

УДК 631.95:631.452

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.32>

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТІВ ЧОРНОЗЕМНОГО ТИПУ ЗАЛЕЖНО ВІД ВМІСТУ РУХОМОЇ СІРКИ

Ковальов М.М. – к.с.-г.н., старший викладач кафедри загального землеробства,
Центральноукраїнський національний технічний університет

Кислун О.А. – к.т.н., доцент кафедри програмування
комп'ютерних систем і мереж,

Центральноукраїнський національний технічний університет

У статті наведено результати комплексного дослідження функціонального агроєкологічного зв'язку гідротермічного коефіцієнту з параметрами вмісту сульфатної сірки, загального вмісту гумусу та валового азоту, щільності ґрунту та загальної шаруватості у найпоширеніших ґрунтах Кропивниччини – чорноземах типових і звичайних.

Сірка є одним із основних елементів живлення сільськогосподарських культур, необхідних для нормального росту й формування високої продуктивності. Фізіологічний вплив сірки, так само як і азоту, є синергічним, оскільки вони відіграють дуже важливу роль у синтезі білка, що сприяє підвищенню урожайності та поліпшенню його якості.

Виявлений тісний кореляційний зв'язок між вмістом сульфатної сірки та загальним вмістом гумусу у ґрунтовому профілі репрезентативних ділянок по всіх зонах дослідження. За результатами аналітичних спостережень встановлено, що між показниками сульфатної сірки для природних екосистем їх гумусні горизонти для зони Лісостепу та перехідної смуги діагностуються як середньо забезпечені, а зони Степу – як малозабезпечені. Гумусний горизонт агроєкосистем по всіх зонах досліджень діагностується як дуже малозабезпечений.

Незважаючи на те, що продукти життєдіяльності грибно-мікрофлори підкислюють ґрунтовий розчин, сприяючи міграції сульфатної сірки углиб профілю, наявність цього елемента є достатньою для забезпечення рослинності елементами живлення. В той же час ґрунти агроєкосистеми втратили природно-збалансовану систему регуляції надходження елементів живлення. Вони гостро відчують потребу у сірці.

Ситуацію погіршує й те, що на фоні незбалансованого внесення мінеральних добрив різко зменшилося надходження сульфат-іону з промисловими викидами внаслідок введення мораторію, обмежуючого наявність цього елемента у викидах. Встановлено, що ведення сільськогосподарської діяльності призводить до ущільнення ґрунтів агроєкосистем і зменшення в них вмісту сульфатної сірки.

Ключові слова: чорнозем типовий і звичайний, щільність ґрунту, сульфатна сірка, загальний вміст гумусу, валовий азот.

Kovalov M.M., Kyslun O.A. Agroecological condition of chernozem soils depending on the content of moving sulfur

The article presents the results of a comprehensive study of the functional agro-ecological relationship of the hydrothermal coefficient with the parameters of sulfate sulfur content, total humus and gross nitrogen content, soil density and total soil space in typical and ordinary chernozems of Kropyvnytskyi region. Sulfur is one of the main nutrients in crops, which are necessary for normal growth and high productivity. The physiological effects of sulfur, as well as nitrogen, are synergistic, as they play a very important role in protein synthesis, which in turn helps to increase productivity and improve its quality. A close correlation is found between sulfate sulfur content and total humus content in the soil profile of the represented land plots in all research areas. According to the results of analytical observations, it is established that between the indicators of sulfate sulfur for natural ecosystems, their humus horizons for the Forest-Steppe zone and the transition zone are diagnosed as moderately well-ensured, and for the Steppe zones – low-ensured. The humus horizon of agro-ecosystems in all research areas is identified as very poor. Despite the fact that the products of the fungal microflora acidify soil solution, promoting the migration of sulfate sulfur into the profile, the presence of this element is sufficient to provide vegetation with nutrients. At the same time, the soils of the agro-ecosystem have lost

their naturally balanced system of regulating the supply of nutrients. They are acutely in need of sulfur. This situation is exacerbated by the fact that against the background of unbalanced application of mineral fertilizers, the supply of sulfate ion with industrial emissions has sharply decreased due to the introduction of a moratorium on the limiting presence of this element in emissions.

It is established that agricultural activity leads to soil compaction of agro-ecosystems and reduction in sulfate sulfur content in them.

Key words: *typical and ordinary chernozem, soil density, sulfate sulfur, humus content, gross nitrogen.*

Постановка проблеми. При удобренні польових культур у сучасних агроєко-системах досить часто недооцінюється роль рухомої сірки як одного з найважли-віших елементів мінерального живлення. Це пояснюється подібністю зовнішніх ознак до вияву азотного голодування, а тому нестачу рухомої сірки в агроєко-системах не завжди діагностують вчасно. Все це зумовлює необхідність більш детального вивчення вмісту цього елемента в агроєко-системах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сульфатна сірка споживається рос-линами в дещо меншій кількості, ніж азот, фосфор і калій, однак вона дуже важ-лива для формування високих урожаїв. Сірка знаходиться в тісному взаємозв'язку з азотом, оскільки ці елементи необхідні для формування білків у рослин. Тому останніми роками через збільшення у структурі посівних площ культур, більш вибагливих до вмісту сірки у ґрунті, значного виносу її з врожаєм та зменшення промислових викидів сірки в атмосферу дефіцит так званого «четвертого еле-мента» (сірки) значно зріс [1, с. 39].

Внесення сірки від 4 до 26 кг/га підвищує вміст хлорофілу в листках озимої пшениці, також збільшується кількість продуктивних стебел, зерен у колосі, зро-стає урожай зерна на 29-64% [2, с. 43; 3, с. 56].

Головним джерелом надходження сірки у рослину є ґрунт. Саме тому її запаси визначаються вмістом гумусу у ґрунті, оскільки близько 90% цього елемента у ґрунтах чорноземного типу міститься у вигляді органічних сполук [4, с. 100]. Рослини можуть засвоювати сірку лише у вигляді сульфат-іону SO_4^{2-} , вивільнення якого відбувається внаслідок перебігу процесів мінералізації органічної речо-вини. В той же час сульфатна сірка є досить лабільною сполукою і активно мігрує ґрунтовым профілем за певних агрокліматичних умов [5, с. 32].

Постановка завдання Дослідження проводилися в межах Правобережного південного Лісостепу та північного Степу Кропивниччини, де були обрані репре-зентативні напівстаціонарні ділянки, на яких заклали групу ґрунтових розрізів. Для вибору напівстаціонарних ділянок використовувалися агрохімічні карти масштабу 1:25000 та 1:10000, матеріали агрохімічних досліджень і фондові мате-ріали Кіровоградської філії «Інститут охорони ґрунтів України» та Центру гідро-метеорології Кіровоградської області [6].

Для того, щоб виявити різницю між агро- та природними екосистемами у про-цесах накопичення сульфатної сірки, відповідно до концепції В.В. Медведєва [7, с. 132] ми досліджували ґрунтові розрізи земель різного використання. Так, розрізи 1 та 2 представляють лісостепову зону (дослідна ділянка Маловисків-ська), 5 та 6 – перехідну смугу (дослідна ділянка Кропивницька), 9 та 10 – Степову (дослідна ділянка Долинська). Розрізи 1, 5 та 9 характеризують природні екосис-теми, 2, 6 та 10 – агроєко-системи.

Усі дослідні ділянки розташовані на рівнинній місцевості. Відбір ґрунтових зразків проводився вкінці вегетативного періоду. Аналізи виконували відповідно до ГОСТ 26490-85 – визначення мінеральної сірки [8, с. 45], гумусу за мето-

дом Тюрина ДСТУ 4289-2004 [9, с. 11] та рівноважної щільності ґрунту (РЩГ), загальну шпаруватість (ЗШ) ґрунту за методом Качинського ДСТУ ISO 11272-2001 [10, с. 3].

Виклад основного матеріалу дослідження. Як показали дослідження, вміст сульфатної сірки у ґрунтах залежить від кількості органічної речовини. З використанням вказаних методик ми провели дослідження вмісту сульфатної сірки у найпоширеніших ґрунтах Кропивниччини, проаналізували залежність між вмістом гумусу та сірки у ґрунтовому профілі за різних умов зволоження.

Встановлено, що величина співвідношення сульфатної сірки та загальний вміст гумусу та азоту мають досить широкий інтервал і залежать як від умов ґрунтоутворення, так і від виду антропогенного навантаження. Згідно з отриманими нами даними вміст мінеральної сірки в ґрунтовому профілі агроєкосистем зони Лісостепу коливається в межах 3,2-5,0 мг/100 г ґрунту, а у природних екосистемах – 12,4-22,4 мг/100 г ґрунту. Для перехідної смуги ці величини складають 11,0-13,0 та 4,6-11,6 мг/100 г ґрунту, а для зони Степу – 6,3-8,7 та 2,5-5,3 мг/100 г ґрунту (табл. 1-3).

Був встановлений тісний кореляційний зв'язок між вмістом сульфатної сірки та загальним вмістом гумусу у ґрунтовому профілі репрезентативних ділянок по зонах досліджень. Коефіцієнт кореляції для зони Лісостепу становить: природні екосистеми – 0,81, агроєкосистеми – 0,64; для перехідної смуги він дорівнює 0,86 та 0,76; а для зони Степу – 0,86 та 0,84.

Таблиця 1

Вміст мінеральної сірки та гумусу у ґрунтах Південного Лісостепу

Генетичний горизонт	Глибина, см	Вид екосистеми	Зона досліджень	Вміст сульфатної сірки, мг/100 г ґрунту	Загальний вміст гумусу, %	pH (сольове)
H	0-20	лісосмуга	Лісостеп	12,4	7,30	5,2
H	30-40			13,2	4,94	5,7
H	50-60			13,5	4,41	5,9
H _p _k	90-100			14,9	2,22	6,8
PH _k	110-120			15,8	1,94	7,1
P _k	140-150			22,4	1,30	7,1
H _n	0-18	рілля		3,2	4,91	7,0
H	30-40			3,6	3,27	7,1
H _p _k	50-60			4,3	3,23	7,1
PH _k	90-100			4,4	1,60	7,2
PH _k	110-120			4,7	1,26	7,3
P _k	140-150			5,0	0,69	7,3

Для агроєкосистем зони Лісостепу цей показник має найменше значення, що зумовлено низьким вмістом у них сульфатної сірки внаслідок незбалансованого внесення азотних добрив.

Порівняння отриманих результатів аналізів між показниками сульфатної сірки для природних екосистем показали, що гумусні горизонти для зони Лісостепу та перехідної смуги діагностуються як середньозабезпечені, а зони Степу – мало-

забезпечені. Гумусний горизонт агроєкосистем по всіх зонах досліджень діагностується як дуже малозабезпечений.

Незважаючи на те, що продукти життєдіяльності грибною мікрофлори підкислюють ґрунтовий розчин, сприяючи міграції сульфатної сірки углиб профілю, наявність цього елемента є достатньою для забезпечення рослинності елементами живлення. Агроєкосистеми ж не мають природно-збалансованої системи регуляції надходження елементів живлення. Вони гостро відчувають потребу у сірці.

Таблиця 2

Вміст мінеральної сірки та гумусу у ґрунтах перехідної смуги

Генетичний горизонт	Глибина, см	Вид екосистеми	Зона досліджень	Вміст сульфатної сірки, мг/100 г ґрунту	Загальний вміст гумусу, %	pH (сольове)
H _k	0-20	переліг	перехідна смуга	11,0	5,36	7,4
H _k	30-40			11,2	3,65	7,5
HP _k	50-60			11,6	3,47	7,5
HP _k	90-100			11,8	2,16	7,5
Ph _k	110-120			12,6	1,94	7,6
P _k	140-150			13,0	1,32	7,6
H _{a/k}	0-20	рілля		4,6	3,81	7,0
H _k	30-40			4,7	2,72	7,3
HP _k	50-60			10,8	1,95	7,5
Ph _k	90-100			10,9	1,2	7,5
P _k	110-120			11,2	1,04	7,6
P _k	140-150			11,6	0,77	7,6

Таблиця 3

Вміст мінеральної сірки та гумусу у ґрунтах Північного Степу

Генетичний горизонт	Глибина, см	Вид екосистеми	Зона досліджень	Вміст сульфатної сірки, мг/100 г ґрунту	Загальний вміст гумусу, %	pH (сольове)
H	0-20	ліс	Степ	6,3	5,34	5,5
H	30-40			6,8	3,65	6,2
HP	50-60			7,2	2,94	7,0
Ph _k	90-100			7,9	1,83	7,1
Ph _k	110-120			8,0	1,59	7,1
P _k	140-150			8,7	1,19	7,2
H _a	0-20	рілля		2,5	4,12	7,0
H _k	30-40			2,4	2,7	7,1
HP _k	50-60			3,0	2,12	7,3
P _{hk}	80-90			3,5	1,62	7,3
P _k	110-120			4,9	1,35	7,4
P _k	140-150			5,3	0,79	7,4

Ситуацію погіршує й те, що на фоні незбалансованого внесення мінеральних добрив різко зменшилося надходження сульфат-іону з промисловими викидами внаслідок введення мораторію, обмежуючого наявність цього елемента у викидах.

У природних екосистемах відбувається їх вимивання із гумусного в більш глибокі горизонти. Оскільки природні екосистеми є більш водопроникними внаслідок низької РЦГ та високої ЗШ, тому і вміст сульфатів у породних екосистемах є дещо вищим, ніж в агроекосистемах. З іншого боку сульфати викликають декальцинацію ґрунту та його підкислення. У природних умовах в процесі мікробіотичного розпаду мінералізується близько 2% органічної сірки. Мінералізація сірки залежить від вмісту у ґрунті гумусу та азоту [11, с. 321].

В агроекосистемах внаслідок відчуження рослинної продукції за межі поля надходження органічної речовини в ґрунт є меншими, тому і вміст сірки значно знижується у зв'язку з тим, що між вмістом гумусу та азоту існує пряма залежність, а між вмістом гумусу та сіркою вона є зворотною. Перетворення сірки в ґрунті з органічної форми в мінеральну та в зворотному напрямі повністю залежить від механізмів саморегуляції, тобто наявності мікроорганізмів. Імобілізація сірки у ґрунті пов'язана з гумусом, діяльністю мікроорганізмів і побічними продуктами мікробного синтезу.

Втрати сірки із верхніх горизонтів відбуваються внаслідок вилуговування та шляхом анаеробного випаровування. Дефіцит сірки у ґрунті агроекосистем послаблює деякі процеси під час росту та розвитку рослин, а саме процес фотосинтезу (внаслідок відсутності хлорофілу), фіксації азоту у бобових, перетворення нітрату амонію у білок, формування запасних білків насінин, які розвиваються. Водночас він посилює процес накопичення нітратів у рослинній продукції.

Мінеральній сірці у живленні рослин належить значна роль, майже як і азоту. Тому, приділяючи значну увагу азотному живленню без урахування потреби рослин у сірці, ми знижуємо його ефективність. Справа в тому, що сірка та азот є «будівельними блоками» білків. Враховуючи те, що рослини неоднаково реагують на вміст мінеральної сірки у ґрунті, вона є украй важливою для нормального росту та розвитку рослин.

Проведені нами дослідження свідчать про те, що кількісний та якісний вміст гумусу підпорядкований певним зональним особливостям генезису ґрунтів (кліматичним особливостям, величині промочування, типу рослинного покриву тощо). Територія Кропивниччини також не є виключенням із цього правила.

Стійкість показників відсоткового вмісту гумусу та сірки повністю залежить від динамічної рівноваги між процесами гуміфікації та мінералізації органічної речовини. За певних умов одні процеси переважають над іншими, завдяки чому відбувається або накопичення гумусу, або його втрата – дегуміфікація. При природному ґрунтоутворенні гуміфікація переважає над мінералізацією, відбувається поступове накопичення органічної речовини ґрунту, вміст якої за певних умов стабілізується, тому на цих ділянках показники гумусу, азоту та сірки дещо вищі, ніж для агроекосистем.

Окрім зональної підпорядкованості, дослідження, проведені нами, вказують на значну залежність гумусу, сірки та азоту від низки інших показників родючості ґрунту. Найсуттєвішу роль у нагромадженні сульфатної сірки та гумусу відіграють такі показники: рівноважна щільність ґрунту (РЦГ), загальна шпаруватість (ЗШ) і гранулометричний склад (ГС). Ці показники впливають на перебіг процесів імобілізації сульфатної сірки. Таку залежність підтверджують і наші дані.

Така просторова мозаїчність ґрунтів чорноземного типу насамперед визначається коливаннями зволоження території, про що яскраво свідчить коливання у зменшенні вмісту сульфатної сірки екосистем Степової зони. Зі зменшенням глибини промочування знижується і коливання сульфатної сірки (див. табл. 1-3).

Таблиця 4

Агроекологічні показники ґрунтів дослідних ділянок

Номер ділянки	Генетичний горизонт	Глибина відбору зразка, см	Гранулометричний склад						Фіз. глина, %	РЩГ, г/см ³	ЗШ, %
			пісок	Дріб. пісок	Кр. пил	Сер. пил	Дріб. пил	Мул			
			<0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	>0,001 мм			
Лісостеп, лісосмуга											
1	H	0-10	0,1	13,3	32,0	10,8	10,4	33,4	54,6	0,80	64
	H	30-40	0,0	9,8	31,6	9,4	17,1	32,1	58,6	1,02	58
	H	50-70	0,0	0,0	43,4	9,5	14,8	32,3	56,6	1,06	58
	Ph _k	90-100	0,0	4,4	36,4	7,5	13,6	38,1	59,2	1,31	49
1	P _k	140-150	0,0	1,3	33,7	8,3	16,9	39,8	65,0	1,37	49
Лісостеп, рілля											
2	H _{ak}	0-20	2,0	5,4	34,0	9,0	13,0	36,6	58,6	1,21	50
	H _k	30-40	0,1	10,0	28,8	9,2	14,7	37,2	61,1	1,28	49
	HP _k	50-70	0,0	6,6	32,5	9,6	13,9	37,4	60,9	1,3	51
	Ph _k	90-100	0,0	4,3	35,1	8,8	13,0	38,8	60,6	1,32	50
	P _k	140-150	0,0	3,4	26,8	12,3	15,3	41,9	69,8	1,39	49
Перехідна смуга, переліг											
5	H _k	0-10	4,0	10,4	32,2	6,6	10,8	36,0	53,4	1,06	56
	H _k	30-40	0,4	3,2	37,6	5,7	13,1	40,0	58,8	1,07	56
	HP _k	50-70	0,5	4,9	34,3	7,0	13,3	40,0	60,3	1,13	55
	Ph _k	90-100	0,3	1,5	37,3	8,0	12,9	40,0	60,9	1,17	53
	P _k	140-150	0,4	3,2	37,2	9,8	13,4	36,0	59,2	1,19	53
Перехідна смуга, рілля											
6	H _{ak}	0-20	0,4	2,4	40,0	6,7	9,6	40,9	57,2	1,15	55
	H _k	30-40	0,4	1,0	40,9	5,6	11,7	40,4	57,7	1,30	49
	HP _k	50-70	0,3	3,5	38,1	7,7	11,0	39,4	58,1	1,14	56
	Ph _k	90-100	0,4	3,8	36,7	10,7	9,6	38,8	59,1	1,19	56
	P _k	140-150	0,5	2,0	40,5	3,2	10,7	43,1	57,0	1,20	56
Степ, ліс											
9	H	0-10	1,1	13,7	29,2	11,7	11,3	32,7	56,0	1,03	56
	H	30-40	0,9	8,0	34,2	9,3	14,1	33,5	56,9	1,14	
	HP _k	50-70	1,1	1,7	42,4	8,2	11,2	35,4	54,9	1,19	55
	Ph _k	90-100	0,8	9,8	36,7	8,2	9,9	34,6	52,7	1,23	54
	P _k	140-150	1,0	4,1	37,0	6,3	15,1	36,5	57,9	1,26	53

Продовження таблиці 4

Степ, рілля											
10	H_a	0-20	0,7	7,4	35,2	9,5	14,5	32,7	56,7	1,25	50
	H_k	30-40	0,4	4,3	30,6	10,1	15,1	39,5	64,7	1,15	54
	HP_k	50-70	0,3	1,0	27,5	10,0	17,8	43,4	71,2	1,21	54
	P_{hk}	90-100	0,4	3,3	30,7	8,0	16,6	41,0	65,6	1,26	53
	P_k	140-150	0,4	3,6	19,6	14,1	17,8	44,5	76,4	1,30	52

Показник РЩГ насамперед залежить від умов зволоження та ГС (табл. 4) [12, с. 93]. Для зони південного Лісостепу – № 3-4 ГТК_{v-ix} = 1,13; перехідної смуги – № 5-6 ГТК_{v-ix} = 0,96; північного Степу, яку характеризують ґрунтові розрізи, № 13-14 ГТК_{v-ix} = 0,94.

Тому для степових дослідних ділянок розбіжності РЩЗ з умістом сульфатної сірки між природними та агроєкосистемами простежуються до глибини 40 см. Зі зростанням забезпеченості зволоження збільшується й глибина розбіжності між ґрунтовими розрізами. Так, для перехідної смуги вона співпадає з глибиною 60 см, а для зони Лісостепу – 90 см, причому РЩГ для природного аналога ділянок вища, на відміну від двох попередніх зон досліджень (див. табл. 4), завдяки тому, що вищий показник ГТК_{v-ix} і більша глибина промочування ґрунту.

Для природних екосистем зони Лісостепу характерний дещо більший, ніж для агроєкосистем, відсоток піщаної фракції та менший відсоток вмісту фізичної глини (ФГ). Ця залежність у поєднанні із низьким показником РЩГ, високою ЗШ і ГТК_{v-ix} > 1 сприяє міграції сульфатної сірки вниз по профілю. Агроєкосистеми цієї зони мають значно більше значення РЩГ і менший показник ЗШ у поєднанні із більшим відсотком ФГ.

Враховуючи те, що основна та побічна продукція відчужується за межі поля, вміст сульфатів у ґрунтах значно поступається природним екосистемам. Таке поєднання наведених вище факторів призводить до того, що ґрунти агроєкосистем внаслідок ущільнення ґрунту та накопичення недоступної для рослин вологи в меншій мірі здатні до вилуговування сульфатів. Така залежність між параметрами ГС, РЩГ і ЗШ характерна як для перехідної смуги, так і для зони Степу. По мірі того, як зменшується зволоження території, зменшується й коливання вмісту сульфатної сірки у ґрунтах.

Результати аналізів, проведених на ґрунтах дослідних ділянок, свідчать про те, що найнижчі показники РЩГ притаманні ґрунтам поза межами сільськогосподарської діяльності людини: для Лісостепу – 0,80 г/см³; для перехідної смуги – 1,06 г/см³, для зони Степу – 1,03 г/см³ відповідно. Разом із тим найвищі показники вмісту сульфатної сірки також властиві ґрунтам природних екосистем (див. табл. 1-3).

Зміна показників вмісту сірки та гумусу ґрунтів є певним критерієм, що відображає напрям проходження процесів ґрунтоутворення та гумусонакопичення. На нашу думку, між сульфатною сіркою та загальним вмістом гумусу, а також ЩГ існує тісний зв'язок. Чим більший показник загального гумусу у ґрунті, тим менший показник РЩГ, але тим вищий ЗШ (див. табл. 1-4). Але існує і обернена залежність між сульфатною сіркою та гумусом (див. табл. 1-3).

Висновки і пропозиції. Між вмістом гумусу та сульфатної сірки у ґрунтового профілі зон досліджень Кропивниччини існує прямий кореляційний зв'язок, який для природних екосистем коливається в межах $R = 0,81-0,86$; для агроєкосистем – $R = 0,64-0,84$. Ґрунти агроєкосистем характеризуються дещо меншим зв'язком між цими показниками.

Кількість сульфатної сірки зростає в напрямі на захід і на північ для природних екосистем. Для агроекосистем ця закономірність не простежується. Вміст сульфатної сірки здебільшого залежить від величини РЩГ і глибини промочування ґрунту, а саме спостерігається вирівнювання між показниками агро- та природних екосистем на тих же глибинах, що і для показника РЩГ.

Для поліпшення ситуації необхідно вжити низку заходів. По-перше, провести широкомасштабне дослідження процесів іммобілізації сульфатної сірки у ґрунтах агроекосистем. По-друге, необхідно при визначенні показників родючості ґрунтів агроекосистем, зокрема і вмісту сульфатної сірки, обов'язково проводити порівняння їх вмісту у ґрунтах природних екосистем по кожній зоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адаменко С.М., Машинник С.М. У вітчизняному землеробстві роль сірки поки що недооцінена. *Агроном*. 2010. № 1. С. 38–43.
2. Генгало О.М., Генгало Н.О., Білоцерківець Т.І. Агрохімічні аспекти застосування сірковмісних добрив на різних типах ґрунтів (аналітичний огляд). *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2014. Вип. 195(1). С. 41–48. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnpau_agr_2014_195\(1\)_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnpau_agr_2014_195(1)_9). Pdf (дата звернення: 10.08.2020).
3. Лопушняк В.І. Баланс сірки за різних систем удобрення культур у зерно-просапній плодозмінній сівозміні Західного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії. Серія: Сільське господарство. Рослинництво*. 2014. № 2. С. 55–57.
4. Савченко Ю.О. Вплив удобрення на сезонний перерозподіл рухомої сірки у профілі чорнозему. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2013. № 79. С. 98–102.
5. Долженчук В.І., Крупко Г.Д. Вміст рухомих форм сірки у ґрунтах Рівненської області. *Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів»*. Вип. 2. Київ, 2015. С. 28–33.
6. Кліматологічні стандартні норми (1961-1990 рр.). Міністерство екології та природних ресурсів України; Центральна геофізична обсерваторія. Київ, 2002. 446 с.
7. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи (2-ое пересмотренное и дополненное издание). Харьков, 2012. КП «Городская типография». 536 с.
8. ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. [Чинний від 1987-03-26]. Москва, 1985. 46 с.
9. Органічна речовина ґрунту: ДСТУ 4289 (ДСТУ 4289-2004). [Чинний від 2004-04-30]. Київ, 2005. 14 с. (Держспоживстандарт України).
10. ДСТУ ISO 11272-2001. Визначення щільності складення на суху масу. [Чинний від 2003-07-01]. Київ, 2003. 23 с. (Держспоживстандарт України).
11. Agro-ecological Aspects of the Change of Sulphate Sulphur Content in Chernozem of the Buh-dnipro Interstream Area in Ukraine by Kovalov Mykola, Vasylovskaya Kateryna, Reznichenko Vita, Mostipan Mykola, has been published in the *WSEAS Transactions on Environment and Development*, ISSN/E-ISSN: 1790-5079/2224-3496, Volume 15, 2019, Art. № 35, P. 319–323. URL: <https://www.wseas.org/multimedia/journals/environment/2019/a685115-477.pdf> (дата звернення: 10.08.2020).
12. Ковальов М.М. Вміст азоту у гумусному горизонті чорноземів типового та звичайного Бузько-Дніпровського міжріччя. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. № 2. Друкарня видавництва «Свідлер А.Л.». 2014. С. 91–94.