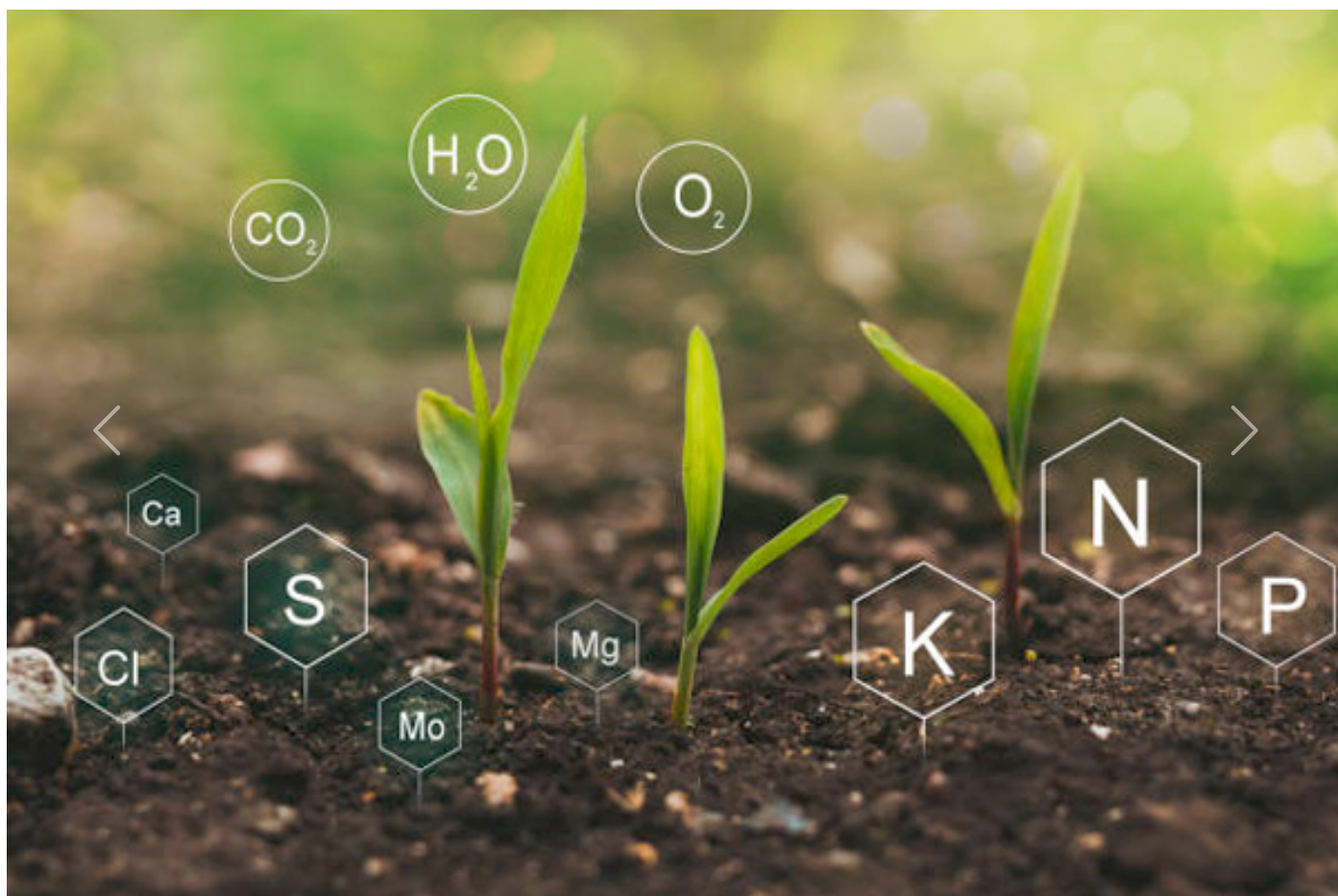


'Efeitos benéficos dos bioestimulantes microbianos para as plantas'

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 университет, Пловдив

ООД

Дата: 30.03.2023 **Брой:** 3/2023



A produção de bioestimulantes microbianos é mais comumente realizada pelo cultivo de microrganismos em vários meios de cultura. A biomassa microbiana resultante e os produtos metabólicos são formulados como preparações microbianas líquidas (em meio estabilizado), como produtos secos (por liofilização), ou são incorporados em um veículo específico (celulose, dextrose, argila expandida, etc.) ou em uma suspensão.

Os bioestimulantes microbianos são aplicados em sementes, no solo (diretamente ou via irrigação e fertirrigação), ou em plantas em crescimento. Embora os mecanismos de ação dos bioestimulantes microbianos

nas plantas não estejam totalmente elucidados, existem evidências convincentes de seu impacto positivo no crescimento das plantas. Atualmente, aceita-se que seus efeitos se devem à estimulação de vários processos, sendo os principais os seguintes:

- fixação biológica de nitrogênio
- mobilização de fosfatos insolúveis;
- produção de compostos quelantes de ferro;
- produção de hormônios e controle do status fito-hormonal.

Efeitos benéficos de bactérias e rizobactérias nas plantas

A **fixação biológica de nitrogênio** é um dos efeitos mais conhecidos de microrganismos simbióticos (*Rhizobium* spp.) e de alguns outros microrganismos (*Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Bacillus polymyxa*, *Gluconoacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia* spp., etc.). O nitrogênio atmosférico (N_2 , 78%) é inacessível às plantas devido à ligação tripla extremamente estável entre os dois átomos de nitrogênio. Os microrganismos mencionados acima, através da enzima nitrogenase, têm a capacidade de converter o nitrogênio atmosférico na forma de amônio (NH_4^+) disponível para as plantas.

O papel da **fixação simbiótica de nitrogênio** na nutrição nitrogenada das culturas de leguminosas é conhecido há muito tempo. De maior interesse atual é a capacidade de microrganismos de vida livre de sustentar a nutrição nitrogenada de outras culturas agrícolas. As informações disponíveis a este respeito ainda são limitadas, mas supõe-se que, em condições favoráveis, bioestimulantes microbianos contendo fixadores de nitrogênio de vida livre podem enriquecer o solo com 2–3 kg de nitrogênio por hectare.

Outro mecanismo pelo qual as bactérias da rizosfera (PGPR) estimulam o crescimento das plantas é aumentando a disponibilidade de fósforo e ferro no solo. Embora o teor total de fósforo no solo seja geralmente alto, apenas 0,1% dele está disponível para as plantas devido à fixação química e baixa solubilidade. Os microrganismos permitem a transformação biológica de fosfatos inorgânicos e orgânicos insolúveis em formas disponíveis para as plantas. Eles sintetizam e liberam no ambiente do solo ácidos orgânicos e enzimas fosfatases (fosfatase e fitase). Os ácidos orgânicos aumentam a disponibilidade de fosfatos inorgânicos, enquanto as enzimas fosfatases aumentam a disponibilidade de fosfatos orgânicos. Os principais PGPR que possuem essa capacidade pertencem aos gêneros *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Streptomyces*, *Micrococcus*, *Erwinia*, etc. Esses microrganismos produzem coletivamente ácidos orgânicos de baixo peso molecular que acidificam a solução do solo e, assim, aumentam a solubilidade dos íons fosfato de compostos contendo fósforo. Ao dissolver fosfatos insolúveis, os

microrganismos podem assimilar indiretamente uma porção significativa de P da solução do solo. Após a morte das células microbianas, o fósforo nelas contido é liberado, o que permite sua absorção tanto pelas plantas quanto por outros organismos do solo.

Microrganismos solubilizadores de fosfato exibem uma ampla gama de funções metabólicas em diferentes ambientes, o que leva a um crescimento vegetal significativamente maior, melhoria das propriedades do solo e aumento da atividade biológica. Esses microrganismos também participam da fixação do nitrogênio atmosférico, aceleram a disponibilidade de outros micronutrientes, produzem hormônios vegetais como auxinas, citocininas e giberelinas; liberam sideróforos, cianeto de hidrogênio, enzimas e/ou compostos fungicidas como quitinase, celulase, protease, que fornecem antagonismo contra microrganismos fitopatogênicos.

Grande parte do ferro em solos com reação neutra ou alcalina está em uma forma indisponível para as plantas, como o íon férrico Fe(III). As plantas têm duas estratégias para absorção de ferro: **estratégia 1** aumentando sua solubilidade, seguida pela redução ao íon ferroso Fe(II) nas membranas das células radiculares, e **estratégia 2** (principalmente em espécies de cereais) pela exsudação de fitossideróforos que formam complexos de quelação com Fe(III). Microrganismos rizosféricos, semelhantes às culturas de cereais, podem facilitar a absorção de ferro pelas plantas através da síntese de sideróforos microbianos (compostos quelantes de baixo peso molecular). As bactérias produzem principalmente três grupos de sideróforos – catecolatos, hidroxamatos e carboxilatos, enquanto os fungos do solo produzem quatro grupos: ferrichromos, coprogenos, fusarininas e ácido rodotorúlico. Independentemente de sua natureza, eles formam complexos férricos solúveis que participam da assimilação de ferro e de sua absorção pelas plantas. Supõe-se que o complexo Fe(III)–sideróforo seja formado na superfície do mineral, transferido para a solução do solo e torne-se disponível para absorção por outros organismos. O papel dos sideróforos não se limita apenas a aumentar a biodisponibilidade do Fe, mas também inclui a capacidade de formar complexos com outros elementos essenciais (ou seja, Mo, Mn, Co e Ni) no ambiente, melhorando sua absorção microbiana.

Um terceiro mecanismo pelo qual os microrganismos afetam as plantas está relacionado à produção de hormônios vegetais (ou reguladores de crescimento), bem como ao controle do status hormonal das plantas. Sabe-se que fito-hormônios como auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e outros regulam uma série de processos fisiológicos e morfológicos nas plantas.

Foi repetidamente estabelecido que a emissão de etileno diminui em plantas inoculadas. O etileno é conhecido como o hormônio do envelhecimento. Seu precursor nas plantas é o ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico

(ACC). Sob condições de estresse, a produção de etileno aumenta, limita o crescimento e estimula o envelhecimento nas plantas. A ACC deaminase, produzida por microrganismos, tem a capacidade de reduzir os níveis de etileno em plantas inoculadas e de restaurar os processos de crescimento.

Efeitos benéficos dos fungos micorrízicos arbusculares nas plantas

A **micorriza** (ecto e arbuscular) é uma simbiose entre as raízes de 80% das plantas terrestres e fungos micorrízicos. A micorriza arbuscular pode desempenhar um papel significativo na nutrição mineral das plantas porque forma uma rede de hifas que aumenta muito o volume e a superfície de contato das raízes no solo.



Criação de uma micorrizosfera ao redor das raízes pela adição de produtos micorrízicos ao solo

Sabe-se que as raízes das plantas ocupam não mais que 5–10% do volume interno do solo; portanto, grande parte dos nutrientes está fora de seu alcance. As hifas fúngicas são mais finas do que a espessura das "raízes funcionais" (0,2–0,3 mm), razão pela qual têm uma maior capacidade de penetração no solo e, consequentemente, maior acesso a nutrientes e água no solo. Quando produtos micorrízicos são inoculados com sucesso, forma-se uma "micorrizosfera", que facilita o fornecimento de fósforo, de difícil acesso para as raízes, e de uma série de micronutrientes. *Glomus* spp. é o gênero mais difundido de fungos micorrízicos

arbusculares, que inclui espécies com uma especialização mais ampla e mais estreita em relação a espécies vegetais específicas.

Lista de produtos aprovados para fertilização orgânica no âmbito do Eco-esquema 3

Os efeitos benéficos dos microrganismos mencionados acima fornecem bases para que as empresas desenvolvam e ofereçam bioestimulantes microbianos apropriados no mercado agrícola. Alguns dos produtos microbianos autorizados na Bulgária com capacidade anunciada de fixação de nitrogênio são apresentados na tabela.

Bioestimulantes microbianos incluídos na Lista de produtos autorizados na Bulgária (2022)

Наименование на препарата	Активен компонент	Количество	Полезни ефекти	Приложение	Доза	Производител/притежател на регистрацията/представител
N-leaf	<i>Methylobacterium spp.</i> - 2 шама <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 ацетонин	житни култури, рапица, царевица, слънчоглед, лозя, бобови, картофи и зеленчуци, овощни култури	30-50мл дка	Суми Агро
Амилис	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> - 2 шама	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 Аплай ендо макс	<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 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 Плус 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 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