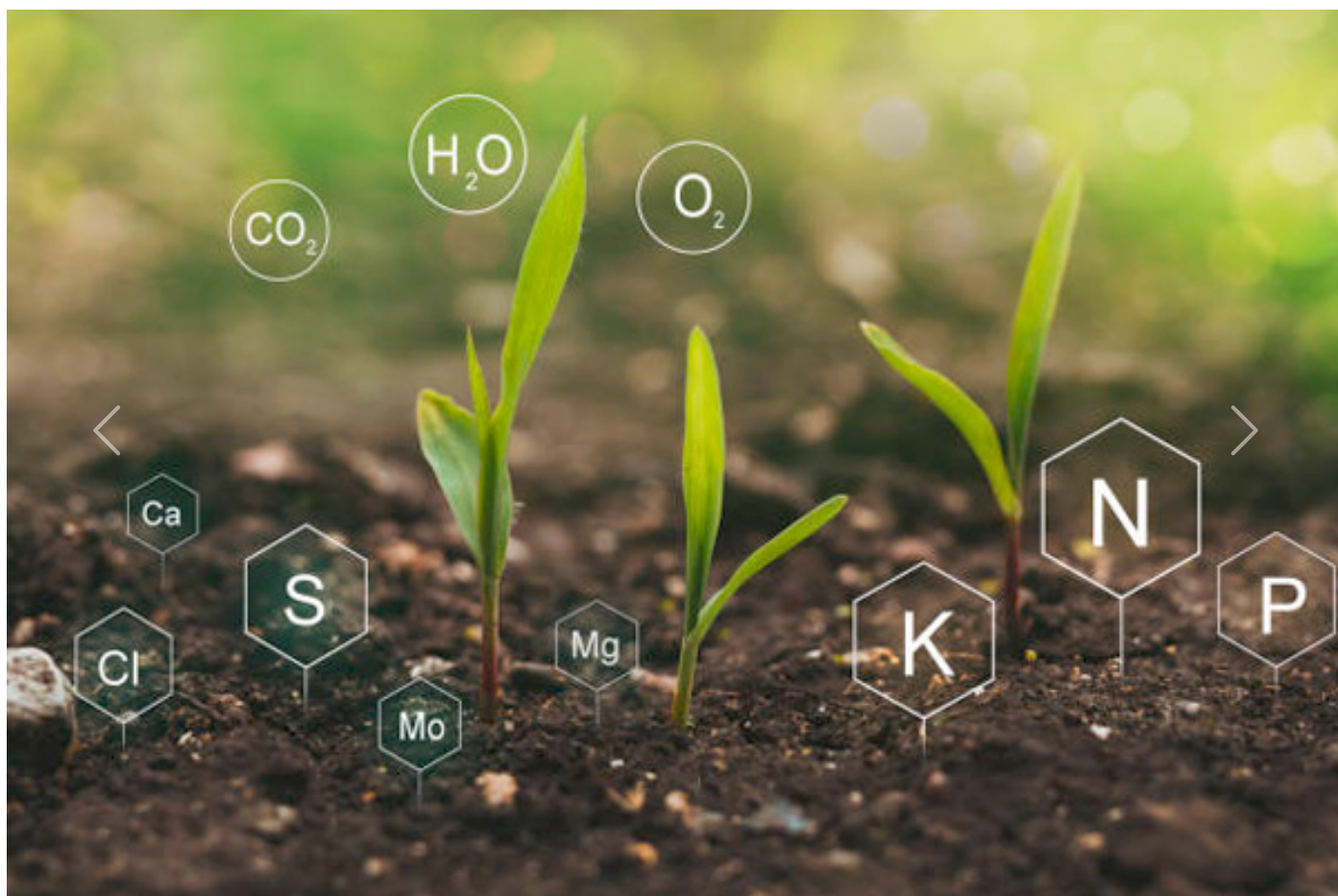


'Efectos beneficiosos de los bioestimulantes microbianos para las plantas'

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



La producción de bioestimulantes microbianos se lleva a cabo más comúnmente mediante el cultivo de microorganismos en diversos medios nutritivos. La biomasa microbiana resultante y los productos metabólicos se formulan como preparados microbianos líquidos (en un medio estabilizado), como productos secos (mediante liofilización), o se incorporan a un soporte específico (celulosa, dextrosa, arcilla expandida, etc.) o a una suspensión.

Los bioestimulantes microbianos se aplican a las semillas, al suelo (directamente o mediante riego y fertirrigación), o a las plantas en crecimiento. Aunque los mecanismos de acción de los bioestimulantes microbianos sobre las plantas no están completamente dilucidados, existe evidencia convincente de su impacto positivo en el crecimiento vegetal. Actualmente se acepta que sus efectos se deben a la estimulación de diversos procesos, siendo los principales los siguientes:

- fijación biológica de nitrógeno
- movilización de fosfatos insolubles;
- producción de compuestos quelantes de hierro;
- producción de hormonas y control del estado fito-hormonal.

Efectos beneficiosos de las bacterias y rizobacterias en las plantas

La fijación biológica de nitrógeno es uno de los efectos más conocidos de los microorganismos simbióticos (*Rhizobium* spp.) y de algunos otros microorganismos (*Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Bacillus polymyxa*, *Gluconoacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia* spp., etc.). El nitrógeno atmosférico (N_2 , 78%) es inaccesible para las plantas debido al enlace triple extremadamente estable entre los dos átomos de nitrógeno. Los microorganismos mencionados, a través de la enzima nitrogenasa, tienen la capacidad de convertir el nitrógeno atmosférico en la forma amonio (NH_4^+) disponible para las plantas.

El papel de la **fijación simbiótica de nitrógeno** en la nutrición nitrogenada de los cultivos de leguminosas es conocido desde hace mucho tiempo. De mayor interés actual es la capacidad de los microorganismos de vida libre para apoyar la nutrición nitrogenada de otros cultivos agrícolas. La información disponible al respecto es aún limitada, pero se supone que en condiciones favorables los bioestimulantes microbianos que contienen fijadores de nitrógeno de vida libre pueden enriquecer el suelo con 2–3 kg de nitrógeno por decárea.

Otro mecanismo mediante el cual las bacterias rizosféricas (PGPR) estimulan el crecimiento de las plantas es aumentando la disponibilidad de fósforo y hierro en el suelo. Aunque el contenido total de fósforo en el suelo suele ser alto, solo el 0.1% está disponible para las plantas debido a la fijación química y la baja solubilidad. Los microorganismos permiten la transformación biológica de fosfatos inorgánicos y orgánicos insolubles en formas disponibles para las plantas. Sintetizan y liberan al entorno del suelo ácidos orgánicos y enzimas fosfatadas (fosfatasa y fitasa). Los ácidos orgánicos aumentan la disponibilidad de fosfatos inorgánicos, mientras que las enzimas fosfatadas aumentan la disponibilidad de fosfatos orgánicos. Los principales PGPR que tienen esta capacidad pertenecen a los géneros *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Streptomyces*, *Micrococcus*, *Erwinia*, etc. Estos microorganismos producen

colectivamente ácidos orgánicos de bajo peso molecular que acidifican la solución del suelo y así aumentan la solubilidad de los iones fosfato de los compuestos que contienen fósforo. Al disolver fosfatos insolubles, los microorganismos pueden asimilar indirectamente una porción significativa de P de la solución del suelo. Tras la muerte de las células microbianas, el fósforo contenido en ellas se libera, lo que permite su absorción tanto por las plantas como por otros organismos del suelo.

Los microorganismos solubilizadores de fosfatos exhiben una amplia gama de funciones metabólicas en diferentes entornos, lo que conduce a un crecimiento vegetal significativamente mayor, propiedades mejoradas del suelo y una mayor actividad biológica. Estos microorganismos también participan en la fijación del nitrógeno atmosférico, aceleran la disponibilidad de otros micronutrientes, producen hormonas vegetales como auxinas, citoquininas y giberelinas; liberan sideróforos, cianuro de hidrógeno, enzimas y/o compuestos fungicidas como quitinasa, celulasa, proteasa, que proporcionan antagonismo contra microorganismos fitopatógenos.

Una gran parte del hierro en suelos con reacción neutra o alcalina se encuentra en una forma no disponible para las plantas, como el ion férrico Fe(III). Las plantas tienen dos estrategias para la absorción de hierro: **estrategia 1** aumentando su solubilidad, seguida de la reducción al ion ferroso Fe(II) en las membranas de las células de la raíz, y **estrategia 2** (principalmente en especies de cereales) mediante la exudación de fitosideróforos que forman complejos quelatos con Fe(III). Los microorganismos rizosféricos, similares a los cultivos de cereales, pueden facilitar la absorción de hierro por las plantas mediante la síntesis de sideróforos microbianos (compuestos quelantes de bajo peso molecular). Las bacterias producen principalmente tres grupos de sideróforos – catecolatos, hidroxamatos y carboxilatos, mientras que los hongos del suelo producen cuatro grupos: ferrichromos, coprogenos, fusarininas y ácido rodotorúlico. Independientemente de su naturaleza, forman complejos férricos solubles que participan en la asimilación del hierro y su absorción por las plantas. Se supone que el complejo Fe(III)–sideróforo se forma en la superficie mineral, se transfiere a la solución del suelo y se vuelve disponible para la absorción por otros organismos. El papel de los sideróforos no se limita solo a aumentar la biodisponibilidad del Fe, sino que también incluye la capacidad de formar complejos con otros elementos esenciales (es decir, Mo, Mn, Co y Ni) en el entorno, mejorando su absorción microbiana.

Un tercer mecanismo por el cual los microorganismos afectan a las plantas está relacionado con la producción de hormonas vegetales (o reguladores del crecimiento), así como con el control del estado hormonal de las plantas. Se sabe que las fitohormonas como las auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno, ácido abscísico y otras regulan una serie de procesos fisiológicos y morfológicos en las plantas.

Se ha establecido repetidamente que la emisión de etileno disminuye en las plantas inoculadas. El etileno es conocido como la hormona del envejecimiento. Su precursor en las plantas es el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC). En condiciones de estrés, la producción de etileno aumenta, limita el crecimiento y estimula el envejecimiento en las plantas. La ACC desaminasa, producida por microorganismos, tiene la capacidad de reducir los niveles de etileno en las plantas inoculadas y de restaurar los procesos de crecimiento.

Efectos beneficiosos de los hongos micorrícicos arbusculares en las plantas

La **micorriza** (ecto y arbuscular) es una simbiosis entre las raíces del 80% de las plantas terrestres y los hongos micorrícicos. La micorriza arbuscular puede desempeñar un papel significativo en la nutrición mineral de las plantas porque forma una red de hifas que aumenta enormemente el volumen y la superficie de contacto de las raíces en el suelo.



Creación de una micorrizósfera alrededor de las raíces mediante la adición de productos micorrícicos al suelo

Se sabe que las raíces de las plantas ocupan no más del 5–10% del volumen interno del suelo; por lo tanto, una gran parte de los nutrientes se encuentra fuera de su alcance. Las hifas fúngicas son más delgadas que el grosor de las "raíces activas" (0.2–0.3 mm), razón por la cual tienen una mayor capacidad de penetración en el

suelo y, en consecuencia, un mayor acceso a los nutrientes y al agua en el suelo. Cuando se inoculan con éxito productos micorrícicos, se forma una "micorrizósfera", que facilita el suministro de fósforo, de difícil acceso para las raíces, y de una serie de micronutrientes. *Glomus spp.* es el género más extendido de hongos micorrícicos arbusculares, que incluye especies con una especialización más amplia y más estrecha hacia especies vegetales específicas.

Lista de productos aprobados para fertilización orgánica bajo el Eco-esquema 3

Los efectos beneficiosos antes mencionados de los microorganismos proporcionan bases para que las empresas desarrollen y ofrezcan bioestimulantes microbianos apropiados en el mercado agrícola. Algunos de los productos microbianos autorizados en Bulgaria con capacidad anunciada de fijación de nitrógeno se presentan en la tabla.

Bioestimulantes microbianos incluidos en la Lista de productos autorizados en Bulgaria (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 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 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 Аплай 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, 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