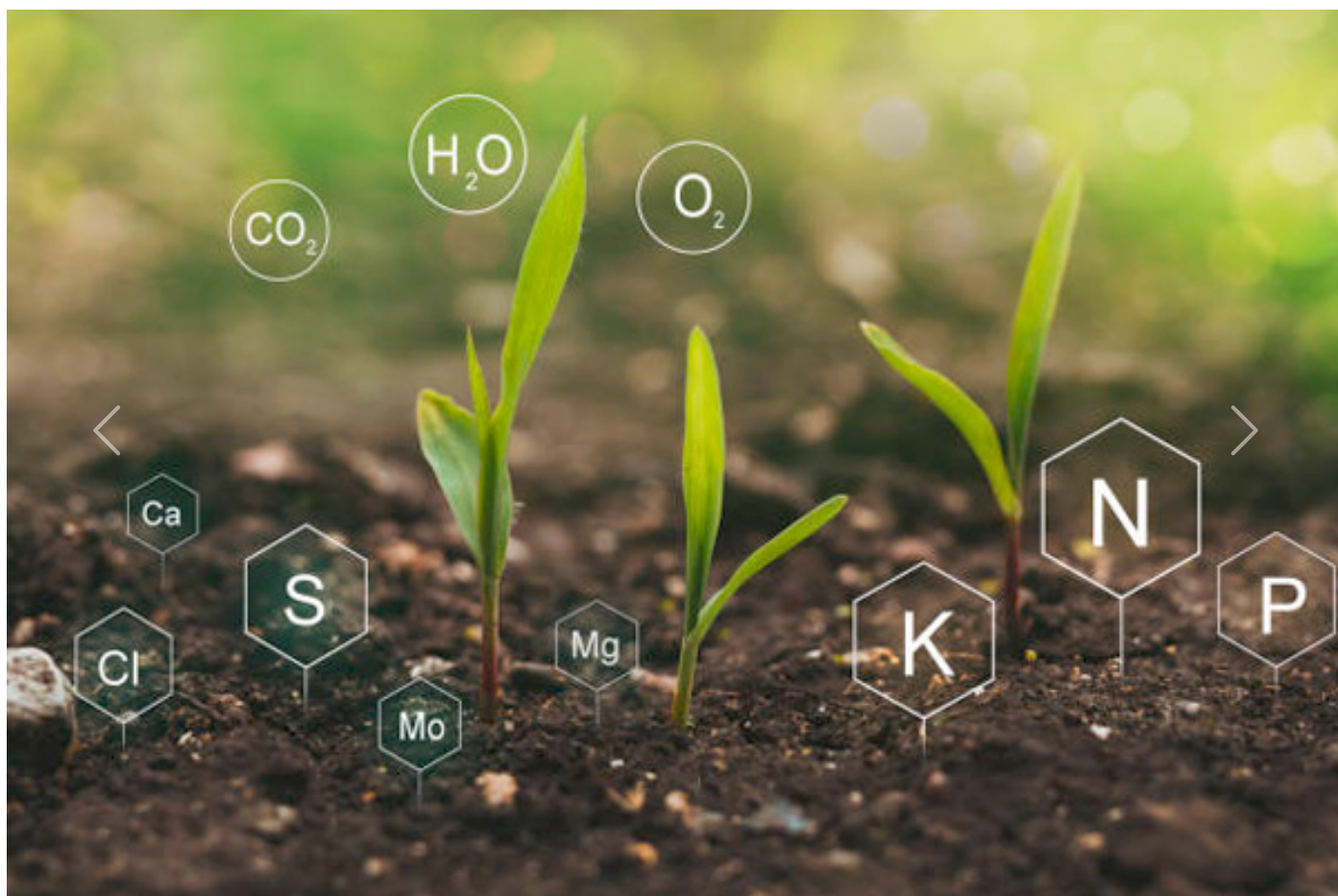


Nützliche Effekte mikrobieller Biostimulanzien für Pflanzen

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



Die Herstellung mikrobieller Biostimulanzien erfolgt am häufigsten durch die Kultivierung von Mikroorganismen auf verschiedenen Nährmedien. Die resultierende mikrobielle Biomasse und Stoffwechselprodukte werden als flüssige mikrobielle Präparate (in einem stabilisierten Medium), als Trockenprodukte (durch Lyophilisation) formuliert oder in einen spezifischen Träger (Zellulose, Dextrose, Blähton etc.) oder in eine Suspension eingearbeitet.

Mikrobielle Biostimulanzien werden auf Saatgut, Boden (direkt oder über Bewässerung und Fertigation) oder auf wachsende Pflanzen ausgebracht. Obwohl die Wirkmechanismen mikrobieller Biostimulanzien auf Pflanzen nicht vollständig aufgeklärt sind, gibt es überzeugende Belege für ihre positive Wirkung auf das Pflanzenwachstum. Es wird heute anerkannt, dass ihre Effekte auf die Stimulation verschiedener Prozesse zurückzuführen sind, wobei die wichtigsten wie folgt sind:

- Biologische Stickstofffixierung
- Mobilisierung unlöslicher Phosphate;
- Produktion von Eisen-chelierenden Verbindungen;
- Produktion von Hormonen und Kontrolle des Phytohormonstatus.

Positive Wirkungen von Bakterien und Rhizobakterien auf Pflanzen

Die biologische Stickstofffixierung ist eine der bekanntesten Wirkungen symbiotischer (*Rhizobium* spp.) und einiger anderer Mikroorganismen (*Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Bacillus polymyxa*, *Gluconoacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia* spp., etc.). Atmosphärischer Stickstoff (N_2 , 78%) ist für Pflanzen aufgrund der extrem stabilen Dreifachbindung zwischen den beiden Stickstoffatomen unzugänglich. Die oben genannten Mikroorganismen haben durch das Enzym Nitrogenase die Fähigkeit, atmosphärischen Stickstoff in die für Pflanzen verfügbare Ammoniumform (NH_4^+) umzuwandeln.

Die Rolle der **symbiotischen Stickstofffixierung** in der Stickstoffernährung von Leguminosen ist seit langem bekannt. Von größerem aktuellen Interesse ist die Fähigkeit freilebender Mikroorganismen, die Stickstoffernährung anderer landwirtschaftlicher Kulturen zu unterstützen. Die verfügbaren Informationen hierzu sind noch begrenzt, aber es wird angenommen, dass unter günstigen Bedingungen mikrobielle Biostimulanzien, die freilebende Stickstofffixierer enthalten, den Boden mit 2–3 kg Stickstoff pro Dekar anreichern können.

Ein weiterer Mechanismus, durch den Rhizosphärenbakterien (PGPR) das Pflanzenwachstum stimulieren, ist die Erhöhung der Verfügbarkeit von Phosphor und Eisen im Boden. Obwohl der Gesamtphosphorgehalt im Boden normalerweise hoch ist, sind aufgrund chemischer Fixierung und geringer Löslichkeit nur 0,1 % davon für Pflanzen verfügbar. Mikroorganismen ermöglichen die biologische Umwandlung unlöslicher anorganischer und organischer Phosphate in für Pflanzen verfügbare Formen. Sie synthetisieren und geben organische Säuren und Phosphatenzyme (Phosphatase und Phytase) in die Bodenumgebung ab. Organische Säuren erhöhen die Verfügbarkeit anorganischer Phosphate, während Phosphatenzyme die Verfügbarkeit organischer Phosphate erhöhen. Die wichtigsten PGPR mit dieser Fähigkeit gehören zu den Gattungen *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Streptomyces*, *Micrococcus*, *Erwinia* usw. Diese

Mikroorganismen produzieren gemeinsam niedermolekulare organische Säuren, die die Bodenlösung ansäuern und so die Löslichkeit von Phosphationen aus phosphorhaltigen Verbindungen erhöhen. Durch das Auflösen unlöslicher Phosphate können Mikroorganismen indirekt einen erheblichen Teil des P aus der Bodenlösung assimilieren. Nach dem Absterben der mikrobiellen Zellen wird der in ihnen enthaltene Phosphor freigesetzt, was seine Aufnahme sowohl durch Pflanzen als auch durch andere Bodenorganismen ermöglicht.

Phosphatlösende Mikroorganismen zeigen ein breites Spektrum an Stoffwechselfunktionen in verschiedenen Umgebungen, was zu einem signifikant höheren Pflanzenwachstum, verbesserten Bodeneigenschaften und erhöhter biologischer Aktivität führt. Diese Mikroorganismen sind auch an der Fixierung von atmosphärischem Stickstoff beteiligt, beschleunigen die Verfügbarkeit anderer Mikronährstoffe, produzieren Pflanzenhormone wie Auxine, Cytokinine und Gibberelline; setzen Siderophore, Cyanwasserstoff, Enzyme und/oder fungizide Verbindungen wie Chitinase, Cellulase, Protease frei, die einen Antagonismus gegen phytopathogene Mikroorganismen bieten.

Ein Großteil des Eisens in Böden mit neutraler oder alkalischer Reaktion liegt in einer für Pflanzen unzugänglichen Form vor, wie dem Eisen(III)-Ion Fe(III) . Pflanzen haben zwei Strategien für die Eisenaufnahme: **Strategie 1** durch Erhöhung seiner Löslichkeit, gefolgt von einer Reduktion zum Eisen(II)-Ion Fe(II) in den Membranen der Wurzelzellen, und **Strategie 2** (hauptsächlich bei Getreidearten) durch Ausscheidung von Phytosiderophoren, die Chelatkomplexe mit Fe(III) bilden. Rhizosphärische Mikroorganismen können, ähnlich wie Getreidekulturen, die Eisenaufnahme durch Pflanzen durch die Synthese mikrobieller Siderophore (niedermolekulare chelatisierende Verbindungen) erleichtern. Bakterien produzieren hauptsächlich drei Gruppen von Siderophoren – Catecholate, Hydroxamate und Carboxylate, während Bodenpilze vier Gruppen produzieren: Ferrichrome, Coprogene, Fusarinine und Rhodotorulsäure. Unabhängig von ihrer Natur bilden sie lösliche Eisen(III)-Komplexe, die an der Eisenassimilation und seiner Aufnahme durch Pflanzen beteiligt sind. Es wird angenommen, dass der Fe(III) -Siderophor-Komplex auf der Mineraloberfläche gebildet, in die Bodenlösung übertragen wird und für die Aufnahme durch andere Organismen verfügbar wird. Die Rolle von Siderophoren beschränkt sich nicht nur auf die Erhöhung der Bioverfügbarkeit von Fe, sondern umfasst auch die Fähigkeit, Komplexe mit anderen essentiellen Elementen (d.h. Mo, Mn, Co und Ni) in der Umwelt zu bilden und deren mikrobielle Aufnahme zu verbessern.

Ein dritter Mechanismus, durch den Mikroorganismen Pflanzen beeinflussen, betrifft die Produktion von Pflanzenhormonen (oder Wachstumsregulatoren) sowie die Kontrolle des Hormonstatus von Pflanzen. Es ist bekannt, dass Phytohormone wie Auxine, Gibberelline, Cytokinine, Ethylen, Abscisinsäure und andere eine Reihe physiologischer und morphologischer Prozesse in Pflanzen regulieren.

Es wurde wiederholt festgestellt, dass die Ethylenemission in inokulierten Pflanzen abnimmt. Ethylen ist als Hormon der Alterung bekannt. Seine Vorstufe in Pflanzen ist die 1-Aminocyclopropan-1-carbonsäure (ACC). Unter Stressbedingungen steigt die Ethylenproduktion, begrenzt das Wachstum und stimuliert die Alterung in Pflanzen. Die von Mikroorganismen produzierte ACC-Deaminase hat die Fähigkeit, den Ethylenspiegel in inokulierten Pflanzen zu senken und die Wachstumsprozesse wiederherzustellen.

Positive Wirkungen arbuskulärer Mykorrhizapilze auf Pflanzen

Mykorrhiza (Ektomykorrhiza und arbuskuläre Mykorrhiza) ist eine Symbiose zwischen den Wurzeln von 80 % der Landpflanzen und Mykorrhizapilzen. Die arbuskuläre Mykorrhiza kann eine bedeutende Rolle in der Mineralernährung von Pflanzen spielen, da sie ein Netzwerk von Hyphen bildet, das das Volumen und die Kontaktoberfläche der Wurzeln im Boden stark erhöht.



Schaffung einer Mykorrhizosphäre um die Wurzeln durch Zugabe von Mykorrhizaprodukten zum Boden

Es ist bekannt, dass Pflanzenwurzeln nicht mehr als 5–10 % des inneren Bodenvolumens einnehmen; daher liegt ein großer Teil der Nährstoffe außerhalb ihrer Reichweite. Pilzhypen sind dünner als die Dicke der "Arbeitswurzeln" (0,2–0,3 mm), weshalb sie eine höhere Durchdringungsfähigkeit im Boden und entsprechend

един по-голям достъп до хранителни вещества и вода в почвата. При успешна инокулация с микоризни продукти се образува "микоризосфера", която осигурява за корените лесен достъп до фосфор и редица микроелементи. *Glomus* spp. е най-разпространената вид на арбускуларна микоризна гъба, която е специализирана на определени видове растения.

Списък на одобрените продукти за органично тестване в рамките на Еко-регламент 3

В горепосочените положителни ефекти на микроорганизми предоставят на фирмите основа, подходяща микробна биостимулация за разработване и предлагане. Някои от одобрените микробни продукти с обявена способност за фиксиране на азот са в таблицата по-долу.

Микробна биостимулация, която е в списъка на одобрените продукти в България (2022) и е приета

Наименование на препарата	Активен компонент	Количество	Полезни ефекти	Приложение	Доза	Производител/притежател на регистрацията/представител
N-leaf	<i>Methylobacterium</i> spp. - 2 шамата <i>Arthrobacter</i> spp. - 1 шамата	3x10 ⁹ UFC/ml	азот-фиксиране, ензими от азотния цикъл, стимулиране на синтеза на растежни хормони, антагонистично 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 шамата	1x10 ⁹ UFC/ml	разграждане на растителни остатъци, фиксиране на атмосферния азот и нитратите, стимулиране на растежа на корените, антагонизъм		30-50мл дка	Суми Агро
Мико Аплай ендомас	<i>Rhizoglyphus irregularis</i> , <i>Claroideoglyphus luteus</i> , <i>Claroideoglyphus etunicatus</i> , <i>Claroideoglyphus claroideus</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 азотфиксиращата способност в почвата			Био-уан ООД, Гарланд, САЩ/Биоком пост БГ ООД, Разград
НУТРИБИО N/ NUTRIBIO N	<i>Azotobacter salinestris</i> <i>Glomus</i> spp.	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>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