

Пятковська І. О., к.геол.н., ORCID: 0009-0001-1590-5561, **Матвійчук О. В.**, головний інженер-ґрунтознавець, ORCID: 0009-0009-4854-4748, **Налужний Р. І.**, завідувач лабораторії, ORCID: 0009-0004-0847-6588, **Сончак А. А.**, завідувач лабораторії, ORCID: 0009-0007-9531-3972 (Івано-Франківський регіональний центр ДУ «Держґрунтохорона», ifrodurchist@ukr.net), **Турчина К. П.**, к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, k.p.turchina@nuwm.edu.ua)

ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ҐРУНТІВ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ РУХОМОЮ СІРКОЮ ТА ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ ЇЇ ДЕФІЦИТУ

На основі агрохімічних досліджень проаналізовано та висвітлено сучасний стан угідь сільськогосподарського призначення Івано-Франківської області на предмет умісту рухомої сірки за два останні тури в розрізі районів.

Узагальнено розподіл площ за ступенем забезпеченості їх рухомою сіркою та співвідношення між сіркою та азотом.

Запропоновано шляхи подолання дефіциту рухомої сірки в ґрунтах області.

Ключові слова: азот; баланс; ґрунт; гумус; дефіцит; мінералізація; моніторинг; паспортизація; родючість; сірка.

Вступ. Причиною недобору врожаю сільськогосподарських культур та втрат його якості дедалі частіше виявляється дефіцит сірки, що характерно для 80% ґрунтів України. Якщо азоту, фосфору і калію приділяється достатня увага, то сірка практично завжди відсувається на другий план. Цю ситуацію потрібно змінювати, адже сірка – один із найважливіших макроелементів для життя рослин, потреба в якому приблизно така сама, як у фосфорі.

Сірка є основою майже всіх білків, вітамінів і незамінних амінокислот, які є важливими для росту вегетативної маси рослин. Бере участь в окисно-відновних процесах, впливає на білковий та вуглеводний обміни речовин. За її нестачі уповільнюється синтез білків, затримується ріст та розвиток рослин, погіршується

продуктивність фотосинтезу, що призводить до зменшення врожаю та погіршення його якості [1].

Забезпеченість ґрунтів рухомою сіркою залежить від материнської породи, напряду ґрунотворного процесу, віддаленістю від промислових об'єктів, а також особливостями ведення сільськогосподарського виробництва.

Найголовніше джерело сірки – ґрунотворні материнські породи. В основному цей елемент живлення знаходиться в ґрунтах у валовій формі, середній вміст по Україні складає 180–240 мг/кг. Але ця форма сірки рослині недоступна, а її доступність залежить від ступеня мінералізації гумусу в ґрунті. Чим вища ступінь мінералізації гумусу в ґрунті, тим більше рухомої сірки, оскільки кожна тонна органічної речовини містить 50 кг азоту і 5,9 кг сірки. Отже, найбільший дефіцит сірки спостерігається на ґрунтах із низьким вмістом гумусу.

Важливим джерелом збагачення ґрунту цим елементом є сірка атмосфери, куди вона потрапляє переважно у вигляді газоподібних викидів із промислових підприємств, що утворюються під час згоряння палива, переплавляння сірчаних руд тощо. Близько 50% сірки потрапляє в атмосферу в результаті біологічного перетворення її сполук у ґрунті і воді, в яких провідну роль відіграють мікроорганізми. Основна частина сірки з атмосфери адсорбується ґрунтом у вигляді SO_2 і незначна її кількість (5–15 кг/га, у промислових районах – 25–45 кг/га в рік) потрапляє з атмосферними опадами. Основна частина атмосферної сірки надходить зі снігом у зимовий період і в значній кількості виноситься з ґрунту талими і промивними водами [6].

Існує кілька факторів, що впливають на поглинання сірки рослинами. Ґрунтові ерозії хаотично вимивають та вивітрюють цей елемент разом з іншими з площ. В Україні втрати сірки внаслідок вимивання за рік становлять 27–30 кг/га. Інтенсивні технології, що допомагають отримувати все більші врожаї, призводять до підвищення виносу сірки з ґрунтів разом з урожаєм. Натомість агровиробники не дотримуються балансу поповнення цим елементом своїх площ, не так багато використовують сірковмісних препаратів. І тому сірка стає ключовим обмежуючим фактором у землеробстві, чого раніше у нас не спостерігалось.

З урахуванням важливого значення цього елемента в живленні рослин, науковці державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» з 2012 року визначення вмісту рухомої сірки внесли до

переліку обов'язкових показників при проведенні агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення. За результатами аналітичних досліджень визначається потреба у внесенні сірковмісних добрив.

Питання внесення сірчаних добрив набуває актуальності, оскільки дедалі частіше в різних регіонах виявляється від'ємний, а то й різко дефіцитний баланс у ґрунті сірки. Основними причинами цього є постійне зменшення надходження сірки в ґрунт і збільшення виносу її з урожаєм сільськогосподарських культур, особливо за вирощування в сівозміні вибагливих до сірки культур (цукрові буряки, ріпак, капуста, цибуля, зернобобові). Надходження сірки з добривами зменшується внаслідок більшого застосування концентрованих добрив [6].

Зменшення застосування у сільськогосподарській практиці простого суперфосфату, сульфату амонію, що містять сірку, може призвести до нестачі в ґрунті рухомих форм сірки.

За даними науковців, між сіркою і азотом існує тісний зв'язок. Нестача цих двох елементів суттєво впливає на врожайність, крім того нестача сірки позначається і на ефективності азотних добрив в цілому.

Матеріали та методи досліджень. Результати аналізів одержані на основі польових і лабораторних досліджень, їх вивчення та узагальнення. Ґрунтові проби відібрано відповідно до керівного нормативного документу «Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення». Лабораторні вимірювання проведено за ДСТУ 8347:2015. Якість ґрунту. Визначення рухомої сірки в модифікації ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського [4].

Результати та їх обговорення. Загальна площа земель Івано-Франківської області становить 1392,7 тис. га. Із них на сільськогосподарські угіддя припадає 630,4 тис. га (45,3%), з яких орні землі – 396,1 тис. га, найбільше їх знаходиться в зоні Лісостепу, менше – в зонах Карпатського передгір'я та гірських Карпат.

За ґрунтово-кліматичними умовами область поділяється на три агроґрунтові зони: Придністровська, Прикарпатська і Карпатська.

Ґрунтовий покрив Придністровської зони представлений опідзоленими ясно-сірими, сірими і темно-сірими ґрунтами, чорноземами опідзоленими і вилугуваними та різного ступеня змитості й оглеєння їх різновидностями. В долинах річок та балок цієї

зони зустрічаються лучні, дернові й болотні ґрунти. Ґрунти Прикарпатської зони дернові опідзолені, дерново-підзолисті та буроземно-підзолисті. У гірській зоні виражена вертикальна зональність, де найбільш поширені бурі лісові, дерново-буроземні та буроземно-підзолисті ґрунти [2].

У структурі ґрунтового покриву сільськогосподарських угідь області переважають сірі та чорноземи опідзолені на лесових породах (15,9%), які є найбільш потенційно родючими, і дерново-підзолисті на давньоалювіальних та делювіальних відкладах (15,1%), природна родючість яких значно нижча (рис. 1).

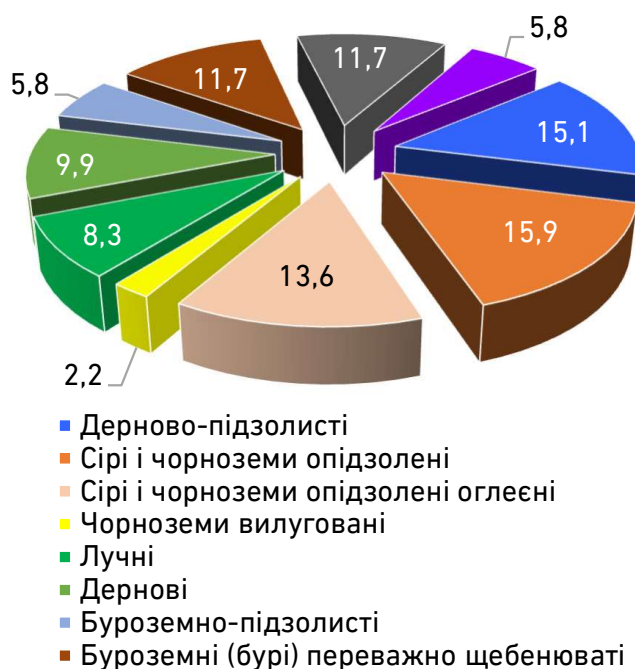


Рис. 1. Номенклатурний список ґрунтів Івано-Франківської області, %

Наукові дослідження проведені на території всіх адміністративних районів Івано-Франківської області загальною площею 438,7 тис. га за період з 2012 по 2020 роки. Обстеженням охоплено всі ґрунтово-кліматичні зони та основні типи ґрунтів, які є в області. Отримані результати підтверджують актуальність визначення вмісту рухомої сірки в ґрунтах області та відтворюють загальні характеристики об'єкта досліджень.

В області переважають угіддя з дуже низькою (170,8 тис. га або 38,9%) та низькою (148,9 тис. га або 34,0%) забезпеченістю рухомою сіркою. Середній вміст на площі 66,0 тис. га або 15,0%. Ґрунти з підвищеною, високою та дуже високою забезпеченістю займають 53,0 тис. га, що становить тільки 12,1% обстежених угідь області (рис. 2).

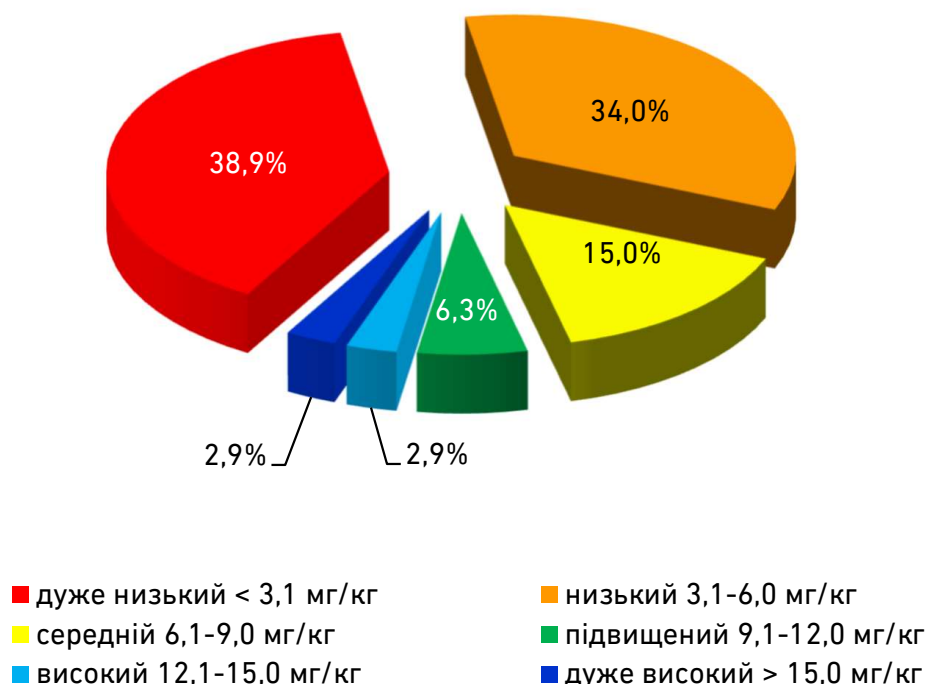


Рис. 2. Розподіл обстежених сільськогосподарських угідь за вмістом рухомої сірки, тис. га

Як результат, середньозважені показники вмісту рухомої сірки за два тури обстеження становлять, відповідно, 4,3 та 5,3 мг/кг ґрунту, що відповідає низькому рівневі забезпеченості.

Оцінка ґрунтів агрокліматичних районів Івано-Франківської області свідчать, що найбільшим умістом рухомої сірки характеризуються угіддя Передкарпаття, а саме: Калуського (8,7 мг/кг ґрунту), Тисменицького (6,7 мг/кг ґрунту) та Рожнятівського (6,1 мг/кг ґрунту) районів, завдяки чому їх відносять до середньозабезпечених. Ця тенденція спостерігається протягом двох турів обстеження.

За даними останнього туру, в розряд середньозабезпечених потрапили обстежені угіддя Рогатинського району, середньозважений показник вмісту рухомої сірки – 6,8 мг/кг ґрунту. Крім того, в результаті перерозподілу площ обстежених земель Долинського району, а саме: майже вдвічі збільшилися площі угідь з середньою забезпеченістю рухомою сіркою, відбулося підвищення середньозваженого показника на 3,2 мг/кг ґрунту. Тобто відбувся перехід з низької до середньої забезпеченості рухомою сіркою.

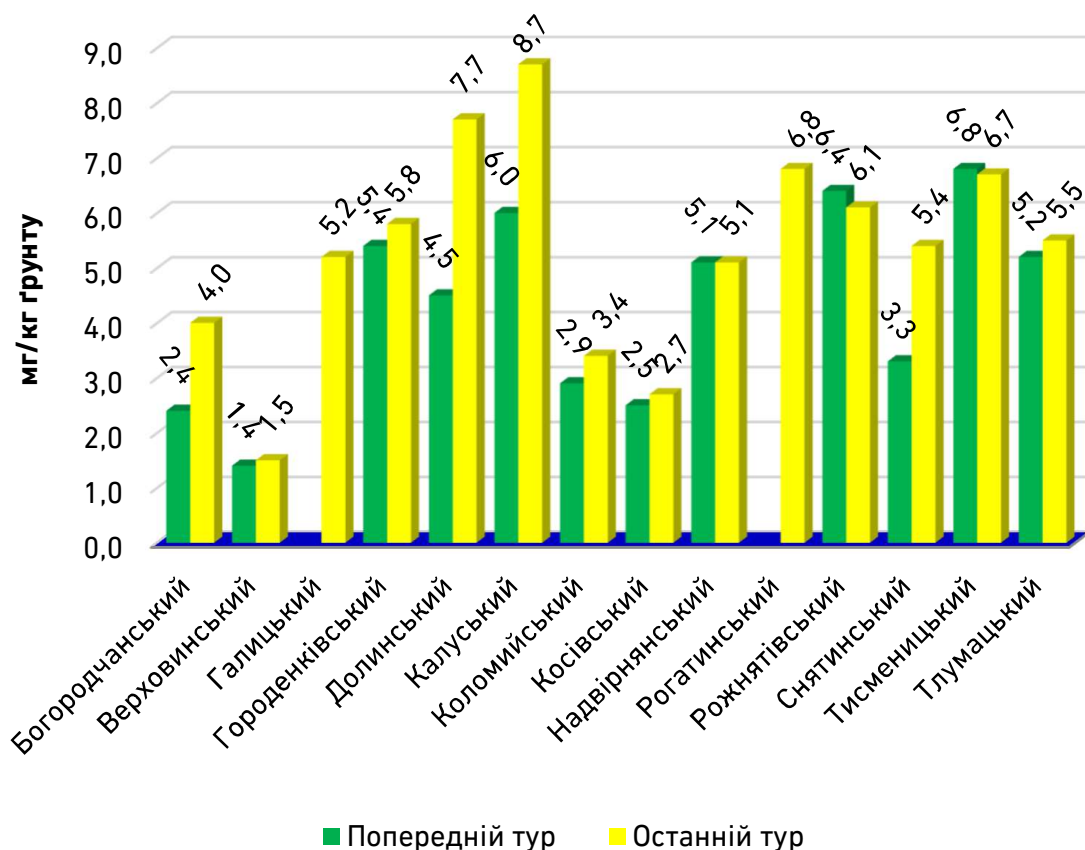


Рис. 3. Уміст рухомої сірки по районах Івано-Франківської області, мг/кг ґрунту

Найнижчим умістом рухомої сірки характеризуються гірські райони області. Так, у Верховинському районі площі з низьким та дуже низьким рівнем складають 99,2% від обстежених. На ґрунти із середнім вмістом рухомої сірки припадає тільки 0,8% обстежених площ. Як результат, середньозважений показник умісту рухомої сірки по району найнижчий в області (1,5 мг/кг ґрунту). Аналогічна ситуація серед обстежених угідь Косівського (2,5 мг/кг ґрунту) району, де площі

угідь з дуже низьким та низьким умістом рухомої сірки займають 94,0% обстежених. Серед обстежених угідь Богородчанського району відбувся перехід частина ґрунтів із розряду дуже низькозабезпечених (20,3%) у розряд низько (7,9%) та середньозабезпечених (2,5%). Крім того, в останньому турі обстеження з'явилися угіддя з високою (7,3%) та дуже високою (1,8%) забезпеченістю, що вплинуло на підвищення середньозваженого показника на 1,6 мг/кг ґрунту і спричинило перехід ґрунтів з розряду дуже низькозабезпечених в розряд низькозабезпечених [3].

Як бачимо, у землеробстві області відбувається поступове вичерпання природного запасу сірки в ґрунтах, так як 72,9% обстежених угідь відчувають дефіцит цього елемента.

Основні причин низького вмісту рухомої сірки в ґрунтах області:

1. Збільшення урожайності сільськогосподарських культур. Чим вона вища, тим більше виноситься сірки основною та побічною продукцією.

2. Вимивання в нижні горизонти при високому зволоженні.

3. Вапнування ґрунтів. Кальцій закріплює сірку та на певний час перешкоджає її доступності рослинам.

4. Застосування амонійних добрив, зокрема безводного аміаку, на певний період робить сірку менш доступною.

Сірка потрібна рослинам упродовж всієї вегетації, але найбільше – перед цвітінням. Вона підвищує стійкість рослин до несприятливих погодних умов, зокрема, й посухи. Сірка допомагає глинистим фракціям ґрунту хімічно зв'язувати воду, тим самим захищаючи його від пересихання. До того ж внесення доступної сірки (сульфатні форми) покращує засвоюваність наявних в ґрунті азоту, фосфору, калію, кальцію, магнію, бору, міді, цинку і, в деяких випадках, молібдену [5].

Основним джерелом надходження сірки в ґрунт є органічні та мінеральні добрива, проте останні є найбільш дієвими, бо містять у своєму складі значно більше цього елемента живлення. Тому для підтримання позитивного балансу сірки в ґрунті необхідно щороку вносити сірковмісні добрива як в основне удобрення, так і перед посівом сільськогосподарських культур у нормі 50–90 кг/га. Насамперед сірчані добрива треба вносити під капустяні (ріпак, капуста), бобові (соя, горох), коренеплоди, картоплю та кукурудзу.

Отже, сірковмісні добрива вкрай необхідні нашим ґрунтам. Оптимальні дози внесення сірки залежать насамперед від біологічних властивостей культур, що вирощують, потреби рослин у цьому елементі, фізико-хімічних й агрохімічних властивостей ґрунту (гранулометричний склад, реакція ґрунтового розчину, вміст гумусу), а також кліматичних умов (температурний режим, кількість опадів).

За узагальненими даними багатьох досліджень, прирости врожаю від внесення сірковмісних добрив становлять: пшениці озимої – 0,3–0,5 т/га, жита озимого – 0,15–0,30 т/га, ячменю ярого – 0,2–0,3 т/га, сіна конюшини – 1,5 т/га, бульб картоплі – 3,0–3,5 т/га [7].

Нестача сірки призводить до затримки синтезу білків, накопичення азоту в небілковій (нітратній) формі, зменшення вмісту цукру, жирів, особливо в олійних культурах. За зовнішніми ознаками дефіцит сірки подібний до браку азоту, оскільки азот і сірка мають подібні функції в метаболізмі рослин. Від забезпеченості культур сіркою залежить засвоєння сполук мінерального азоту. Тому високоефективна дія азоту неможлива без достатнього забезпечення сіркою. Оскільки сірка, як і азот, відіграє важливу роль у синтезі білка, існує зв'язок між живленням рослини азотом і сіркою. Завдяки оптимальному поєднанню азоту з сіркою інтенсивність засвоєння азоту з мінеральних добрив і ґрунту зростає на 15–25%. Найчастіше неправильне співвідношення цих елементів лімітує врожайність сільськогосподарських культур.

Як свідчать літературні джерела, оптимальне співвідношення азоту до сірки для росту рослин залежить від конкретної культури та ґрунту, але загалом в межах від 7:1 до 15:1. Для більшості рослин оптимальним співвідношенням між азотом і сіркою є 10:1 [8].

За результатами досліджень співвідношення між умістом азоту, що легко гідролізується, і рухомою сіркою в розрізі районів Івано-Франківської області та по зонах за останній тур агрохімічного обстеження подано в таблиці.

Таблиця

Співвідношення азоту, що легко гідролізується, до рухомої сірки по зонах Івано-Франківської області, 2016–2020 рр.

Назва зони	Азот, що легко гідролізується, мг/кг ґрунту	Рухома сірка, мг/кг ґрунту	Співвідношення N:S
Придністров'я	92	5,9	16:1
Передкарпаття	100	5,0	20:1
Карпати	106	3,7	28:1

Як свідчать результати, співвідношення N:S найбільш оптимальне в Придністровській зоні (16:1), де поширені в основному чорноземи опідзолені та сірі опідзолені ґрунти. Вони містять в орному шарі достатню кількість гумусу та мають близьку до нейтральної або нейтральну реакцію ґрунтового розчину.

Для Карпатського Передгір'я, де переважають дернові та дерново-підзолисті ґрунти, співвідношення N:S становить 20:1.

У межах гірського рельєфу Карпат, де переважають бурі лісові та дерново-буроземні ґрунти, співвідношення N:S становить 28:1, що свідчить про значний дефіцит рухомої сірки. Середньозважений показник цього елемента живлення становить 3,7 мг/кг ґрунту, характеризує ґрунти цієї зони як низькозабезпечені.

Висновки. Встановлено, що на території обстежених районів Івано-Франківської області переважають ґрунти з дуже низьким та низьким ступенем забезпечення рухомою сіркою. 72,9% обстежених угідь характеризуються недостатнім вмістом для росту і розвитку рослин та потребують внесення сірковмісних мінеральних добрив, що є найбільш дієвими для подолання дефіциту сірки.

Підтвердженням цього є співвідношення азоту до сірки, що корелює з ґрунтово-кліматичними умовами області. Через відхилення від оптимального значення в ґрунтах більшості районів внесення добрив, які містять сірку, сприятиме збільшенню врожайності сільськогосподарських культур і поліпшенню якості ґрунтів.

1. Городній М. М. Агрохімія : підручник. 4–те вид. перероб. та доп. К. : Арістей, 2008. 936 с. **2.** Агрохімічний та агроекологічний стан ґрунтів Івано-Франківської області : довідник. Івано-Франківськ, 2005. 82 с. **3.** Звіт Івано-

Франківської філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» про виконання проєктно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2016–2020 роках (заключний). Івано-Франківськ, 2021. 238 с. **4.** Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / за ред. І. П. Яцука, С. А. Балюка. К., 2019. 108 с. **5.** Сірка в оптимізації живлення рослин. URL: <https://surl.li/sjrlxw>. (дата звернення: 10.05.2025). **6.** *Сірка і сірчані добрива* : сайт. Навчальні матеріали онлайн. Агрохімія. URL: https://pidruchniki.com/76191/agropromislovist/sirka_sirchani_dobryva (дата звернення: 10.05.2025). **7.** Сірка – критично важливий елемент урожайності. *Зерно* : журнал. 2015. № 11(116). С. 90–92. **8.** *Сірка* : сайт. Інститут живлення рослин. URL: https://pni.com.ua/optimizatsiya-zhivlennya/mineralne_zhivlennya/sirka/ (дата звернення: 10.05.2025).

REFERENCES:

1. Horodnii M. M. Ahrokhimiia : pidruchnyk. 4–te vyd. pererob. ta dop. K. : Aristei, 2008. 936 s. **2.** Ahrokhimichniy ta ahroekolohichniy stan gruntiv Ivano-Frankivskoi oblasti : dovidnyk. Ivano-Frankivsk, 2005. 82 s. **3.** Zvit Ivano-Frankivskoi filii derzhavnoi ustanovy «Instytut okhorony gruntiv Ukrainy» pro vykonannya proektno-tekhnologichnykh ta naukovo-doslidnykh robot u 2016–2020 rokakh (zakliuchnyi). Ivano-Frankivsk, 2021. 238 s. **4.** Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia: kerivnyi normatyvnyi dokument / za red. І. Р. Yatsuka, S. A. Baliuka. K., 2019. 108 s. **5.** Sirka v optymizatsii zhyvlennia roslyn. URL: <https://surl.li/sjrlxw>. (data zvernennia: 10.05.2025). **6.** *Sirka i sirchani dobryva* : sait. Navchalni materialy onlain. Ahrokhimiia. URL: https://pidruchniki.com/76191/agropromislovist/sirka_sirchani_dobryva (data zvernennia: 10.05.2025). **7.** Sirka – krytychno vazhlyvyi element urozhainosti. *Zerno* : zhurnal. 2015. № 11(116). S. 90–92. **8.** *Sirka* : sait. Instytut zhyvlennia roslyn. URL: https://pni.com.ua/optimizatsiya-zhivlennya/mineralne_zhyvlennia/sirka/ (data zvernennia: 10.05.2025).

Piatkovska I. O., Candidate of Geological Sciences (Ph.D.), Matviichuk O. V., Chief Engineer-Soil Scientist, Naluznyi R. I., Head of the Laboratory, Sonchak A. A., Head of the Laboratory (Ivano-Frankivsk Regional Center of the State Institution «Derzgruntohorona»), Turchyna K. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

PROVIDING MOBILE SULFUR TO THE SOILS OF THE IVANO-FRANKIVSK REGION AND WAYS OF OVERCOMING ITS DEFICIT

This article analyzes the current status of available sulfur content in soils of the Ivano-Frankivsk region based on agrochemical studies conducted during 2012–2020. A detailed distribution of agricultural land by levels of available sulfur was carried out across administrative districts and agro-soil zones of the region. The results showed that over 70% of the surveyed lands have low or very low levels of available sulfur, indicating a widespread deficiency of this element. The best indicators were recorded in the Prykarpattia area, particularly in Kalush, Tysmenytsia, and Rozhnativ districts, where sulfur levels exceeded the regional average.

The main factors leading to sulfur deficiency in soils were identified: intensive sulfur removal with crop harvest, leaching due to moisture, application of ammonium fertilizers, and liming of soils. Sulfur is highlighted as a key macronutrient essential for plant growth and development because it affects protein synthesis, metabolic processes, and photosynthetic productivity. The important interaction between nitrogen and sulfur in plant nutrition is noted, where sulfur deficiency reduces the efficiency of nitrogen fertilizers and crop yields.

It was determined that mineralization of humus is the primary source of available sulfur in soils, so the greatest deficiency occurs in soils with low organic matter content. Atmospheric sulfur inputs vary by region but generally do not compensate for the losses of this element.

To overcome sulfur deficiency in soils, the authors recommend regular application of sulfur-containing fertilizers at rates of 50–90 kg/ha, especially for crops with high sulfur demand such as cruciferous, leguminous, root crops, potatoes, and maize. The necessity

of monitoring available sulfur content as part of agrochemical soil certification is emphasized.

The obtained data can serve as a basis for developing effective agrotechnical measures to improve soil fertility and balance plant nutrition with sulfur in the agricultural lands of the Ivano-Frankivsk region.

***Keywords:* nitrogen; balance; soil; humus; deficiency; mineralization; monitoring; certification; fertility; sulfur.**