

Udruge biljaka i diazotrofa mogle bi smanjiti potrebu N-gnojidbe

Dušik je esencijalni element ishrane koji je neophodan za normalno funkcioniranje svake žive stanice jer je sastavni dio aminokiselina, bjelančevina, nukleinskih kiselina i hormona, ali i mnogih drugih konstituenata živih stanica. Na njemu se temelji nasljeđivanje (DNK i RNK), imunološki sustav, rast i dr. [Ljudi i životinje, za razliku od biljaka, ne mogu sintetizirati organske molekule s dušikom](#) te ih moraju unositi hranom, dok biljke usvajaju iz okoliša mineralne oblike dušika (NH_4^+ i NO_3^-) za sintezu organskih spojeva.

[Zbog vrlo promjenjive \(po vremenu i dubini soluma\) i nedovoljne raspoloživosti dušika u tlu biljna se proizvodnja nužno oslanja na gnojidbu N-gnojivima](#), koja, osim što skupa, onečišćuju okoliš. Naime, [agronomska efikasnost gnojidbe dušikom \(dio usvojen usjevom\) najčešće je između 30 i 70 %](#), ovisno od doze, vrste gnojiva (nitratni, amonijski ili amidni oblik), vremena i načina primjene, kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla te trenutne potrebe biljaka, često je suviše niska, osobito kod primjene visokih N-doza pa suvišak i/ili neusvojeni dio dušika iz tla šteti okolišu ([putem ispiranja, sapiranja, volatizacije amonijaka i denitrifikacije nitrata](#)).

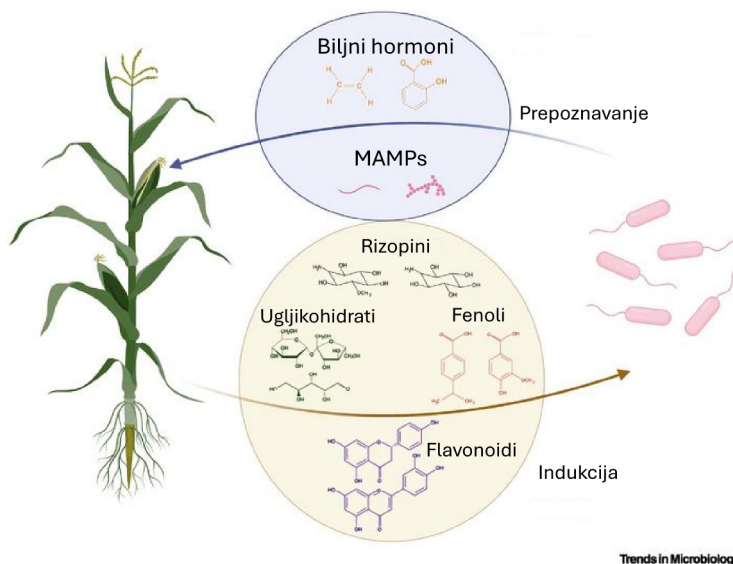
[U preglednom nedavno objavljenom članku tim bakteriologa i biljnih znanstvenika raspravlja o mogućnosti korištenja genetskog inženjeringa za poboljšavanje međusobnih odnosa između biljaka i diazotrofa](#). Diazotrofi su mikroorganizmi fiksatori, a mogu biti *simbiotski* i *nesimbiotski*, *anaerobni* i *aerobni*, uglavnom bakterije, arheje, cijanobakterije (modrozelenoalge) i neke gljivice koji mogu uz pomoć energije oslobođene oksidacijom organske tvari tla vezati atmosferski molekularni N_2 i koristiti ga za svoje potrebe, a višak prepustiti biljkama s kojima neke žive u simbiozi. Genetski inženjering može olakšati asocijaciju biljaka i diazotrofa što bi pomoglo mnogim usjevima, a ne samo mahunarkama, da mogu usvajati dušik koji potječe iz atmosfere. [Genetski modificirani asocijativni diazotrofi za opskrbu usjevima dušikom nude relativno brzo izvedivo rješenje za probleme visoke cijene i održivosti povezane primjene sintetičkih dušičnim gnojivima](#).

Udruga biljaka i mikroba označava se pojmom *mutualizam* ([vrsta simbioze dva organizama različitih vrsta u kojoj svaka jedinka ima koristi od aktivnosti druge](#)) jer predstavlja područje dvosmjernog protoka metabolita. U *rizosferi* korijenske izlučevine (eksudati) različitih biljnih vrsta privlače specifične mikroorganizme tla osiguravajući im izvor ugljika, uglavnom ugljikohidrata, dikarboksilne kiseline i aminokiselina. Genetski projektirane asocijacije biljaka i mikroorganizama pomogle bi usjevima da dobiju dušik iz zraka oponašajući simbiozu mahunarki i bakterija iz grupe diazotrofa. Prema gore spomenutom članku "[Scripting a new dialogue between diazotrophs and crops](#)" genetski inženjering asocijativnih diazotrofa za opskrbu usjeva dušikom je relativno brzo ostvarivo rješenje koje bi omogućilo smanjivanje troškova gnojidbe kao i onečišćenja okoliša mineralnim dušikom. Na žalost, *mutualizmi* se javljaju samo kod malog broja biljaka, kao i oskudnog broju vrsta usjeva, pa se genetski inženjering čini vrlo perspektivnim za asocijacije više vrsta biljaka s diazotrofima.

Kako bi se omogućila fiksacija atmosferskog molekularnog dušika (N_2) većeg broja usjeva razmatra se nekoliko različitih metoda, uključujući genetski modificirane biljke tako da same proizvode *enzim nitrogenazu* koji N_2 reducira do amonijaka. Alternativna metoda uključivala bi genetski inženjering metabolizma biljaka i diazotrofa kako bi se olakšala njihova asocijacija, odnosno biljke bi bile projektirane da budu bolji domaćini, a mikrobi da lakše oslobađaju fiksirani dušik kada u rizosferi naiđu na molekule koje izlučuju genetski izmijenjeni biljni domaćini. Naime, diazotrofi uglavnom ne dijele rado usvojeni dušik s biljkama pa je potrebno i njima manipulirati kako bi se ostvarila dvosmjerna signalizacija te bi tako biljke olakšano usvajale amonijski oblik dušika (NH_4^+). Mikrobi *kemoreceptorima* ina-

če osjete metabolite koje biljke izlučuju u tlo, dok biljke mogu prepoznati *molekularne obrasce* povezane s mikrobima (MAMPs) i biljne hormone koji se izlučuju mikrobima (Slika 1.). Ti signalni putevi mogli bi se prilagoditi genetskim inženjeringom kako bi komunikacija bila specifičnija između parova projektiranih biljaka i mikroba te, kako je fiksacija N₂ visokoenergetski proces, omogućiti da mikrobi mogu regulirati fiksaciju dušika i proizvoditi amonijev ion samo kada je to potrebno.

Poznato je kako porast raspoloživosti nitrata iz tla smanjuje nodulaciju leguminoza bakterijama iz roda *Rhizobium* i *Bradyrhizobium*, odnosno stvaranje, rast i funkciju kvržica. Pokazalo se kako mehanizam uključuje više signalnih putova koji pokreću usvajanje nitrata korijenom mahunarki. Tako su nedavno su identificirani specifičniji regulatori funkcije kvržica, iako ostaje nejasno kako su ekološki signali povezani s tim regulatorima. Također, utvrđena je neočekivana uloga cinka kao drugog glasnika koji povezuje okoliš s homeostazom dušika izravnim reguliranjem transkripcijskog regulatora više procesa povezanih sa starenjem kvržica. Ovi rezultati imaju jaku implikaciju na razumijevanje uloga metalnih iona u integraciji ekoloških signala s razvojem biljaka i optimizacije isporuke fiksnog dušika u usjevima mahunarki.



Slika 1. Uobičajeni kemijski signalni mehanizmi sintetskog povezivanja bakterija i GM usjeva

MAMPs: molekularni obrasci povezani s mikrobima; rizopini: spojevi sintetizirani *Rhizobium* bakterijama

Budući da je genetska modifikacija danas, posebno u Europi etički (i zakonski) upitna masovna primjena genetski modificiranih organizama u poljoprivredi zahtijevala bi javno prihvaćanje, posebice jer je tu i pitanje biološke zaštite. Naime, mikrobi lako razmjenjuju genetski materijal unutar i između vrsta pa je potrebno osigurati sprečavanje širenja transgeničnog materijala u izvorne mikrobe u okolnim ekosustavima. To se može osigurati na način da se genetski inženjering mikroorganizama oslanja na molekule koje nisu prirodno dostupne, odnosno da su u genetski modificirane biljke i mikroorganizme ugrađeni *sigurnosni prekidači*, ali takva kontrola mora biti višeslojna budući da svaka mjera ima svoja ograničenja i mora biti testirana u različitim i promjenjivim terenskim uvjetima u kojima se uzgajaju usjevi.

Osijek, 08. srpnja 2024. god.