

УДК 661.15:631.454

**ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ
НІТРОГЕНО- ТА СУЛЬФУРОВМІСНИХ ДОБРИВ**

В.І. Дорохов

Поліський національний університет, вул. Старий Бульвар, 7, Житомир, 10008,
Україна

Нітроген й Сульфур є важливими біогенними елементами й необхідні для життя рослин, входять до складу амінокислот, білків, нуклеїнових кислот. У природі біогеохімічні цикли Нітрогену та Сульфуру пов'язані один з одним та

характеризуються низьким вмістом доступних рослинам форм азоту (NH_4^+ , NO_3^-) та сірки (SO_4^{2-}) (табл. 1).

Таблиця 1

Загальна характеристика біогеохімічних циклів Нітрогену та Сульфуру [1]

Елемент	Процес	Хімічні перетворення	Функція біологічних груп
Нітроген	Азотфіксація	$\text{N}_2 \rightarrow \text{RNH}_2$ (органічні аміни)	Вільноживучі прокаріоти (Azotobacter spp., деякі Clostridium spp., деякі Cyanobacteria, фотосинтетичні бактерії). Симбіотичні прокаріоти (Rhizobium spp. та інші)
	Нітрифікація	$(\text{NH}_3) \text{NH}_4^+, \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$	Хемоавтотрофні нітрифікуючі бактерії
	Асиміляційна денітрифікація	$\text{NO}_3^- \rightarrow$ амінокислоти \rightarrow білки	Рослини, тварини, мікроорганізми
	Дисиміляційна денітрифікація	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2\text{O}, \text{N}_2$	Анаеробні бактерії
	Амоніфікація	Органічний нітроген $\rightarrow \text{NH}_3(\text{NH}_4^+)$	Багато мікробів, особливо бактерії
Сульфур	Сульфоокиснення	$\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$	Пурпурові і зелені сульфатні фотосинтезуючі бактерії, окремі хемоавтотрофні сульфоокиснювальні ціанобактерії
	Дисиміляція сульфатів	$\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$	Сульфовідновлюючі бактерії
	Асиміляційне відновлення	$\text{SO}_4^{2-} \rightarrow$ сульфуровмісні амінокислоти	Багато рослин, бактерії
	Утворення диметилсульфіду	$\text{SO}_4^{2-} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{S}$	Деякі морські водорості

З метою забезпечення врожайності при вирощуванні сільськогосподарських культур широко використовують мінеральні добрива оскільки вони є джерелом необхідних макро- і мікроелементів і мають перекривати винос хімічних елементів з ґрунту рослинами та їх природні втрати. Виробництво мінеральних добрив на початку XXI століття склало біля 200 млн. тон і в найближчі роки світове споживання добрив буде тільки зростати у зв'язку із ростом чисельності населення Землі [2, 3].

Норма споживання Нітрогену на одну людину дорівнює 5 кг на рік і на початку XXI століття сумарна потреба людства у фіксованому азоті вийшла на рівень $32,5 \cdot 10^9$ т. Задовольнити її може лише підвищення врожайності сільськогосподарських культур за рахунок внесення у ґрунт високих доз азотних добрив (близько $30 \cdot 10^6$ т/рік у перерахунку на Нітроген), що є основною причиною порушення його природною колообігу й виникнення глобальної екологічної аномалії – “нітрифікації” біосфери.

Нітроген вносять у трьох основних формах: амонійній (NH_4^+), нітратній (NO_3^-) та амідній (NH_2). При застосуванні азотних добрив збільшується вміст нітратів у воді (грунтових водах, джерелах, річках тощо), що шкідливо впливає на організми людини й тварин. Надлишок Нітрогену у амідній формі (карбамід, сечовина) змінює рН ґрунту, підвищує його лужність. Надлишок Нітрогену у формі нітратів і нітритів отруєє сільськогосподарську продукцію за рахунок утворення токсичних нітрозамінів $\text{R}_2\text{N}-\text{N}=\text{O}$ – канцерогенних речовин. Найбільша кількість нітратів вимивається навесні, особливо в дощову й холодну погоду [4].

Для оптимального розвитку рослинам потрібен Сульфур, вміст якого в сухій речовині має складати від 0,1 % до 0,65 %. При дефіциті Сульфуру гальмується білковий синтез, що призводить до суцільного хлорозу. На відміну від Нітрогену, Сульфур відрізняється більш рівномірним розподілом по всій рослині, тому його дефіцит одночасно позначається як на молодих, так і на старих листках. За умови інтенсивного зволоження та при вирощуванні культур із високими потребами Сульфуру (олійні, бобові культури, цибуля, часник, цибуля-порей та ін.), забезпечення сіркою є важливою складовою живлення рослин. Протягом останнього часу питання внесення Сульфуру набуло особливого значення, оскільки все частіше з різних країн світу повідомляють про його дефіцит у ґрунті, особливо при високих нормах внесення Нітрогену [5].

З метою управління вмістом Нітрогену та Сульфуру у ґрунтах та забезпечення оптимального розвитку рослин важливим екологічним аспектом є одночасне, комплексне застосування нітрогено- та сульфуровмісних добрив. Вимивання Нітрогену з ґрунту значно зменшується при використанні інгібіторів нітрифікації – речовин, що містять у своєму складі Сульфур [6].

До таких речовин належить тіосульфат амонію ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$) – комплексне мінеральне добриво, яке одночасно містить Нітроген (12 %) та Сульфур (26 %) і за рахунок функції інгібітора забезпечує пролонговане азотне та сірчане живлення рослин впродовж всього періоду вегетації. Відомо, що уреаза – фермент, який каталізує процес трансформації амідної форми Нітрогену (NH_2) в діоксид вуглецю (CO_2) та аміак (NH_3). Атом Сульфуру (S) взаємодіє з атомами Нікелю (Ni) – активною ділянкою ферменту й дезактивує його (рис.1).

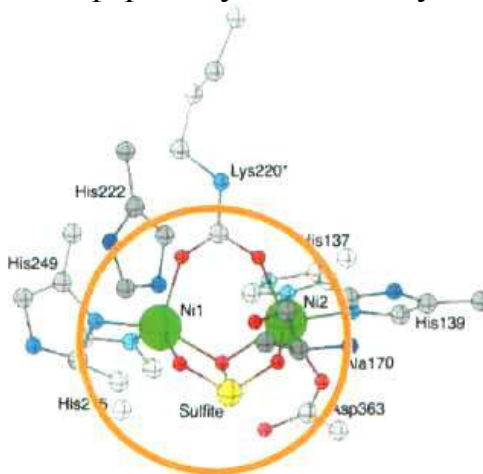


Рис.1. Інгібування процесу трансформації Нітрогену.

Окрім цього залишок молекули тіосульфату амонію (SO_3) утворює зв'язок з ферментами бактерій Nitrosomonas і Nitrobacter блокуючи їх активність й значно уповільнюючи процес нітрифікації [7].

Таким чином, комплексне використання нітрогено- та сульфуровмісних мінеральних добрив призводить до значного зменшення негативного екологічного впливу нітратних добрив на довкілля за рахунок уповільнення утворення нітратів і нітритів, забезпечує не тільки підвищення врожайності але й гарантує високу якість сільськогосподарської продукції.

Література

1. Біогеохімія: навч. посібник / Дорохов В.І., Шелест З.М., Скиба Г.В., Барабаш О.М. Житомир: Вид-во ЖДТУ, 2004, 272 с.
2. Дорохов В.І. Екологічні проблеми застосування мінеральних добрив / Збірник «Наукові читання – 2019». Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2019, С.19-24.
3. Дорохов В.І. Хімія мінеральних добрив і пестицидів: конспект лекцій. Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2013, 113 с.
4. Дорохов В.І. Екологічні проблеми колообігу Нітрогену / Збірник «Біологічні дослідження – 2022». – Житомир: Видавець ПП „Євро-Волинь”, 2022, С.253-256.
5. Екологічна хімія: навч. посібник / Федішин Б.М., Дорохов В.І., Павлюк Г.В., Заблоцька О.С., Борисюк Б.В. Херсон, ОЛДІ-ПЛЮС, 2020, 516с.
6. Хімія та біохімія біогенних елементів: Навчальний посібник / Б.М. Федішин, В.І. Дорохов, Г.В. Павлюк, Н.В. Іванова; За ред. Б.М.Федішина. Житомир: Вид-во „Держ. агроеколог. ун-т”, 2006, 348 с.
7. Тіосульфат амонію – добриво, яке дійсно дає результат [Електронний ресурс] / ХімАгроСтеп, 2023, Режим доступу: <http://www.himagrostep.com>