

Fixarea biologică a azotului prin plantele leguminoase

Înțelegerea procesului



Anelia Iantcheva și Galina Naydenova

În natură, fixarea biologică a azotului (FBA) asigură cea mai mare parte a cantității de azot reactiv necesară pentru formarea proteinelor și creșterea plantelor. Luând în considerare faptul că plantele leguminoase fixează azotul în sol, înțelegerea procesului FBA reprezintă baza procesului decizional în legumicultura.

Leguminoasele sunt cele mai importante gazde pentru BNF în ecosistemele terestre, în special cele agricole. Azotul fixat de leguminoase reprezintă o alternativă pentru azotul fixat sintetic prin îngrășăminte. Datorită FBA, introducerea leguminoaselor în sistemele de cultură reduce volumul de emisii dăunătoare rezultate din ciclul azotului agricol, în special cele de protoxid de azot (N_2O) – un puternic gaz cu efect de seră.

Rezultatul

Efectul direct al unei FBA îmbunătățite implică obținerea unor culturi cu randament mai ridicat, deseori asociate cu un conținut proteic sporit. Circa 800.000 de tone de nitrogen (N_2) din aer sunt fixate anual în rezultatul FBA prin cerealele și leguminoasele furajere cultivate în Uniunea Europeană. Principalele leguminoase pentru boabe (soia, mazărea și fasolea) asigură circa o treime din cantitatea respectivă. Un nivel înalt al BNF constituie fundamentul pentru obținerea unei producții optime și durabile.

Succesul agronomic al culturilor de leguminoase pentru boabe depinde, în mare măsură, de cantitatea de azot fixată în nodulii sistemului radicular al plantelor. Acest lucru determină importanța creării și menținerii unei simbioze adecvate între planta gazdă și bacteriile din genul *Rhizobium* și *Bradyrhizobium*.

Cantitatea totală de azot fixată variază, de obicei, de la 100 la 300 kg N/ha, în funcție de așa factori

Aplicabilitatea

Subiectul: Nutriția plantelor cu azot

Destinatari: Agricultorii

Locația: Toate terenurile arabile

Perioada: Pa parcursul ciclului de cultivare

Impactul: Plante leguminoase ameliorate

ca soiurile de leguminoase (și cultivar), durata sezonului de creștere și condițiile de mediu.

Simbioza dintre bacteriile solului și leguminoase promovează absorbția azotului de către plante și îmbogățește solul cu azot prin exudatul radicular și reziduuri, fapt ce reprezintă leguminoasele ca fiind plante precursorare preferate pentru multe culturi.

Cultivarea leguminoaselor reprezintă o cale accesibilă și ieftină de îmbogățire a solului cu azot. Includerea lor în rotațiile culturilor creează condiții favorabile pentru cultivarea culturilor ulterioare, cu utilizarea redusă a îngrășămintelor sintetice cu azot.



Imaginea 1. O fotografie de aproape a unui nodul despicat care arată culoarea caracteristică roz. Acest lucru indică stabilirea cu succes a rizobului și fixarea biologică a azotului activ. Fotografie: www.gartensoja.de

Fixarea biologică a azotului necesită energie

Fixarea biologică a azotului reprezintă un proces fascinant. Rizobul invadează rădăcinile plantelor leguminoase gazdă compatibile, determinând dezvoltarea unor structuri radiculare specializate, cunoscute ca noduli. La nivelul nodulului, bacteriile reduc N_2 la amoniac folosind complexul de enzime de nitrogenaze, care este produs în interiorul bacteriei. Pentru ca FBA să progreseze, nitrogenaza trebuie să fie protejată de oxigen. Nodulii radiculari protejează procesul bazat pe nitrogenază de oxigen folosind o proteină legată de fier, numită leghemoglobină.

Leghemoglobina controlează concentrația de oxigen liber în citoplasma celulelor vegetale infectate, protejând nitrogenaza de oxigen, permițând, în același timp, furnizarea de oxigen pentru respirație în țesutul rădăcinii în scopul asigurării energiei necesare. O parte fascinantă a acestui ciclu este leghemoglobina, care este strâns legată de hemoglobina din sânge, care are funcția similară de transport al oxigenului. La fel ca hemoglobina, leghemoglobina este roșie atunci când e încărcată cu oxigen. Acest lucru explică de ce nodulii radiculari sănătoși sunt roz. Prezența unui număr mare de noduli de culoare roz la separare este un indicator fiabil al stabilirii cu succes a FBA în leguminoase (Imaginea 1).

Rolul leghemoglobinei și consecințe practice

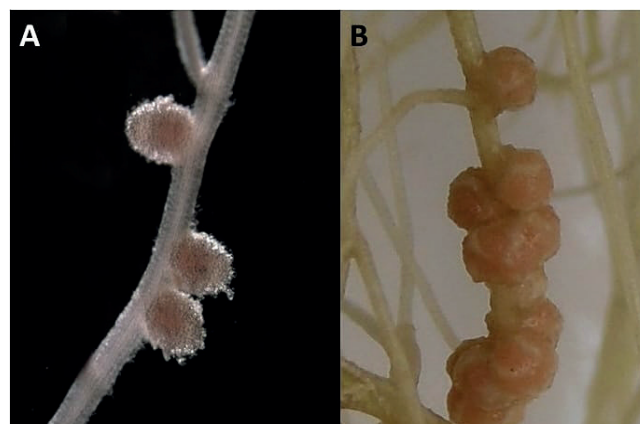
Pentru FBA, conversia fiecărei molecule N_2 în doi ioni de amoniu NH_4^+ necesită 16 molecule ATP. Rezultatul final este că această conversie necesită energie din planta leguminoasă gazdă. Fixarea simbiotică a azotului utilizează circa 4%-16% din fotosintatul plantei gazdă în cazul plantelor de fasole și soia. Acest cost energetic reprezintă unul din motivele din cauza cărora leguminoasele pentru boabe au un randament mai mic ca culturile cerealiere comparabile. Or, în condiții bune de creștere, boabele de fasole și soia compensează necesarul de energie pentru FBA, stimulând, în continuare, creșterea.

Stabilirea simbiozei

Stabilirea simbiozei începe cu îndepărtarea flavonoidelor de către bacterie din planta leguminoasă gazdă. Acest lucru stimulează sinteza unor molecule de semnalizare specifice în bacterii, numite „factori nod”. Factorii de nodulare sunt necesari atât pentru invazia bacteriană, cât și pentru formarea nodulilor.

Structura moleculară a factorilor de nodulare este specifică diferitelor specii de Rhizobium. Bacteriile rizobiene se atașează de vârfurile firelor radiculare, determinând răsucirea acestora, formând o structură de „fir de infecție” care permite bacteriilor să ajungă la celulele rădăcinii plantei gazdă. Firul de infecție crește către centrul rădăcinii și bacteriile sunt eliberate în celulele nodulului rădăcinii nou format, unde are loc fixarea azotului. Bacteriile stimulează celulele plantei gazdă să producă leghemoglobina. Azotul fixat este apoi disponibil pentru întreaga plantă gazdă, iar, în rezultat, plantele leguminoase cu randament sporit nu necesită azot din îngrășămintele.

Plantele leguminoase formează două tipuri de noduli: în formă ovoidă nedeterminată și în formă rotundă determinată (Imaginea 2).



Imaginea 2. Forma nodulilor la leguminoase. A - nedeterminată; B-determinată. Fotografie: AgroBioInstitute

Nodulii sunt bogați în fier și proteine, asigurând o sursă bogată de hrană pentru larvele anumitor gărgărițe (*Sitona lineatus* și alte specii de *Sitona*). La fel, leghemoglobina este atât de asemănătoare cu sângele de mamifere, încât este utilizată în produsele de substituție din carne.



Imaginea 3. Rădăcini nodulate ale plantelor de soia din câmp. Fotografie: Leopold Rittler (Donau Soja).

Este importantă prezența bacteriilor potrivite

Specificul factorilor de nodulare implică tipul specific, pentru fiecare leguminoasă, de bacterii simbiotice din familia Rhizobiaceae: *Rhizobium leguminosarum* pentru mazăre, fasole, vâtrici și linte; *Rhizobium phaseoli* pentru fasole comună; *Rhizobium ciceri* pentru năut; *Sinorhizobium meliloti* pentru lucernă și alte plante medicinale, melilot galben și schinduf; *Rhizobium trifolii* pentru trifoi; *Bradyrhizobium lupini* pentru lupini; *Mesorhizobium loti* pentru sulla și trifoi; *Rhizobium vigna* pentru fasoliță și alte specii de *Vigna*, arahide; *Rhizobium simplex* pentru sparțetă; *Bradyrhizobium japonicum* pentru soia (Figura 3).

Aspecte practice cheie

Stabilirea simbiozei dintre bacteriile care fixează azotul și planta leguminoasă gazdă constituie un obiectiv cheie pentru fiecare fermier care cultivă leguminoase. În plus față de calea naturală, un proces BNF semnificativ poate fi obținut prin inocularea semințelor cu o tulpină adecvată a bacteriilor care fixează azotul. O astfel de inoculare este esențială pentru soia, deoarece solurile europene nu conțin speciile necesare. Spre deosebire, solurile europene conțin tulpini care infectează mazărea, fasolea, fasolea obișnuită și trifoiul, astfel încât răspunsul la inoculare este foarte variabil. În unele situații,

tulpinile locale naturale de bacterii fixatoare de azot din sol lipsesc sau au o activitate redusă de fixare a azotului. Acest lucru necesită introducerea în sol a unor tulpini selectate de bacterii de fixare a azotului, caracterizate prin activitate înaltă de fixare a azotului. Modul în care astfel de proces se aplică în cazul soiei este descris detaliat în Nota Practică 1 a Legumes Translated.

Celelalte aspecte practice care decurg din aceste procese biologice vizează necesitatea de a proteja nodulii rădăcinii. Adulții gărgăriței de mazăre și fasole (*Sitona* spp.) mănâncă frunzele, dar acest lucru nu afectează grav productivitatea culturilor. Pagube mai mari sunt determinate de larvele care se hrănesc cu noduli. Controlul lor este important în cazul în care se atestă un nivel înalt de infestare. În unele situații este necesară aplicarea măsurilor de management integrat al dăunătorilor în cazul *Sitona* spp., inclusiv utilizarea controlului biologic și a capcanelor cu feromoni. Aceste măsuri urmează a fi aplicate în conformitate cu cele mai bune practici și reglementări locale.

Datorită cerințelor de energie implicate în cadrul procesului, asigurarea unei creșteri optime a culturii este fundamentală pentru atingerea unor niveluri înalte de BNF, care, la rândul său, sprijină creșterea culturilor în continuare. Acest ciclu pozitiv explică modul în care culturile de leguminoase cu randament ridicat sunt produse în condiții de creștere bune, fără alte surse de azot.

Informații ulterioare

AgroBioInstitute, Academia Agricolă, Bulgaria furnizează inoculanți pentru soia, lucernă și trifoi. Academia Agricolă furnizează semințe de bază din soiurile bulgărești de soia, lucernă, fasole, linte și mazăre de grădină și furajeră.

Pommeresche, R. and Hansen, S., 2017. Examining root nodule activity on legumes. FertilCrop Technical Note. Research Institut of Organic Agriculture (FiBL) and Norwegian Centre for Organic Agriculture (NORSØK), Frick and Tingvoll. Available at <https://orgprints.org/31344/>

Von Beesten, F., Miersch, M. and Recknagel, J., 2019. Inoculation of soybean seed. Legumes Translated Practice Note 1. www.legumestranslated.eu

Surse

Murphy-Bokern, D., Peeters, A. and Westhoek, H., 2017. The role of legumes in bringing protein to the table. In: Murphy-Bokern, D., Stoddard, F., and Watson, C. (Eds.). Legumes in cropping systems. CABI.

Wagner, S. C., 2011 Biological Nitrogen Fixation. Nature Education Knowledge 3(10):15

Despre această Notă Practică și Legumes Translated

Autori: Anelia Iantcheva și Galina Naydenova

Editor: AgroBioInstitute (ABI), Bulgaria

Producție: Donau Soja

Permalink: www.zenodo.org/record/6303100

Drepturi de autor: © Autori, 2022. Reproducerea și diseminarea este permisă în scopuri necomerciale cu condiția ca autorii și sursa să fie pe deplin recunoscute.

Această Notă Practică a fost pregătită în cadrul Proiectului Legumes Translated finanțat de Uniunea Europeană prin Orizont 2020, grant proiect nr. 817634

Ссылки: Iantcheva A. and Naydenova G., 2022. Fixarea biologică a azotului prin plantele leguminoase. Legumes Translated Practice Note 53, AgroBioInstitute, Bulgaria. www.legumestranslated.eu

Conținutul reprezintă în exclusivitate responsabilitatea autorilor. Nu există garanții, exprimate sau implicite, cu privire la informațiile prezentate. Informația privind utilizarea produselor fitosanitare (pesticide) urmează a fi verificată conform etichetei produsului sau altor surse privind informația de înregistrare a produsului.



This project is funded
by the European Union

