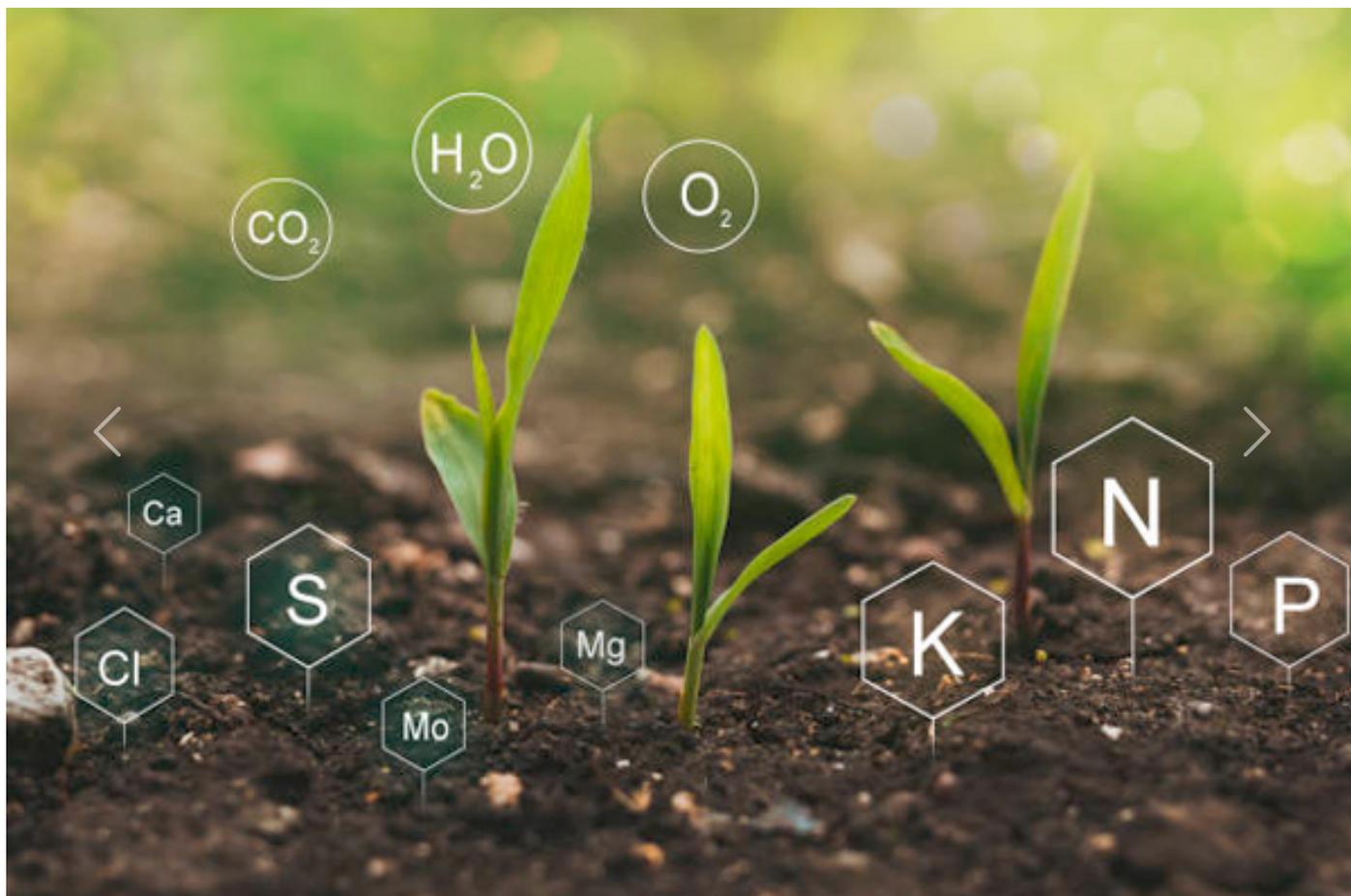


'微生物生物刺激剂对植物的有益作用'

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, Агресо ООД

Дата: 30.03.2023 *Брой:* 3/2023



微生物生物刺激素的生产，最通常是通过在各种营养培养基上培养微生物来进行的。所得的微生物生物量和代谢产物被配制成液体微生物制剂（在稳定培养基中）、干燥产品（通过冻干法），或掺入特定的载体（纤维素、葡萄糖、膨胀粘土等）或悬浮液中。

微生物生物刺激素被施用于种子、土壤（直接或通过灌溉和施肥灌溉）或生长中的植物。尽管微生物生物刺激素对植物的作用机制尚未完全阐明，但有令人信服的证据表明它们对植物生长有积极影响。目前公认，它们的效果源于对多种过程的刺激，其中主要过程如下：

- 生物固氮

- 难溶性磷酸盐的活化；
- 铁螯合化合物的产生；
- 激素的产生和植物激素状态的调控。

细菌和根际细菌对植物的有益影响

生物固氮是共生菌（根瘤菌属等）和一些其他微生物（固氮菌属、固氮螺菌属、多粘芽孢杆菌、重氮营养葡萄糖醋杆菌、伯克霍尔德菌属等）最广为人知的效应之一。大气中的氮气（N₂，占78%）由于两个氮原子之间存在极其稳定的三键，植物无法直接利用。上述微生物通过固氮酶，能够将大气中的氮转化为植物可利用的铵态氮（NH₄⁺）。

共生固氮在豆科作物氮营养中的作用早已为人所知。目前更受关注的是自生固氮微生物支持其他农作物氮营养的能力。这方面的现有信息仍然有限，但据推测，在有利条件下，含有自生固氮菌的微生物生物刺激素每狄卡尔（decare）土地可为土壤富集2-3公斤氮。

根际细菌（PGPR，植物根际促生菌）刺激植物生长的另一个机制是增加土壤中磷和铁的有效性。尽管土壤中总磷含量通常很高，但由于化学固定和低溶解度，只有0.1%的磷可供植物利用。微生物能够将不溶性的无机和有机磷酸盐生物转化为植物可利用的形式。它们合成并向土壤环境释放有机酸和磷酸酶（磷酸酶和植酸酶）。有机酸增加了无机磷酸盐的有效性，而磷酸酶则增加了有机磷酸盐的有效性。具有这种能力的主要PGPR属于伯克霍尔德菌属、假单胞菌属、芽孢杆菌属、根瘤菌属、土壤杆菌属、无色杆菌属、链霉菌属、微球菌属、欧文氏菌属等。这些微生物共同产生低分子量有机酸，使土壤溶液酸化，从而增加含磷化合物中磷酸根离子的溶解度。通过溶解不溶性磷酸盐，微生物可以间接地从土壤溶液中同化相当一部分的磷。微生物细胞死亡后，其内含有的磷被释放出来，从而可以被植物和其他土壤生物吸收。

溶磷微生物在不同环境中表现出广泛的代谢功能，这导致植物生长显著提高、土壤性质改善和生物活性增强。这些微生物还参与大气氮的固定，加速其他微量营养元素的可用性，产生植物激素如生长素、细胞分裂素和赤霉素；释放铁载体、氰化氢、酶和/或具有抑菌作用的化合物如几丁质酶、纤维素酶、蛋白酶，这些物质对植物病原微生物具有拮抗作用。

在中性或碱性反应的土壤中，大部分铁以植物无法利用的形式存在，例如三价铁离子Fe(III)。植物有两种铁吸收策略：**策略1**通过增加其溶解度，随后在根细胞膜上还原为二价铁离子Fe(II)；**策略2**（主要在禾本科物种中）通过分泌植物铁载体，与Fe(III)形成螯合物。与禾本科作物类似，根际微生物可以通过合成微生物铁载体（低分子量螯合化合物）来促进植物对铁的吸收。细菌主要产生三类铁载体——儿茶酚盐、异羟肟酸盐和羧酸盐，而土壤真菌产生四类：铁色素、粪生素、镰孢氨酸和红酵母酸。无论其性质如何，它们都形成可溶性的三价铁络合物，参与铁的同化及其被植物吸收。据推测，Fe(III)-铁载体络合物在矿物表面形成，转移到土壤溶液中，并变得可供其他生

物吸收。铁载体的作用不仅限于增加铁的生物有效性，还包括在环境中与其他必需元素（如钼、锰、钴和镍）形成络合物的能力，改善它们的微生物吸收。

微生物影响植物的第三种机制与植物激素（或生长调节剂）的产生以及对植物激素状态的控制有关。众所周知，生长素、赤霉素、细胞分裂素、乙烯、脱落酸等植物激素调节着植物的许多生理和形态过程。

已多次证实，接种微生物的植物乙烯排放量减少。乙烯被称为衰老激素。其在植物中的前体是1-氨基环丙烷-1-羧酸（ACC）。在胁迫条件下，乙烯产生增加，限制生长并刺激植物衰老。微生物产生的ACC脱氨酶能够降低接种植物中的乙烯水平，并恢复生长过程。

丛枝菌根真菌对植物的有益影响

菌根（外生菌根和丛枝菌根）是80%陆地植物的根与菌根真菌之间的共生关系。丛枝菌根在植物的矿质营养中可以发挥重要作用，因为它形成了一个菌丝网络，极大地增加了根在土壤中的体积和接触表面积。



通过向土壤中添加菌根产品，在根部周围形成菌根际

众所周知，植物根系占据的土壤内部体积不超过5-10%；因此，大部分养分超出了它们的触及范围。真菌菌丝比“工作根”的厚度（0.2-0.3毫米）更细，因此它们在土壤中具有更高的穿透能力，相应地能更多地获取土壤中的养

分和水分。当菌根产品成功接种后，会形成一个“菌根际”，这有助于供应根系难以获取的磷和一系列微量营养素。球囊霉属是分布最广的丛枝菌根真菌属，包括对特定植物物种具有广泛或较窄专业化性的种类。

生态计划3下批准的有机施肥产品清单

上述微生物的有益效果为企业开发并在农业市场上提供合适的微生物生物刺激素提供了依据。表中列出了保加利亚授权并宣称具有固氮能力的一些微生物产品。

列入保加利亚授权产品清单的微生物生物刺激素（2022年）

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 ⁸ 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 шама	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 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 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

РИЗОЛ ЗА СОЯ	<i>Bradirhizobium japonicum</i> - 10 ⁸ CFU/ml <i>Azotobacter chroococcum</i> - 10 ⁸ CFU/ml <i>Bacillus subtilis</i> - 10 ⁸ CFU/ml		подобрява усвояемостта на азота чрез фиксирането му		200мл дка	ООД, гр. Пловдив 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 ⁸ 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