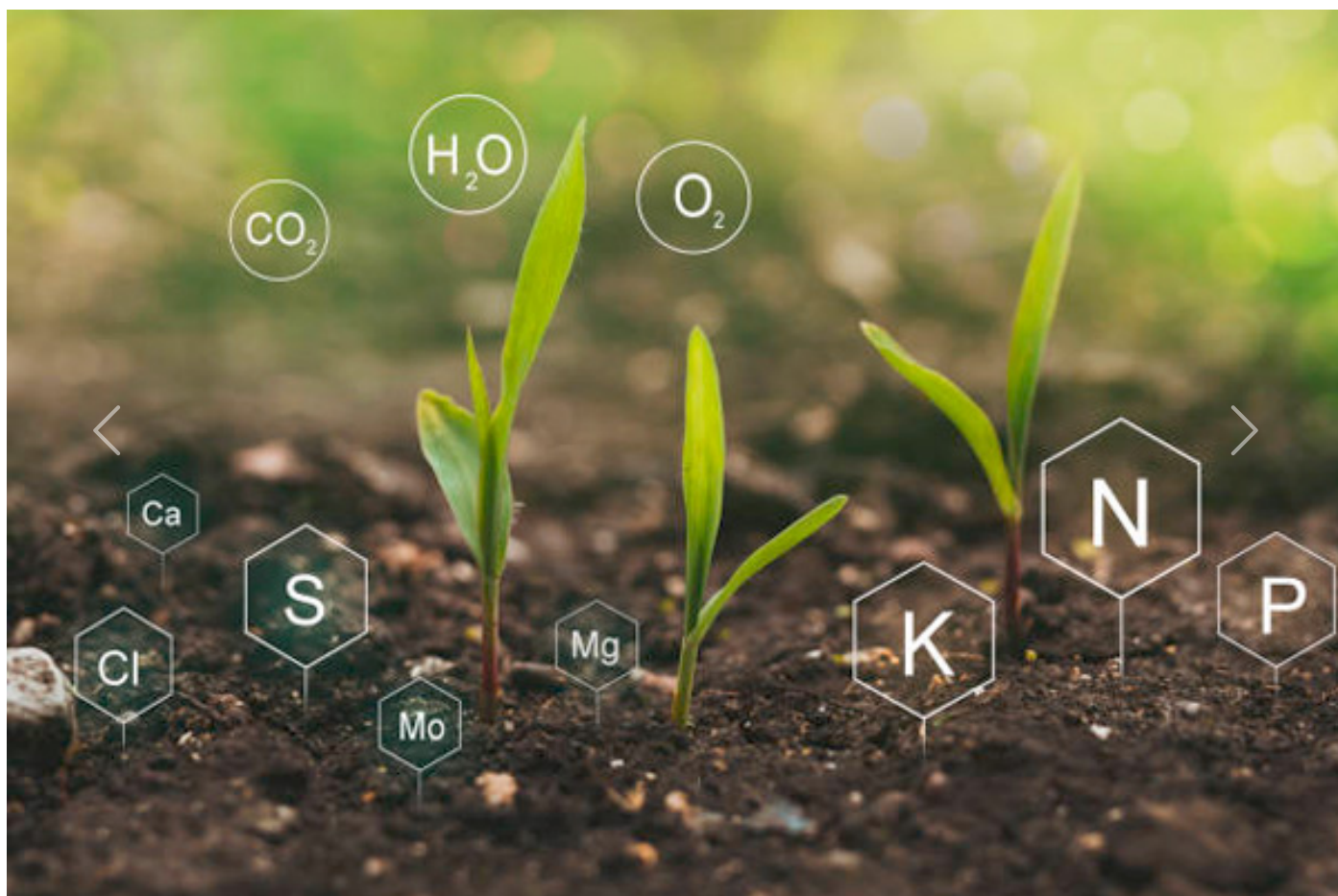


Korisni efekti mikrobijalnih biostimulatora za biljke

Автор(и): проф. Андон Василев, от Аграрния университет в Пловдив; доц.д-р Йорданка Карталска, Аграрен университет, Пловдив; гл. ас. д-р Катя Димитрова, Аграрен университет, Пловдив; Димитър Петков, Аграрен

ООД

Дата: 30.03.2023 **Брой:** 3/2023



Proizvodnja mikrobnih biostimulatora se najčešće obavlja gajenjem mikroorganizama na različitim hranljivim podlogama. Dobijena mikrobna biomasa i metabolički proizvodi se formulišu kao tečni mikrobni preparati (u stabilizovanoj podlozi), kao suvi proizvodi (liofilizacijom) ili se inkorporiraju u specifičan nosač (celuloza, dekstroza, ekspanzirani glineni agregat, itd.) ili u suspenziju.

Mikrobni biostimulatori se primenjuju na seme, zemljište (direktno ili putem navodnjavanja i fertigacije) ili na biljke u toku rasta. Iako mehanizmi delovanja mikrobnih biostimulatora na biljke nisu u potpunosti razjašnjeni,

postoje ubedljivi dokazi o njihovom pozitivnom uticaju na rast biljaka. Danas je prihvaćeno da su njihovi efekti posledica stimulacije različitih procesa, od kojih su glavni sledeći:

- biološka fiksacija azota
- mobilizacija nerastvorljivih fosfata;
- proizvodnja jedinjenja koja heliraju gvožđe;
- proizvodnja hormona i kontrola fitohormonskog statusa.

Korisni efekti bakterija i rizobakterija na biljke

Biološka fiksacija azota je jedan od najpoznatijih efekata simbiotskih (*Rhizobium* spp.) i nekih drugih mikroorganizama (*Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Bacillus polymyxa*, *Gluconoacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia* spp., itd.). Atmosferski azot (N_2 , 78%) je nedostupan biljkama zbog izuzetno stabilne trostruke veze između dva atoma azota. Pomenuti mikroorganizmi, putem enzima nitrogenaze, imaju sposobnost da konvertuju atmosferski azot u amonijumovu formu (NH_4^+) dostupnu biljkama.

Uloga **simbiotske fiksacije azota** u ishrani leguminoza azotom je odavno poznata. Od većeg aktuelnog interesa je sposobnost slobodnoživućih mikroorganizama da podrže ishranu drugih poljoprivrednih kultura azotom. Dostupne informacije u tom pogledu su još uvek ograničene, ali se pretpostavlja da pod povoljnim uslovima mikrobni biostimulatori koji sadrže slobodnoživuce fiksatore azota mogu da obogate zemljište sa 2–3 kg azota po dekaru.

Još jedan mehanizam kojim rizosferne bakterije (PGPR) stimulišu rast biljaka je povećanje dostupnosti fosfora i gvožđa u zemljištu. Iako je ukupni sadržaj fosfora u zemljištu obično visok, samo 0,1% od toga je dostupno biljkama zbog hemijske fiksacije i male rastvorljivosti. Mikroorganizmi omogućavaju biološku transformaciju nerastvorljivih neorganskih i organskih fosfata u forme dostupne biljkama. Oni sintetišu i oslobađaju u zemljišnu sredinu organske kiseline i fosfatne enzime (fosfatazu i fitazu). Organske kiseline povećavaju dostupnost neorganskih fosfata, dok fosfatni enzimi povećavaju dostupnost organskih fosfata. Glavni PGPR koji imaju ovu sposobnost pripadaju rodovima *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Streptomyces*, *Micrococcus*, *Erwinia*, itd. Ovi mikroorganizmi kolektivno proizvode organske kiseline male molekulske mase koje zakiseljavaju zemljišni rastvor i na taj način povećavaju rastvorljivost fosfatnih jona iz jedinjenja koja sadrže fosfor. Rastvaranjem nerastvorljivih fosfata, mikroorganizmi mogu indirektno da asimiliraju značajan deo P iz zemljišnog rastvora. Nakon smrti mikrobni ćelija, fosfor koji se u njima nalazi se oslobađa, što omogućava njegov unos i od strane biljaka i od strane drugih zemljišnih organizama.

Mikroorganizmi koji rastvaraju fosfate ispoljavaju širok spektar metaboličkih funkcija u različitim sredinama, što dovodi do značajno većeg rasta biljaka, poboljšanja zemljišnih svojstava i povećane biološke aktivnosti. Ovi mikroorganizmi takođe učestvuju u fiksaciji atmosferskog azota, ubrzavaju dostupnost drugih mikronutrijenata; proizvode biljne hormone kao što su auksini, citokinini i giberelini; oslobađaju siderofore, cijanovodoničnu kiselinu, enzime i/ili fungicidna jedinjenja kao što su hitinaza, celulaza, proteaza, koji obezbeđuju antagonizam prema fitopatogenim mikroorganizmina.

Veliki deo gvožđa u zemljištima neutralne ili alkalne reakcije je u formi nedostupnoj biljkama, kao što je jon gvožđa(III) Fe(III). Biljke imaju dve strategije za unos gvožđa: **strategija 1** povećanjem njegove rastvorljivosti, praćeno redukcijom u jon gvožđa(II) Fe(II) u membranama korenskih ćelija, i **strategija 2** (uglavnom kod vrsta žitarica) putem eksudacije fitosiderofora koji formiraju helatne komplekse sa Fe(III). Rizosferni mikroorganizmi, slično žitaricama, mogu da olakšaju unos gvožđa od strane biljaka putem sinteze mikrobih siderofora (helatnih jedinjenja male molekulske mase). Bakterije uglavnom proizvode tri grupe siderofora – kateholate, hidroksamate i karboksilate, dok zemljišne gljive proizvode četiri grupe: ferihrome, koprogene, fuzarinine i rodotorulnu kiselinu. Bez obzira na njihovu prirodu, oni formiraju rastvorljive komplekse gvožđa(III) koji učestvuju u asimilaciji gvožđa i njegovom unosu od strane biljaka. Pretpostavlja se da se kompleks Fe(III)–siderofor formira na površini minerala, prenosi u zemljišni rastvor i postaje dostupan za unos od strane drugih organizama. Uloga siderofora nije ograničena samo na povećanje bioraspoloživosti Fe, već uključuje i sposobnost da formiraju komplekse sa drugim esencijalnim elementima (tj. Mo, Mn, Co i Ni) u sredini, poboljšavajući njihov mikrobni unos.

Treći mehanizam kojim mikroorganizmi utiču na biljke je povezan sa proizvodnjom biljnih hormona (ili regulatora rasta), kao i sa kontrolom hormonskog statusa biljaka. Poznato je da fitohormoni kao što su auksini, giberelini, citokinini, etilen, abscizinska kiselina i drugi regulišu brojne fiziološke i morfološke procese u biljkama.

Više puta je utvrđeno da se emisija etilena smanjuje kod inokulisanih biljaka. Etilen je poznat kao hormon starenja. Njegov prekursor u biljkama je 1-aminociklopropan-1-karboksilna kiselina (ACC). Pod uslovima stresa, proizvodnja etilena se povećava, ograničava rast i stimuliše starenje biljaka. ACC deaminaza, koju proizvode mikroorganizmi, ima sposobnost da smanji nivo etilena u inokulisanim biljkama i da povрати procese rasta.

Korisni efekti arbuskularnih mikoriznih gljiva na biljke

Mikoriza (ekto- i arbuskularna) je simbioza između korena 80% kopnenih biljaka i mikoriznih gljiva.

Arbuskularna mikoriza može da igra značajnu ulogu u mineralnoj ishrani biljaka jer formira mrežu hifa koja u velikoj meri povećava zapreminu i kontaktnu površinu korena u zemljištu.



Stvaranje mikorizosfere oko korena dodavanjem mikoriznih proizvoda u zemljište

Poznato je da koren biljaka zauzima ne više od 5–10% unutrašnje zapremine zemljišta; stoga, veliki deo hranljivih materija leži van njihovog doseg. Hife gljiva su tanje od debljine "radnog korena" (0,2–0,3 mm), zbog čega imaju veći kapacitet penetracije u zemljištu i samim tim veći pristup hranljivim materijama i vodi u zemljištu. Kada se uspešno inokulišu mikorizni proizvodi, formira se "mikorizosfera", koja olakšava snabdevanje fosforom, teško dostupnim korenu, i nizom mikronutrijenata. *Glomus spp.* je najrasprostranjeniji rod arbuskularnih mikoriznih gljiva, koji uključuje vrste sa širokom i užom specijalizacijom prema specifičnim biljnim vrstama.

Spisak odobrenih proizvoda za organsko đubrenje u okviru Ekosheme 3

Pomenuti korisni efekti mikroorganizama pružaju osnovu preduzećima da razvijaju i nude odgovarajuće mikrobne biostimulatore na agri-tržištu. Neki od mikrobih proizvoda odobrenih u Bugarskoj sa najavljenim kapacitetom fiksacije azota prikazani su u tabeli.

Mikrobni biostimulatori uključeni u Spisak odobrenih proizvoda u Bugarskoj (2022)

Наименование на препарата	Активен компонент	Количество	Полезни ефекти	Приложение	Доза	Производител/притежател на регистрацията/представител
N-leaf	<i>Methylobacterium spp.</i> - 2 щама <i>Arthrobacter spp.</i> - 1 шам	3x10 ⁹ UFC/ml	азот-фиксация, ензими от азотния цикъл, стимулиране синтеза на растежни хормони, антагонистични действие, производство на ацетон	житни култури, рапица, царевича, слънчоглед, лозя, бобови, картофи и зеленчуци, овощни култури	30-50мл дка	Суми Агро
Амилис	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> - 2 щама	1x10 ⁹ UFC/ml	разграждане на растителни остатъци, фиксиране на атмосферния азот и нитратите, стимулиране растежа на корените, антагонизъм		30-50мл дка	Суми Агро
Мико Апълай ендо макс	<i>Rhizophagus irregularis</i> , <i>Claroideoglossum luteum</i> , <i>Claroideoglossum etunicatum</i> , <i>Claroideoglossum claroideum</i>		повишаване на кореновата маса, ефективно хранене, подобрен воден режим, повишена устойчивост към стрес	пшеница, царевича, слънчоглед, фуражни култури, бобови култури	1 г на дка	Суми Агро
БИО ЕДНО течен	<i>Azotobacter vinelandii</i> , <i>Clostridium pasteurianum</i>		за увеличаване на азотфиксацията в почвата			Био-уан ООД, Гарланд, САЩ/Биокомпост БГ ООД, Разград
НУТРИБИО N/ NUTRIBIO N	<i>Azotobacter salinestris</i> <i>Glomus spp.</i>	1x10 ⁹ UFU/g	азотфиксиращи бактерии и микоризни гъби	полски, зеленчукови, дървета		Производител Ceres Biotics Tech., S. L. Испания удостоверение за регистрация №0412/20.12.2019г. на Меди Плюс Р

						ООД, гр. Пловдив
РИЗОЛ ЗА СОЯ	<i>Bradirhizobium japonicum</i> - 10 ⁹ CFU/ml <i>Azotobacter chroococcum</i> - 10 ⁹ CFU/ml <i>Bacillus subtilis</i> - 10 ⁹ CFU/ml		подобрява усвояемостта на азота чрез фиксирането му		200мл дка	Производител: АГРОУНИК Д.О.О. Сърбия Удостоверение за регистрация №180/10.02.2017г. на ПИРГОС АГРО ООД, гр. Бургас
СВОБОДЕН АЗОТ 100/ FREE N-100	<i>Azotobacter chroococcum</i> - 5x10 ⁹ CFU/ml		подобряване на храненето чрез фиксиране на азота от въздуха		50мл в 10-20л за дка	Производител: GAIAGO SAS, Франция Удостоверение за регистрация №0378/11.06.2019г. на Амитаца ООД, гр. Кресна
ХАЙСТИК ЛЮЦЕРНА	<i>Sinorhizobium meliloti</i> 1x10 ⁹		колонизация на кореновата система и фиксация на атмосферния азот			Производител: Agricultural Specialities Limited, United Kingdom Удостоверение за регистрация №0121-2/15.06.2018г. на БАСФ ЕООД, гр. София

Легенда: CFU/ml, UFC/ml, UFU/g – титър на клетките в съответния препарат, изразени като колоно-образуващи единици на милилитър или грам от продукта