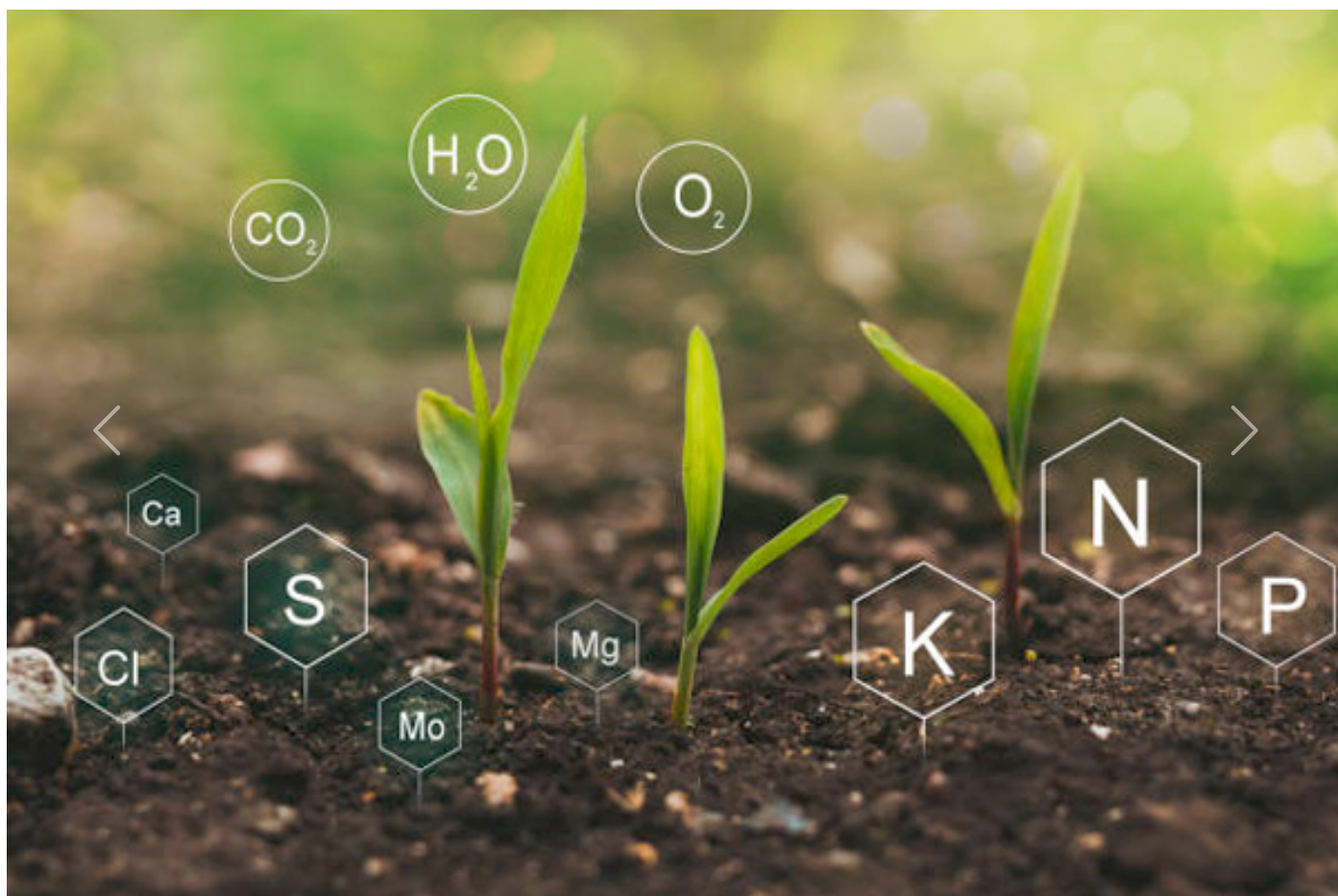


Effets bénéfiques des biostimulants microbiens pour les plantes

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, Агредо

ООД

Дата: 30.03.2023 *Брой:* 3/2023



La production de biostimulants microbiens s'effectue le plus souvent par la culture de micro-organismes sur divers milieux nutritifs. La biomasse microbienne et les produits métaboliques qui en résultent sont formulés sous forme de préparations microbiennes liquides (dans un milieu stabilisé), de produits séchés (par lyophilisation), ou sont incorporés dans un support spécifique (cellulose, dextrose, argile expansée, etc.) ou dans une suspension.

Les biostimulants microbiens sont appliqués sur les semences, le sol (directement ou via l'irrigation et la fertigation), ou sur les plantes en croissance. Bien que les mécanismes d'action des biostimulants microbiens sur les plantes ne soient pas entièrement élucidés, il existe des preuves convaincantes de leur impact positif sur la croissance des plantes. Il est désormais admis que leurs effets sont dus à la stimulation de divers processus, dont les principaux sont les suivants :

- la fixation biologique de l'azote
- la mobilisation des phosphates insolubles ;
- la production de composés chélateurs du fer ;
- la production d'hormones et le contrôle du statut phytohormonal.

Effets bénéfiques des bactéries et rhizobactéries sur les plantes

La fixation biologique de l'azote est l'un des effets les plus connus des micro-organismes symbiotiques (*Rhizobium* spp.) et de certains autres micro-organismes (*Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Bacillus polymyxa*, *Gluconoacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia* spp., etc.). L'azote atmosphérique (N_2 , 78%) est inaccessible aux plantes en raison de la liaison triple extrêmement stable entre les deux atomes d'azote. Les micro-organismes mentionnés ci-dessus, grâce à l'enzyme nitrogénase, ont la capacité de convertir l'azote atmosphérique en forme ammonium (NH_4^+) disponible pour les plantes.

Le rôle de **la fixation symbiotique de l'azote** dans la nutrition azotée des cultures légumineuses est connu depuis longtemps. L'aptitude des micro-organismes libres à soutenir la nutrition azotée d'autres cultures agricoles présente aujourd'hui un intérêt plus grand. Les informations disponibles à cet égard sont encore limitées, mais on suppose que dans des conditions favorables, les biostimulants microbiens contenant des fixateurs d'azote libres peuvent enrichir le sol de 2 à 3 kg d'azote par décare.

Un autre mécanisme par lequel les bactéries de la rhizosphère (PGPR) stimulent la croissance des plantes est l'augmentation de la disponibilité du phosphore et du fer dans le sol. Bien que la teneur totale en phosphore dans le sol soit généralement élevée, seulement 0,1% est disponible pour les plantes en raison de la fixation chimique et de la faible solubilité. Les micro-organismes permettent la transformation biologique des phosphates inorganiques et organiques insolubles en formes disponibles pour les plantes. Ils synthétisent et libèrent dans l'environnement du sol des acides organiques et des enzymes phosphatases (phosphatase et phytase). Les acides organiques augmentent la disponibilité des phosphates inorganiques, tandis que les enzymes phosphatases augmentent la disponibilité des phosphates organiques. Les principaux PGPR ayant cette capacité appartiennent aux genres *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*,

Achromobacter, Streptomyces, Micrococcus, Erwinia, etc. Ces micro-organismes produisent collectivement des acides organiques de faible poids moléculaire qui acidifient la solution du sol et augmentent ainsi la solubilité des ions phosphate provenant des composés contenant du phosphore. En dissolvant les phosphates insolubles, les micro-organismes peuvent assimiler indirectement une partie significative du P de la solution du sol. À la mort des cellules microbiennes, le phosphore qu'elles contiennent est libéré, ce qui permet son absorption à la fois par les plantes et par d'autres organismes du sol.

Les micro-organismes solubilisateurs de phosphate présentent un large éventail de fonctions métaboliques dans différents environnements, ce qui conduit à une croissance végétale significativement plus élevée, à l'amélioration des propriétés du sol et à l'augmentation de l'activité biologique. Ces micro-organismes participent également à la fixation de l'azote atmosphérique, accélèrent la disponibilité d'autres micronutriments, produisent des hormones végétales telles que les auxines, les cytokinines et les gibbérellines ; libèrent des sidérophores, du cyanure d'hydrogène, des enzymes et/ou des composés fongicides comme la chitinase, la cellulase, la protéase, qui assurent un antagonisme contre les micro-organismes phytopathogènes.

Une grande partie du fer dans les sols à réaction neutre ou alcaline se trouve sous une forme non disponible pour les plantes, comme l'ion ferrique Fe(III). Les plantes ont deux stratégies pour l'absorption du fer : **la stratégie 1** en augmentant sa solubilité, suivie d'une réduction en ion ferreux Fe(II) dans les membranes des cellules racinaires, et **la stratégie 2** (principalement chez les espèces céréalières) par l'exsudation de phytosidérophores qui forment des complexes chélates avec le Fe(III). Les micro-organismes rhizosphériques, à l'instar des cultures céréalières, peuvent faciliter l'absorption du fer par les plantes grâce à la synthèse de sidérophores microbiens (composés chélateurs de faible poids moléculaire). Les bactéries produisent principalement trois groupes de sidérophores – les catécholates, les hydroxamates et les carboxylates, tandis que les champignons du sol en produisent quatre : les ferrichromes, les coprogènes, les fusarinines et l'acide rhodotorulique. Quelle que soit leur nature, ils forment des complexes ferriques solubles qui participent à l'assimilation du fer et à son absorption par les plantes. On suppose que le complexe Fe(III)–sidérophore se forme à la surface du minéral, est transféré dans la solution du sol et devient disponible pour l'absorption par d'autres organismes. Le rôle des sidérophores ne se limite pas seulement à augmenter la biodisponibilité du Fe, mais inclut également la capacité à former des complexes avec d'autres éléments essentiels (c'est-à-dire Mo, Mn, Co et Ni) dans l'environnement, améliorant ainsi leur absorption microbienne.

Un troisième mécanisme par lequel les micro-organismes affectent les plantes est lié à la production d'hormones végétales (ou régulateurs de croissance), ainsi qu'au contrôle du statut hormonal des plantes. On sait que les phytohormones telles que les auxines, les gibbérellines, les cytokinines, l'éthylène, l'acide

abscissique et d'autres régulent un certain nombre de processus physiologiques et morphologiques chez les plantes.

Il a été établi à plusieurs reprises que l'émission d'éthylène diminue chez les plantes inoculées. L'éthylène est connu comme l'hormone du vieillissement. Son précurseur chez les plantes est l'acide 1-aminocyclopropane-1-carboxylique (ACC). Dans des conditions de stress, la production d'éthylène augmente, limite la croissance et stimule le vieillissement chez les plantes. L'ACC désaminase, produite par les micro-organismes, a la capacité de réduire les niveaux d'éthylène chez les plantes inoculées et de restaurer les processus de croissance.

Effets bénéfiques des champignons mycorhiziens à arbuscules sur les plantes

La mycorhize (ecto- et arbusculaire) est une symbiose entre les racines de 80% des plantes terrestres et des champignons mycorhiziens. La mycorhize arbusculaire peut jouer un rôle significatif dans la nutrition minérale des plantes car elle forme un réseau d'hyphes qui augmente considérablement le volume et la surface de contact des racines dans le sol.



Création d'une mycorrhizosphère autour des racines par l'ajout de produits mycorhiziens au sol

On sait que les racines des plantes n'occupent pas plus de 5 à 10% du volume interne du sol ; par conséquent, une grande partie des nutriments se trouve hors de leur portée. Les hyphes fongiques sont plus fins que l'épaisseur des "racines actives" (0,2–0,3 mm), ce qui explique pourquoi ils ont une capacité de pénétration plus élevée dans le sol et, par conséquent, un meilleur accès aux nutriments et à l'eau du sol. Lorsque l'inoculation avec des produits mycorhiziens est réussie, une "mycorhizosphère" se forme, ce qui facilite l'apport de phosphore, difficile d'accès pour les racines, et d'un certain nombre de micronutriments. Glomus spp. est le genre de champignons mycorhiziens à arbuscules le plus répandu, qui comprend des espèces ayant une spécialisation plus ou moins large envers des espèces végétales spécifiques.

Liste des produits approuvés pour la fertilisation biologique dans le cadre de l'Éco-régime 3

Les effets bénéfiques susmentionnés des micro-organismes fournissent des bases aux entreprises pour développer et proposer des biostimulants microbiens appropriés sur le marché agricole. Certains des produits microbiens autorisés en Bulgarie ayant une capacité déclarée de fixation de l'azote sont présentés dans le tableau.

Biostimulants microbiens inclus dans la Liste des produits autorisés en Bulgarie (2022)

Наименование на препарата	Активен компонент	Количество	Полезни ефекти	Приложение	Доза	Производител/притежател на регистрацията/представител
N-leaf	<i>Methylobacterium spp.</i> - 2 щам <i>Arthrobacter spp.</i> - 1 щам	3x10 ⁸ UFC/ml	азот-фиксация, ензими от азотния цикъл, стимулиране синтеза на растежни хормони, антагонистични действие, производство на ацетон	житни култури, рапица, царевица, слънчоглед, лозя, бобови, картофи и зеленчуци, овощни култури	30-50мл дка	Суми Агро
Амилис	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> - 2 щам	1x10 ⁸ UFC/ml	разграждане на растителни остатъци, фиксиране на атмосферния азот и нитратите, стимулиране растежа на корените, антагонизъм		30-50мл дка	Суми Агро
Мико Аплай ендомас	<i>Rhizophagus irregularis</i> , <i>Claroideoglomus luteum</i> , <i>Claroideoglomus etunicatum</i> , <i>Claroideoglomus claroideum</i>		повишаване на кореновата маса, ефективно хранене, подобрен воден режим, повишена устойчивост към стрес	пшеница, царевица, 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 ⁸ 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>Bradirizobium 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: GALAGO SAS, Франция Удостоверение за регистрация №0378/11.06.2019г. на Амитица 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