Лекція: Біологічний азот у землеробстві

Дисципліна: «Сільськогосподарська мікробіологія» **Спеціальність:** «Агрономія»

План

1. Значення азоту для рослин.
2. Роль бобових рослин у підвищенні родючості ґрунту.
3. Азотфіксувальні мікроорганізми як одна з ланок органо-біологічного землеробства.

Атмосфера містить значні запаси молекулярного азоту - N_2, але більшість рослин не може безпосередньо використовувати його. Для включення азоту в біологічний кругообіг його потрібно перетворити на доступніші сполуки. Одним із природних шляхів такого перетворення є **біологічна азотфіксація** — відновлення N_2 до аміаку за участю ферменту нітрогенази в певних мікроорганізмів.

Азотфіксація відбувається у вільноживучих мікроорганізмів і в симбіозі між мікроорганізмами та рослинами. Для землеробства особливо важливий симбіоз бобових культур із бульбочковими бактеріями.

1. Значення азоту для рослин

Азот - один із головних елементів живлення рослин. Він потрібен для утворення:

- амінокислот і білків;
- нуклеїнових кислот ДНК і РНК;
- хлорофілу;
- багатьох ферментів, коферментів і регуляторних сполук.

За нестачі азоту рослини часто повільніше ростуть, утворюють меншу листкову поверхню, а старіші листки можуть жовтіти. Надмірне азотне живлення також небажане: воно може сприяти надмірному росту вегетативної маси, затримувати достигання окремих культур і підвищувати ризик втрат азоту з ґрунту.

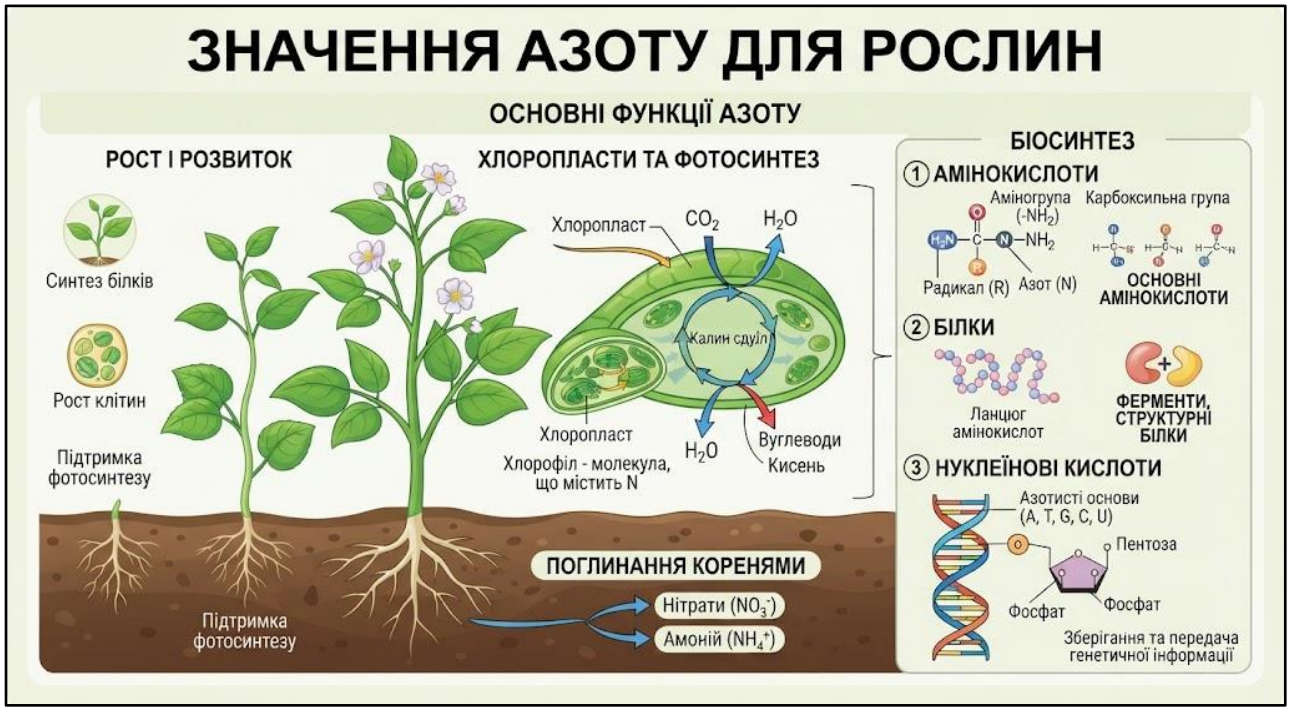
Форми азоту й доступність рослинам

Рослини засвоюють азот переважно у вигляді:

- амонію — NH_4^+;
- нітрату — NO_3^-.

Органічний азот рослинних решток, гною та компосту зазвичай стає доступнішим після мікробного розкладання. Мікроорганізми беруть участь у переходах між органічними та мінеральними формами азоту:

органічний азот → амоній → нітрит → нітрат



Водночас нітрат може вимиватися з ґрунту або за нестачі кисню переходити в газоподібні сполуки в процесі денітрифікації. Тому значення має не лише загальна кількість азоту, а й те, у якій формі та коли він стає доступним рослині.

2. Роль бобових рослин у підвищенні родючості ґрунту

2.1. Симбіоз бобових із бульбочковими бактеріями

Багато бобових рослин утворюють симбіоз із бактеріями, які заселяють їхні корені й формують **бульбочки**. Бактерії отримують від рослини вуглеводи та інші органічні сполуки, а рослина використовує азот, зафіксований з атмосфери.

У різних бобових культур із симбіозом пов’язані різні групи ризобій. Здатність утворювати ефективні бульбочки залежить від сумісності конкретної рослини з бактеріальним штамом. Тому не кожен інокулянт підходить для кожної бобової культури.

2.2. Як утворюються бульбочки

Симбіоз формується поетапно:

1. Корінь виділяє хімічні сигнали, які сприймають сумісні бактерії.

2. Бактерії прикріплюються до кореневих волосків; відбуваються взаємні сигнальні зміни.

3. Бактерії проникають у тканини кореня, а клітини рослини формують бульбочку.

4. Усередині бульбочки бактерії переходять у спеціалізовану форму та фіксують азот.

5. Рослина використовує азот для синтезу власних сполук, а бактерії отримують вуглецеве живлення від рослини.

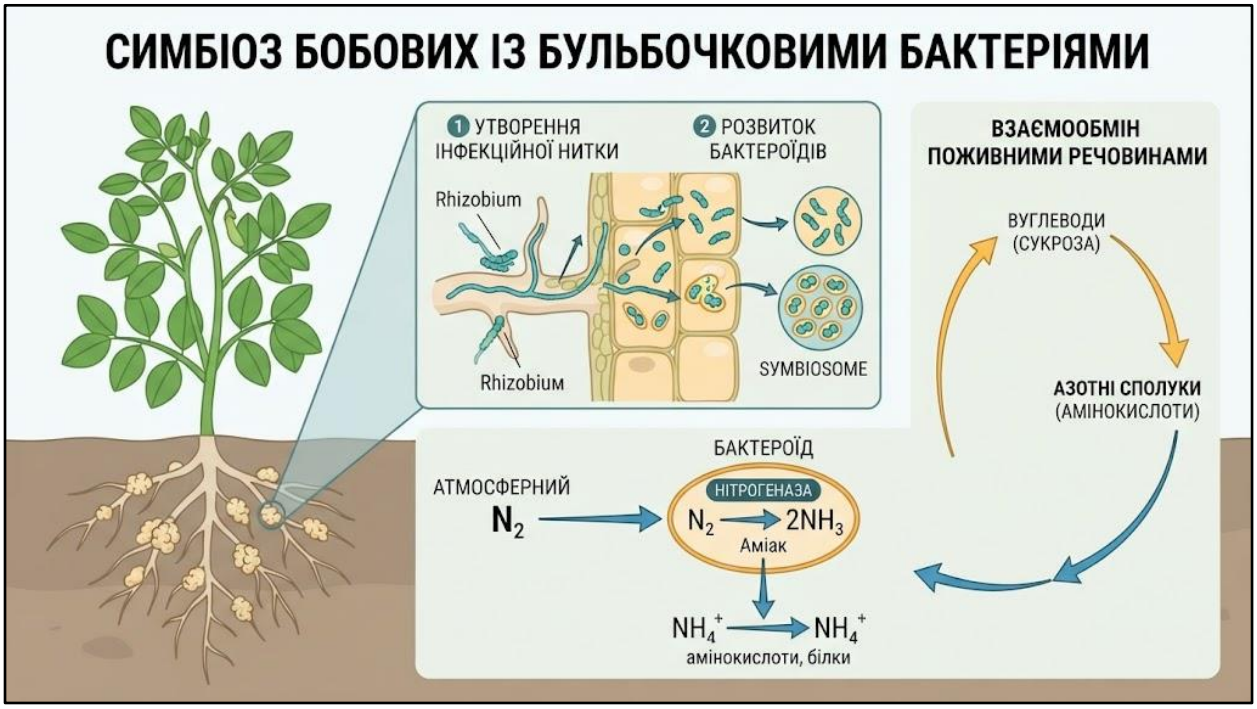
2.3. Біохімічна суть азотфіксації

У спрощеному вигляді перетворення можна записати так:

$N_2 \rightarrow NH_3$

Реакція потребує енергії та відновлювальної сили. Її каталізує ферментний комплекс **нітрогеназа**. Цей фермент чутливий до кисню, тому бульбочка має підтримувати умови, за яких бактерії отримують енергію для роботи, але нітрогеназа не втрачає активності.

У бульбочках цьому сприяють спеціальні фізіологічні механізми рослини й бактерій. Сам процес потребує значних витрат енергії, яку рослина забезпечує продуктами фотосинтезу.



2.4. Як бобові впливають на азотний режим поля

Бобові культури можуть підвищувати надходження біологічно зв’язаного азоту в агроекосистему. Подальша доля цього азоту залежить від того, де він накопичився і що відбувається з урожаєм:

- азот у зерні або кормовій масі може бути вивезений із поля;
- частина азоту залишається в коренях, бульбочках і рослинних рештках;
- після розкладання решток азот переходить у форми, доступні наступним культурам;
- за певних умов частина азоту може втрачатися через вимивання або газоподібні процеси.

Тому бобові не обов'язково залишають у ґрунті стільки азоту, скільки зафіксували. На баланс впливають урожайність, збирання зеленої маси чи зерна, кількість решток, їхнє співвідношення вуглецю до азоту, погода й подальший обробіток.

2.5. Інші переваги бобових культур

Крім біологічної азотфіксації, бобові в сівозміні можуть:

- урізноманітнювати чергування культур;
- залишати органічні рештки й кореневу масу;
- прикривати поверхню ґрунту як покривні культури;
- сприяти зменшенню ерозії та пригніченню бур'янів;
- поліпшувати структуру ґрунту завдяки кореням;
- створювати інші умови для ґрунтових мікроорганізмів порівняно зі злаковими культурами.

Огляд досліджень бобових покривних культур описує їхній зв'язок із біологічною азотфіксацією, органічною речовиною, активністю ґрунтових мікроорганізмів і фізичними властивостями ґрунту.

4. Азотфіксувальні мікроорганізми як одна з ланок органо-біологічного землеробства

3.1. Основні групи азотфіксувальних мікроорганізмів

Група	Спосіб життя	Значення
Бульбочкові бактерії (ризобії)	Симбіоз із бобовими рослинами	Фіксують N_2 у бульбочках і забезпечують азотом рослину-господаря
Вільноживучі бактерії, зокрема *Azotobacter*	Живуть у ґрунті без обов'язкового симбіозу	Фіксують азот за наявності придатних умов і джерел енергії
Асоціативні бактерії, зокрема *Azospirillum*	Пов'язані з коренями й ризосферою	Можуть фіксувати азот і впливати на розвиток коренів; ефект залежить від штаму й умов
Деякі ціанобактерії	Живуть у вологих ґрунтах або водних системах	Фіксують азот у певних екосистемах, зокрема в рисових системах

Група	Спосіб життя	Значення
Актинобактерії роду *Frankia*	Симбіоз із деякими деревними рослинами	Фіксують азот у бульбочках не на бобових рослинах

Для агрономії найважливішим практичним прикладом є симбіоз бобових із ризобіями. Вільноживучі й асоціативні азотфіксатори також важливі, але їхній внесок у живлення конкретної культури не слід автоматично прирівнювати до ефекту ефективного бульбочкового симбіозу.

3.2. Місце біологічної азотфіксації в органо-біологічному землеробстві

Органо-біологічне землеробство спирається на управління біологічними процесами ґрунту, чергування культур, повернення органічних решток і збалансоване використання ресурсів. Біологічна азотфіксація є однією з ланок цієї системи, оскільки переводить атмосферний азот у біологічно зв’язані форми.

Практичні підходи можуть включати:

- чергування бобових і небобових культур;
- використання бобових у покривних посівах або як сидератів;
- збереження й раціональне використання кореневих і надземних решток;
- внесення відповідного інокулянту, якщо в ґрунті недостатньо ефективних сумісних бактерій;
- підтримання належного pH і забезпечення фосфором та іншими потрібними елементами;
- коригування азотного удобрення з урахуванням попередника та очікуваного внеску решток.

3.3. Чинники, що обмежують азотфіксацію

Ефективність симбіозу залежить від:

- наявності сумісних і активних ризобій;
- виду та сорту бобової культури;
- кислотності ґрунту;
- забезпеченості фосфором та іншими елементами;
- вологості й температури;
- ущільнення та аерації ґрунту;
- рівня доступного мінерального азоту;
- стану рослини й умов її фотосинтезу.

Високий рівень мінерального азоту в ґрунті може зменшити потребу рослини в симбіозі та пригнічувати утворення бульбочок або інтенсивність фіксації. Натомість дефіцит води, несприятлива кислотність чи нестача фосфору можуть обмежити як ріст рослини, так і діяльність бактерій.

3.4. Інокуляція насіння ризобіями

Передпосівну інокуляцію застосовують, коли потрібно внести ефективні, сумісні з культурою штами. Результат залежить від:

- правильного добору препарату для конкретної культури;
- якості та строку придатності інокулянту;
- дотримання інструкції з обробки насіння;
- сумісності з протруйниками та іншими препаратами;
- умов зберігання насіння після інокуляції;
- ґрунтових умов після сівби.

Інокуляція не усуває несприятливу кислотність, дефіцит вологи чи інші обмеження. Перед її застосуванням важливо оцінити історію поля та ймовірність наявності ефективних місцевих ризобій.

3.5. Як оцінити, чи працює симбіоз

Практичні ознаки активного симбіозу:

- на коренях є бульбочки;
- бульбочки розташовані на різних ділянках кореневої системи;
- внутрішня тканина активної бульбочки часто має рожеве або червонувате забарвлення;
- рослина розвивається без характерних ознак азотного голодування за належних інших умов.

Самої наявності бульбочок недостатньо: вони можуть бути малоефективними. Для повнішої оцінки враховують стан рослини, кількість і розміщення бульбочок, їхню активність, урожайність і, за потреби, результати лабораторних аналізів.

Практичний приклад для сівозміни

Після вирощування зернобобової культури наступна культура може використовувати частину азоту, що залишився в коренях і рослинних рештках. Але розрахунок азотного живлення має враховувати:

1. чи була культура бобовою і чи сформувала активні бульбочки;
2. яку частину біомаси вивезли з поля;
3. скільки кореневих і надземних решток залишилося;
4. як швидко вони розкладатимуться;
5. які втрати азоту можливі за вологості й дренажу конкретного поля.

Такий підхід дає змогу планувати удобрення точніше й зменшувати ризик як дефіциту азоту для наступної культури, так і надлишкового внесення.

Основні висновки

- Азот потрібний рослині для синтезу білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу та ферментів.
- Біологічна азотфіксація перетворює атмосферний N_2 на сполуки, що входять до біологічного кругообігу.
- Бобові культури фіксують азот у симбіозі з сумісними бульбочковими бактеріями.
- Азотний ефект бобової культури залежить від того, скільки біомаси й азоту залишилося на полі, а скільки було вивезено з урожаєм.
- Азотфіксація залежить від сумісності рослини й бактерії, pH, вологості, температури, забезпечення поживними елементами та рівня мінерального азоту.
- У землеробстві біологічна азотфіксація найбільш ефективна як частина продуманої системи: сівозміни, покривних культур, повернення решток і збалансованого удобрення.

Запитання для самоконтролю

1. Які основні функції виконує азот у рослині?
2. Що таке біологічна азотфіксація і який фермент забезпечує цей процес?
3. Як відбувається симбіоз бобової рослини з бульбочковими бактеріями?
4. Чому врожай бобової культури не завжди залишає весь зафіксований азот у ґрунті?
5. Які умови можуть обмежувати утворення бульбочок і фіксацію азоту?
6. Коли й навіщо проводять інокуляцію насіння ризобіями?