1,03 | 648 | 6,67 |
| 1999 | 0,90 | 551 | 4,96 |
| Середнє за 4 роки | 1,04 | 638 | 6,73 |

Тому, при розрахунках балансу сірки доцільно і цілком можливо враховувати до загального надходження ту її частину, яка надходить з атмосферними опадами [9].

Так, лише за рахунок сірки атмосферних опадів додатково на поверхню ґрунту надходить від 4,96 до 7,97 кг/га сполук сірки, які безпосередньо будуть використовуватись як джерело для живлення рослинами.

За нестачі сірки в живленні рослин, так само як і за нестачі азоту, фосфору або калію, їхня врожайність знижується, а якість урожаю погіршується [2]. Сільськогосподарські культури містять неоднакову кількість сірки та, відповідно, відчувають різну потребу в цьому елементі. Рослини пшениці між фазами цвітіння та досягання можуть втрачати до половини накопиченої сірки в результаті вимивання з рослин [1].

Реакція рослин на сірку значною мірою залежить від її біологічних особливостей [10]. Дослідження показало, що на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому внесення сірчаних добрив досить позитивно впливає на врожайність пшениці озимої. Так, на фоні $N_{120}P_{90}K_{90}$ внесення 40 кг/га сірки урожайність зростала на 4,4 ц/га, що на 11 % (табл. 3).

3. Ефективність застосування сірки під сільськогосподарські культури на чорноземі опідзоленому

| Культура | Без добрив | Фон | Урожай на фоні, ц/га | Приріст від внесення, ц/га (%) | | | НІР ₀₅ |
|-------------------------------|------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| | | | | S ₃₅ | S ₄₀ | S ₇₀ | |
| Пшениця озима (1990–1992 рр.) | – | $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 36,3 | – | 4,4(11) | – | 0,9–1,1 |
| Нут (2011–2013 рр.) | 24,3 | $N_{30}P_{60}K_{60}$ | 31,5 | 2,1 (9) | – | – | 0,7–1,1 |
| Рижій ярий (2013–2015 рр.) | 13,3 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 18,4 | – | – | 1,3 (7) | 0,6–0,8 |

Примітка. Фосфор вносили у вигляді суперфосфату подвійного

Зернобобові культури, середньочутливі до сірки. Вони впродовж вегетації засвоюють до 30 – 40 кг/га сірки, тобто приблизно стільки ж, як і фосфору. За її нестачі в живленні рослин затримується синтез білків,

накопичується азот у небілковій формі або у формі нітратів, знижується життєдіяльність бульбочкових бактерій. Тому за вмісту менш ніж 10 мг/кг рухомої сульфатної сірки в орному шарі ґрунту необхідно застосовувати сірчані добрива [11]. При винесенні під рослини нуту сірки з розрахунку 35 кг/га додатково було одержано приріст врожаю – 2,1 ц/га, що на 9 % більше у порівнянні до аналогічно варіанту без внесення сіркового компоненту.

Всі капустині культури потребують для свого росту і розвитку підвищеного вмісту сірки в ґрунті. На ранніх стадіях росту йому необхідно незначну кількість сірки, яка покривається за рахунок наявності в ґрунті вільних сульфатів. З наростанням вегетативної маси потреба в сірці зростає. За вмісту менш ніж 10 мг/кг рухомої сульфатної сірки в орному шарі ґрунту під капустині культури необхідно застосовувати сірчані добрива [12]. Дослідження показали, що внесення сірки в складі повного мінерального добрива позитивно позначалося на врожайності ріжю ярого. На неудобраних ділянках вона становила 13,3 ц/га. За внесення основних елементів живлення у дозі по 60 кг/га д. р. урожайність зростала і становила – 18,4 ц/га. Заміна аміачної селітри на сульфат амонію в складі повного мінерального добрива ($N_{60}P_{60}K_{60}$) забезпечила приріст урожайності ріжю ярого на 1,3 ц/га, що на 7 %.

Висновки. При розробці системи удобрення культур польової сівозміни на чорноземі опідзоленому поряд з основними елементами необхідно враховувати вміст у ґрунті рухомих сполук сірки і прогнозувати забезпеченість нею рослин. Додаткове її внесення у складі повного мінерального добрива дозволяє підвищувати продуктивність культур різних біологічних груп (пшениці озимої, нуту, ріжю ярого). При розрахунках балансу сірки необхідно враховувати надходження її з атмосферними опадами, так як вона може складати 5–8 кг/га за рік.

Література

1. Нортон Р. Значение серы в питании растений / Р. Нортон, Р. Миккелсен, Т. Дженсен // Питание растений.– 2014.– №3.– С. 2–6.
2. Аристархов А.Н. Баланс серы по регионам страны / А.Н. Аристархов // Химия в сельском хозяйстве.– 1987.– № 9.– С. 41–44.
3. Иваницкий Я.В. Влияние серы на фотосинтетический аппарат, зерновую продуктивность и качество зерна озимой пшеницы / Я.В. Иваницкий, Ю.Ф. Осипов, В.И. Каленич // Аграрная наука.– 2011.– № 4.– С. 12–14.
4. Шевякова Н.И. Метаболизм серы в растениях / Н.И. Шевякова.– М.: Наука.– 1979.– 166 с.
5. Лавриненко Г.Т. Сера в питании культурных растений / Г.Т. Лавриненко // Сельское хозяйство за рубежом.– М.: Колос.– 1967.– № 8.– С. 12–15.
6. Торчинский Ю.М. Сера в белках / Ю.М. Торчинский.– М.: Наука,

1977.– 301 с.

7. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (керівний нормативний документ) / За ред. Яцука І.П., Балюка С.А.– Київ, 2013.– С. 92.

8. Маслова И.Я. Особенности пополнения фонда доступной растениям серы в почвах с разной консервативностью гумуса / И.Я. Маслова, Т.Г. Якушева, И.Н. Шарков // *Агрохимия*.– 2008.– № 3.– С. 5–14.

9. Прокопчук І.В. Хімічний склад сучасних атмосферних опадів // *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених присвяченої 110-річчю з дня народження М.М. Шкварука*.– Умань, 2008.– С. 50–51.

10. Балабайко В.Ф. Вплив добрив на баланс сірки в сівозміні при вирощуванні пшениці / В.Ф. Балабайко, В.Є. Розстальний, Б.Є. Якубенко та ін. // *Науковий вісник НАУ*.– 1998.– № 5.– С. 162 – 165.

11. Господаренко Г. М. Особливості удобрення зернобобових / Г. М. Господаренко // *The Ukrainian Farmer*. – 2013. – № 2. – С. 66 – 68.

12. Господаренко Г. М. Система застосування добрив: Навч. посібник / – К.: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2015. – 332 с.

References

1. Norton, R., Mikkelsen, R., Jensen, T. (2014). Value of sulfur in plant nutrition. *Plant nutrition*, 3, 2–6.

2. Aristarkhov, A.N. (1987). Balans sery po regionam strany [Balance of sulfur by region]. *Chemistry in Agriculture*, 9, 41–44.

3. Ivanitski, Y.V., Osipov, Y.F., Kalenich, V.I. (2011). Vliyanie sery na fotosinteticheski apparat, zernovuyu produktivnost i kachestvo zerna ozimoi pshenitsy [Effect of sulfur on the photosynthetic apparatus, grain productivity and quality of winter wheat grain]. *Agricultural science*, 4, 12–14.

4. Sheviakova, N.I. (1979). Metabolizm sery v rasteniyakh [Sulfur metabolism in plants]. Moscow: Science, 166.

5. Lavrinenko, G.T. (1967). Sera v pitanii kulturnykh rastenii [Sulfur in crop nutrition]. *Agriculture abroad*. Moscow: Kolos, 8, 12–15.

6. Torchinski, Y.M. (1977). Sera v belkakh [Sulfur in proteins]. Moscow: Science, 301.

7. Yatsuk, I.P., Baliuk, S.A. ed. (2013). *Metodyka provedennia agrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskogospodarskogo pryznachennia (kerivnyi normatyvnyi document) [Methodology of agrochemical certification of agricultural lands (governing regulations)]*. Kyiv, 92.

8. Maslova, I.Y., Yakusheva, T.G., Sharkov, I.N. (2008). Osobennosti popolnenia fonda dostupnoi rasteniyam sery v pochvakh s raznoi konservativnostiu gumusa [Peculiarities of fund replenishment of sulfur available to plants in soils with different conservative humus]. *Agrochemistry*, 3, 5–14.

9. Prokopchuk IV The chemical composition of modern precipitation // *Proceedings of the All-Ukrainian scientific conference of young scientists dedicated*

to the 110-th anniversary of MM Shkvaruka.– Uman, 2008.– P. 50–51.

10. Balabaiko, V.F., Rostavalni, V.Y., Yakubenko, B.Y. (1998). Vplyv dobryv na balans sirky v sivozmini pry vyroshchuvanni pshenytsi [Effect of fertilizers on sulfur balance in the rotation when growing wheat]. Scientific Bulletin of NAU, 5, 162–165.

11. Hospodarenko, H.M. (2013). Osoblyvosti udobrennia zernobobovykh [Peculiarities of leguminous fertilization]. The Ukrainian Farmer, 2, 66–68.

12. Hospodarenko, H.M. (2015). Systema zastosuvannia dobryv: Navchalnyi posibnyk [System of fertilizer application: Textbook]. Kyiv: SIK GROUP UKRAINE LTD, 332.

Одержано 15.10.2015

Анотация

***Господаренко Г.М., Прокопчук И.В., Прокопчук С.В., Рассадина И.Ю.
Эффективность применения серных удобрений под полевые культуры на черноземе оподзоленном***

Исследования посвящены вопросу влияния длительного применения минеральных и органических удобрений на содержание подвижных соединений серы в черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом. Установлено, что среди систем удобрения, которые изучались в опыте по органической наблюдается высокое содержание подвижных соединений серы в почве, однако и такое ее количество полностью не удовлетворяет потребность основных сельскохозяйственных культур в этом элементе. Важным источником поступления серы в почву являются атмосферные осадки за год с ними может поступать 5–8 кг/га серы. Внесение серосодержащих удобрений повышает урожайность озимой пшеницы, нута, рыжика ярового соответственно на 11; 9 и 7%.

Ключевые слова: чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый, серосодержащие удобрения, подвижные соединения серы, атмосферные осадки, пшеница озимая, нут, рыжей яровой

Annotation

***Hospodarenko H.M., Prokopchuk I.V., Prokopchuk S.V., Rassadina I.Y.
Efficiency of applying sulfuric fertilizers for field crops on podzolized chernozem***

Studies are devoted to the question on influence of prolonged use of mineral and organic fertilizers on the content of mobile sulfur compounds in loamy podzolized chernozem. It is found that among fertilizing systems that were studied in the experiment organic one has the highest content of mobile sulfur compounds in the soil; however such amount does not completely satisfy needs of main agricultural crops in this element. The important source of sulfur for the soil is precipitation for the year, it can give 5-8 kg/ha of sulfur. Adding sulfur containing fertilizers increases the yield of winter wheat, chickpeas and spring false flax by 11, 9 and 7%.

Key words: loamy podzolized chernozem, sulfur containing fertilizers, mobile sulfur compounds, precipitation, winter wheat, chickpeas, spring false flax