

# ПЕРЕТВОРЕННЯ АЗОТУ У ҐРУНТІ І ЙОГО ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ РОСТУ РОСЛИН



Марія Ярошко, Німецький аграрний центр,  
за матеріалами семінару «Фізіологія врожайності зернових»  
др. Ханса-Георга Шьонбергера, N.U. Agrar GmbH, Німеччина

ДОБРИВА



Одним із найбільш важливих елементів у живленні рослин є азот. Він є невід'ємною складовою протеїнів, хлорофілу, ферментів та багатьох інших компонентів, необхідних для росту і розвитку рослин. Так, азот потрібний рослині для накопичення маси як складова білків – будівельних матеріалів, а також для фітогормональної регуляції і роботи ферментів. Як у ґрунті, так і у добривах азот може міститися у різних формах: нітрат, амоній, сечовина тощо. При цьому найбільш поширеною формою є нітрат, що пов'язано також із тим, що в процесі перетворень у ґрунті різні азотні добрива так чи інакше доходять до нітратної форми. Таким чином і більша частина добрива засвоюється рослинами у формі нітрату. В свою чергу, різні форми азоту поводять себе у рослині по-різному і також здійснюють на її розвиток різний вплив. Загалом удобрення азотом є складною стратегією, прорахунки в якій можуть не тільки коштувати підприємству надмірних витрат, а навіть знижувати врожайність і погіршувати якість виробленої продукції.

Дуже складно правильно прорахувати потреби рослин у азотних добривах. Для цього недостатньо знати, який об'єм поживного елемента потрібний певній культурі, виходячи з очікуваного рівня врожайності. Важливими факторами тут є мінералізація ґрунтового органічного

азоту, можливе допостачання азоту далі впродовж вегетації рослин, а також його імовірна фіксація у ґрунті. Так, високий рівень мінералізації дає можливість скорочувати норму внесення азотних добрив, хоча прорахувати постачання азоту дуже важко. Це пов'язано з тим, що воно сильно залежить від перебігу погодних умов. Залежно від того, як швидко прогріватиметься ґрунт, скільки в ньому буде вологи і наскільки активно одразу ж спрацюють мікроорганізми, які здійснюють мінералізацію, вивільнення азоту може проходити як повільно і в необхідний культурі час, так і блискавично, в період, коли потреби в елементі вже може і не бути. Різні попередники також здатні по-різному впливати на ймовірне вивільнення азоту з їхніх поживних решток. Так, найвищий ступінь мінералізації спостерігається після вирощування бобових. Як імовірний об'єм вивільненого азоту залежить від виду ґрунтів, так і різні ґрунти потребують різного об'єму так званого залишкового азоту. Відповідно, при розрахунку фактичної потреби в удобренні враховується цілий ряд показників.

Важливим показником є вміст мінерального азоту у ґрунті ( $N_{min}$ ), який вимірюється у зоні розташування коріння, зазвичай на глибині до одного метра. Варто зазначити, що цей показник є одномоментним, тобто він показує

об'єм мінералізованого азоту на час проведення відбору проби, зазвичай ранньої весни, тож його можна розглядати як об'єм доступного для рослин азоту на час початку вегетації. Залежно від якості ґрунтів і перебігу погодних умов показник  $N_{min}$  може значно змінюватися, тому при можливості його бажано визначати точним проведенням аналізу. Часто виміри проводять на трьох шарах: 0-30 см; 30-60 см; та 60-90 см. Для подальшої роботи беруть загальну суму мінералізованого азоту з усіх трьох шарів, хода дані по кожному окремому прошарку також можуть допомогти зорієнтуватися, в який саме час розвитку рослина дістанеться до яких запасів. Якщо ж можливості провести точний аналіз не існує, то використовують усереднені дані. Зазвичай, чим важчий ґрунт і чим більша в ньому частка глини та гумусу, тим більший очікуваний показник  $N_{min}$  можна брати до розрахунку. В середньому на дилювальних ґрунтах показник  $N_{min}$  може становити від 30 до 60 кг/га, на лісових та бурих ґрунтах – 80-120 кг/га, на чорноземах – 120-180 кг/га, на глинистих ґрунтах – 100-210 кг/га. При цьому мінералізований у ґрунті азот має дві форми:  $NH_4 + NO_3$ , де найбільша частка припадає на нітрат. На показник  $N_{min}$  впливає багато факторів. Найбільш вагомими серед них є об'єм азоту, що лишився після попередника, об'єм вивільненого азоту восени, внесення його з добривами, вбудовування в органічну речовину ґрунту, засвоєння азоту посівами до зимової паузи у вегетації тощо.

Другим показником, що характеризує пропозицію азоту із ґрунтів, є  $N_{mob}$ . Він також повинен братися до уваги при розрахунку потреби в азотному удобренні. Слід зазначити, що саме  $N_{mob}$  найбільше ускладнює розрахунки по азоту, оскільки саме частка його вивільнення дуже залежить від температури і вологості ґрунту. Найбільш активне вивільнення при цьому спостерігається при температурі вище 20°C та водонасиченості ґрунтів на рівні 50-60%. Даний показник характеризує той об'єм азоту у ґрунті, який є органічно зв'язаним, але може мобілізуватися з часом.  $N_{mob}$  об'єднує в собі три показники:  $N_{mob}$  з ґрунту, який утворюється

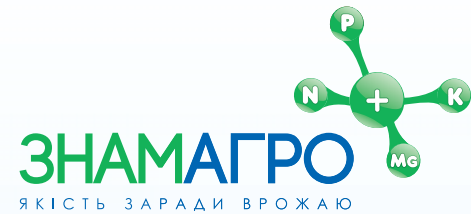
при вивільненні азоту з органічної речовини ґрунту впродовж вегетації;  $N_{mob}$  з попередника, який характеризує об'єм азоту, що вивільниться з поживних решток попередника залежно від того, яка це була культура; та  $N_{mob}$  з органічних добрив, якщо вони вносяться. Необхідно пам'ятати, що  $N_{mob}$  є тільки приблизним значенням. До того ж якщо ґрунти ущільнені чи замулені, з утворенням великих грудочок і з поганою структурою, частка імовірно мобілізованого з часом азоту також буде знижуватися. Через це навіть після визначення суми  $N_{mob}$  доцільно добре оцінити стан ґрунтів і при потребі брати до розрахунку тільки частину вирахованого об'єму азоту. Часто при незадовільному стані ґрунту беруть близько 70-80% розрахованої кількості азоту  $N_{mob}$ . До того ж задані показники  $N_{mob}$  значно залежать від глибини пухкого шару ґрунту. Це пов'язано з тим, що вивільнення азоту у пухкому шарі проходить легше і активніше, ніж в ущільненому. Через це, якщо господарство працює за технологією прямої сівби, до розрахунку береться не більше 40% вирахованого об'єму  $N_{mob}$ . Загальний показник  $N_{mob}$  також залежить від виду ґрунту і вмісту в ньому гумусу. Так, на ділювіальних ґрунтах із вмістом близько 2% гумусу він може становити 30-50 кг/га, в той час як на чорноземах з 3,5% гумусу – 120-150 кг/га. Для спрощення підрахунку показник  $N_{mob}$  з ґрунту може порівнюватися до кількості балів, отриманих ґрунтами при бонітуванні, як це робиться, наприклад, у Німеччині. Там оцінка ґрунтів ведеться від 0 до 100 балів, де 100 балів отримують дуже високоякісні чорноземи. Відповідно, в них показник  $N_{mob}$  теж береться за 100 кг/га. В той самий час від ділювіальних ґрунтів, оцінених приблизно у 30 балів, можна очікувати близько 30 кг/га.  $N_{mob}$  з попередника теж може значно відрізнитися у різних культур. Так, наприклад, зернові лишають по собі близько 10-20 кг/га азоту, ріпак – 40-70 кг/га, цукровий буряк – 40-80 кг/га, в той час як бобові – 40-100 кг/га.  $N_{mob}$  з органічного добрива дуже важко визначити. Його розмір залежить від виду добрива і регулярності його внесення. Слід пам'ятати, що вивільнення азоту з органічних добрив проходить не рівномірно, а в більшому об'ємі у перший рік після застосування, і далі в середньому по 10-20% впродовж 3-4 років.

Також важливим є показник так званого залишкового азоту, або  $N_{fix}$ , який є тим об'ємом елемента, що буде фіксуватися ґрунтом і не надходитиме у рослини. Весь азот, який міститься у ґрунті, не може бути використаний рослинами повністю, тож його певна

частка завжди лишається. Різним ґрунтам характерна різна здатність до утримання азоту. Це пов'язано із вбудовуванням азоту у органічну речовину ґрунту та вмістом у ґрунті так званих колоїдів, які представлені частинками гумусу та глинистими мінералами. Вони несуть на своїй поверхні вільні зв'язки з негативним зарядом і здатні приєднувати до себе позитивно заряджені катіони, такі як  $NH_4^+$ , утримуючи їх. Тож той об'єм  $N_{fix}$ , який фіксуватиметься, також має братися до розрахунку. Чим бідніші ґрунти на поживні речовини, тим імовірніше, що більша частина добрив на них зв'яжеться. Чим важчі ґрунти і чим більший в них вміст глини і гумусу, тим вищим буде показник  $N_{fix}$ . Так, наприклад, піщані ґрунти здатні зв'язати близько 10-25 кг/га, суглинки – 25-50 кг/га, лесові ґрунти – 20-40 кг/га і глинисті – 30-60 кг/га азоту.

Це одним показником, що характеризує можливе допостачання азоту, є так званий  $N_{air}$  – або азот, який може фіксуватися з повітря. Слід зазначити, що цей показник доволі рідко серйозно береться до розрахунку і навіть при сприятливих передумовах становить не більше 10-25 кг/га. Тож ним при розрахунку часто нехтують. Таким чином, знаючи потребу в азоті у певної культури та очікуваний рівень її врожайності, можна розрахувати, який дійсний об'єм добрива повинен бути внесений, коли від загальної потреби в удобренні будуть відняті всі можливі джерела допостачання:  $N_{min}$ ,  $N_{mob}$  і можливо  $N_{air}$ , а також буде додана потреба самого ґрунту –  $N_{fix}$ .

Наступним важливим питанням щодо азоту постає вибір його правильної форми для удобрення. Слід пам'ятати, що азот переважним чином потрапляє до рослини двома шляхами. Так, завдяки добрій розчинності і слабкому зв'язуванню у ґрунті нітратна форма засвоюється рослиною з током маси. Це означає, що для того щоб нітратний азот засвоївся, рослина повинна лише здійснювати транспірацію рідини, а всмоктування нітратів буде проходити самовільно разом із водою – ґрунтовим розчином, в якому вони розчинені. З іншого боку, це також означає, що коли концентрація нітратів у ґрунтовому розчині висока, рослина не може регулювати їх потрапляння до неї. Через це азотні добрива інколи можуть потрапляти у посіви у несприятливий час і зумовлювати на них навіть негативну дію. Другий шлях засвоєння азотних добрив – це дифузія, шляхом якої до рослин потрапляє амонійна форма азоту. Завдяки ймовірній міцній фіксації амонію на колоїдах-іонообмінниках для його засвоєння рослина має «докладати зусилля», а проникнення азоту всередину тоді проходить за градієн-



## МІКРОДОБРИВА



ІНТЕРМАГ-ЗЕРНОВІ



ІНТЕРМАГ-ОЛІЙНІ



ІНТЕРМАГ-БОР

## СУЛЬФАТ МАГНІЮ КРИСТАЛІЧНИЙ

MgO – 16%, SO<sub>3</sub> – 30%



Цінне джерело сірки та магнію для сільсько-господарських культур

## СУЛЬФАТ МАГНІЮ ГРАНУЛЬОВАНИЙ

MgO – 17%, SO<sub>3</sub> – 35%



Ca – 0,06%,  
Mn – 28 мг/кг,  
B – 3,5 мг/кг,  
Cu – 1,5 мг/кг,  
Fe – 1,5 мг/кг,  
Zn – 1,5 мг/кг

**ТОВ «ЗНАМАГРО» запрошує на роботу кваліфікованих спеціалістів з продажу**

ТОВ «ЗНАМАГРО»  
02660, м. Київ,  
вул. Марини Раскової, 23, оф. 630

Тел./факс: +38 (044) 494-39-12.  
Моб.: +38 (067) 470-58-06

e-mail: office@znamagro.com.ua  
**WWW.ZNAMAGRO.COM.UA**



том концентрації. Це унеможливило перенасичення рослини амонійним азотом, тож його засвоєння проходить врегульовано. Різниця в шляхах засвоєння окремих форм азоту може допомогти при виборі відповідної форми добрива залежно від стану посівів. Так, при слабких посівах, які необхідно швидко і ефективно підтримати, більшу перевагу слід надати використанню нітратної форми, в той час як амонійну форму доцільніше використати на достатньо сильних посівах і досягти цим більш повільного засвоєння поживного елемента.

Дуже цікавим добривом також є сечовина. Встановлено, що вона може одразу ж засвоюватися рослинами, причому для неї не характерним є зв'язування на іонообмінниках. Однак зміна сечовинної форми азоту в ґрунті відбувається дуже швидко, особливо при високих температурах. Перетворення сечовини на першому етапі відбувається до амонію. В цьому процесі, який носить назву гідролізу сечовини, бере участь вода та спеціальний фермент – уреаз. Так, 75% сечовини при температурі 2°C перетвориться на амоній впродовж 4 днів. При температурі 10°C для цього вже буде потрібно лише 2 дні, 20°C – лише 1 доба. Водонасиченість ґрунту при цьому повинна бути на рівні 40%. Як надмірна кількість води у ґрунтах, так і її нестача значно уповільнюють перебіг процесу. Наступне перетворення амонію йде вже до нітрату. Для реалізації цього процесу нітрифікації необхідні кисень та спеціальні мікроорганізми – *nitrosomonas* і *nitrobacter*. Для нітрифікації окрім температури ґрунтів і вологості велике значення має також показник рН. Оптимальна вологоємність ґрунту для процесу нітрифікації теж повинна становити близько 40-60%. Тоді для перетворення 50% амонію на нітрат при температурі 5°C знадобиться близько 6 тижнів, при 10°C – два тижні і при 20°C – лише сім днів. Оптимальний показник рН для утворення нітрату становить 6-7. Практичне призупинення процесу нітрифікації спостерігається у ґрунтах, які мають показник рН, нижчий за 5,5. Коли ж рН ґрунту перевищує 7 – імовірними стають втрати азоту у формі аміаку.

Окрім перетворень різних форм азоту важливе значення має їх вплив на рослини і можливість їх використання. Так, стосовно сечовини, слід зазначити, що вона є найбільш «нейтральним» добривом, яке не здійснює значного впливу ані на показник рН ґрунту, ані на фізіологію рослин. Таким чином, рослина з добривом отримує тільки необхідний азот, але при цьому не змінюється подальший розвиток посівів. Поряд із цим і амоній, і нітрат

впливають на ґрунти і розвиток рослин. Так, наприклад, таке добриво як сульфат амонію здійснює підкислюючу дію, завдяки чому, з одного боку, при використанні його на ґрунтах з завищеним показником рН можна досягти покращення доступності таких елементів як фосфор, марганець, цинк, залізо, але з іншого – може зменшитися доступність для рослин молібдену. Застосування цього амонійного добрива на ґрунтах із занадто низьким рН є небажаним, щоб не погіршувати ситуацію далі. До того ж амоній здатний здійснювати вплив на коріння рослин, сприяючи його кращому розростанню. При цьому мова йде про утворення більшої кількості бокових коренів, які покращують засвоєння поживних речовин. Амонійна форма азоту має сильну «привабливу» дію для коріння, тому її можна успішно використовувати при глибокому удобренні, відкладаючи добрива концентровано на глибині у формі стрічки і попереджаючи таким чином зв'язування більшої частини амонію на іонообмін-

**Амонійна форма азоту має сильну «привабливу» дію для коріння, тому її можна успішно використовувати при глибокому удобренні, відкладаючи добрива концентровано на глибині у формі стрічки**

никах. Окрім впливу на коріння, амоній також здатний зміцнювати клітинні стінки, сприяючи тому, що рослини стають витривалішими, краще переносять заморозки, зменшується ризик захворювань та втрат при зберіганні. Порівняно з цим нітратна форма азоту здатна зовсім по-іншому впливати на рослину. Так, через відсутність з'єднання на іонообмінниках нітрат у великій кількості міститься у ґрунтового розчину і швидко всмоктується рослинами. На відміну від амонію, нітрат сприяє більш довгому відростанню бокового коріння, хоча «привабливою» дії в нього не спостерігається. Через це відкласти його у стрічці добрива при підкореновому підживленні на великій глибині недоцільно. До того ж нітрат значно впливає на фізіологію і ріст рослин. Він сприяє збільшенню розміру клітин, їх подовженню, в результаті чого клітинна стінка потоншується. В результаті зростає ризик пошкодження рослинної тканини, захворювань та втрат при зберіганні. До того ж нітрат сприяє збільшенню вмісту у клітинах рідини, в результаті чого зростає їх чутливість до заморозків. Це зумовлює недоцільність використання великого об'єму нітратних добрив при ненадійних погодних умовах ранньої весни. Разом із тим

нітратний азот довший час залишає рослину зеленою, тож великі об'єми нітратів незадовго до часу дозрівання є теж вкрай небажаними. Вони перешкоджатимуть повному перенесенню асимілятів до зерна і лишатимуть зелену соломку і дрібне насіння. Так, надлишок нітрату знижує врожайність і якість врожаю перш за все через зниження вмісту протеїну. Ця дія нітратного азоту зумовлена здатністю його до підвищення рівня цитокінінів. До того ж нітрат погано перерозподіляється в рослині: він майже одразу перенесеться у органи транспірації – листя, де його надлишок фіксується у клітинних вакуолях, які руйнуються тільки після відмирання тканини. Таким чином, хоча значний об'єм нітратів і потрапляє до рослини, але якщо надлишок елемента відклався у вакуолях, рослина не зможе його використати, доки ці клітини не відірвуть. Необхідний об'єм добрива може бути внесений, але не подіяти тоді, коли на нього була велика надія.

В Європі наразі вже розроблені певні види азотних добрив, які містять у собі речовини, що уповільнюють перетворення різних форм азоту. Це дає можливість певний час зберігати бажану форму у ґрунті в незмінному стані. Прикладами цього можуть бути як добрива з сечовиною, що є стабільними до дії ферменту уреаз, так і амонійні добрива, що довший час зберігають амонійну форму і не допускають перетворення її на нітрат. Застосування таких «стабілізованих» добрив дає змогу легше регулювати удобрення рослин і по можливості попереджати небажані ефекти від окремих азотних форм. До того ж використання, наприклад, стабілізованої сечовини може бути дуже цікавим на збіднелих на поживні речовини ґрунтах для попередження фіксації на іонообмінниках амонію. Стабілізована форма амонію може мати значні переваги при застосуванні її у концентрованих стрічках добрива для глибокого підкоренового підживлення і стимулювання глибокого прокорінення рослин. Таким чином, необхідна посівам кількість азоту у добривах розраховується з урахуванням багатьох факторів, таких як вид культури і її потенційна врожайність, вимоги до якості врожаю, залишковий азот у ґрунті, кількість мінералізованого і мобілізованого азоту, тощо. При цьому ефективність застосування азотних добрив значно залежить від правильного вибору їх форми. Це дає можливість не тільки економити добрива, а й використовувати їх на різних посівах у різний час у найбільш підходящому вигляді з найвищою користю. А от використовувати цей потенціал чи ні, залежить від планування своєї роботи самим господарством. 🌱