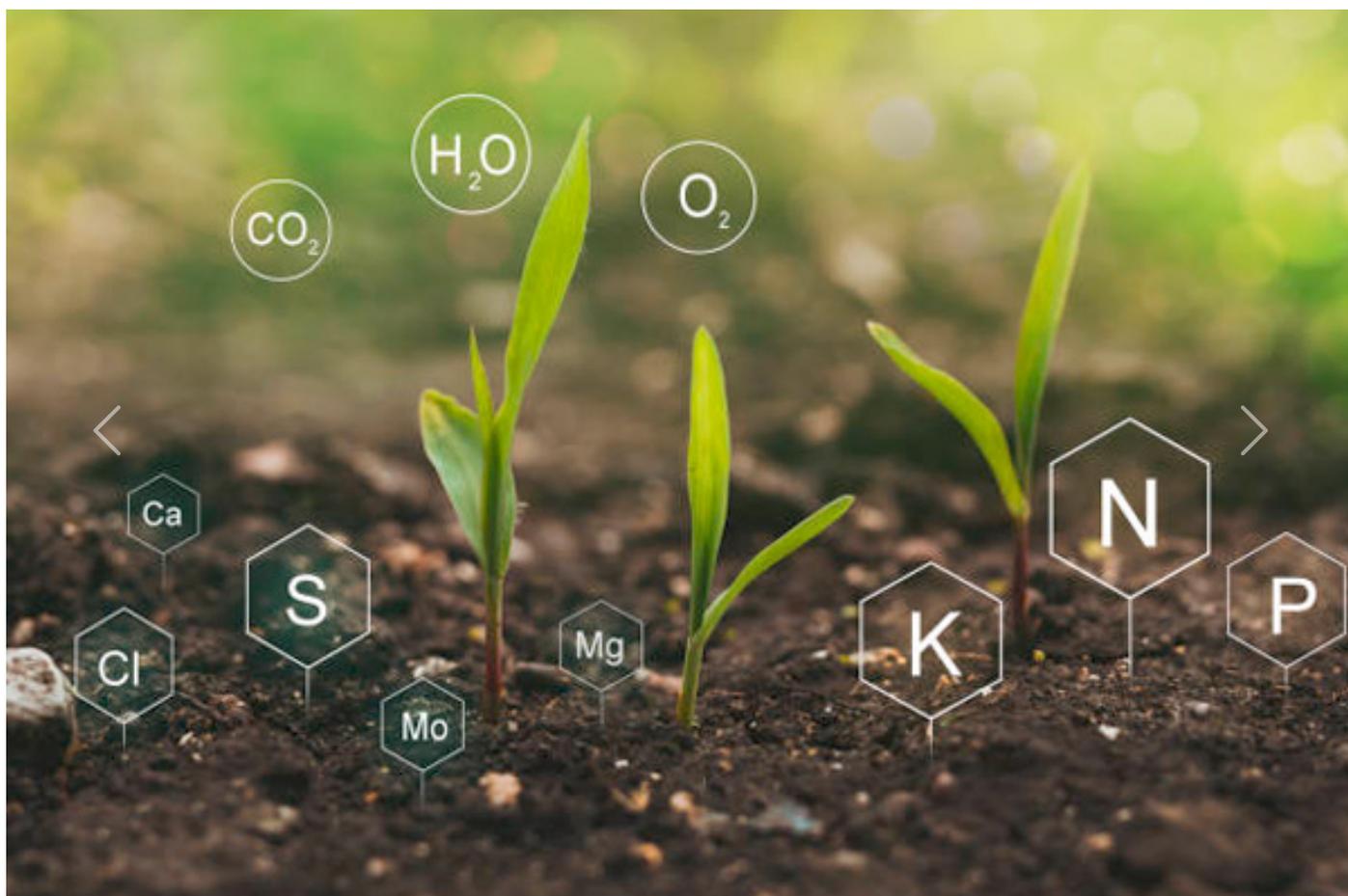


'Полезные эффекты микробных биостимуляторов для растений'

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



Производство микробных биостимуляторов чаще всего осуществляется путем культивирования микроорганизмов на различных питательных средах. Полученная микробная биомасса и продукты метаболизма формулируются в виде жидких микробных препаратов (в стабилизированной среде), в виде сухих продуктов (путем лиофилизации) или вносятся в специфический носитель (целлюлоза, декстроза, керамзит и т.д.) или в суспензию.

Микробные биостимуляторы применяются на семена, почву (непосредственно или через полив и фертигацию) или на вегетирующие растения. Хотя механизмы действия микробных биостимуляторов на растения до конца не выяснены, существуют убедительные доказательства их положительного влияния на рост растений. В настоящее время принято считать, что их эффекты обусловлены стимуляцией различных процессов, основными из которых являются следующие:

- биологическая фиксация азота
- мобилизация нерастворимых фосфатов;
- продукция хелатирующих железосоединений;
- продукция гормонов и контроль фитогормонального статуса.

Полезные эффекты бактерий и ризобактерий на растения

Биологическая фиксация азота является одним из наиболее известных эффектов симбиотических (*Rhizobium* spp.) и некоторых других микроорганизмов (*Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Bacillus polymyxa*, *Gluconoacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia* spp. и др.). Атмосферный азот (N_2 , 78%) недоступен для растений из-за чрезвычайно стабильной тройной связи между двумя атомами азота. Вышеупомянутые микроорганизмы, благодаря ферменту нитрогеназе, обладают способностью преобразовывать атмосферный азот в доступную для растений аммонийную форму (NH_4^+).

Роль **симбиотической фиксации азота** в азотном питании бобовых культур давно известна. В настоящее время большой интерес представляет способность свободноживущих микроорганизмов поддерживать азотное питание других сельскохозяйственных культур. Имеющаяся информация в этом отношении все еще ограничена, но предполагается, что в благоприятных условиях микробные биостимуляторы, содержащие свободноживущие азотфиксаторы, могут обогащать почву на 2–3 кг азота на декарь.

Другой механизм, с помощью которого ризосферные бактерии (PGPR) стимулируют рост растений, заключается в увеличении доступности фосфора и железа в почве. Хотя общее содержание фосфора в почве обычно высокое, только 0,1% из него доступен растениям из-за химической фиксации и низкой растворимости. Микроорганизмы обеспечивают биологическую трансформацию нерастворимых неорганических и органических фосфатов в формы, доступные растениям. Они синтезируют и выделяют в почвенную среду органические кислоты и фосфатазные ферменты (фосфатазу и фитазу). Органические кислоты увеличивают доступность неорганических фосфатов, в то время как фосфатазные ферменты увеличивают доступность органических фосфатов. Основные PGPR, обладающие этой

способностью, относятся к родам Burkholderia, Pseudomonas, Bacillus, Rhizobium, Agrobacterium, Achromobacter, Streptomyces, Micrococcus, Erwinia и др. Эти микроорганизмы в совокупности производят низкомолекулярные органические кислоты, которые подкисляют почвенный раствор и тем самым увеличивают растворимость фосфат-ионов из фосфорсодержащих соединений. Растворяя нерастворимые фосфаты, микроорганизмы могут косвенно усваивать значительную часть P из почвенного раствора. После гибели микробных клеток содержащийся в них фосфор высвобождается, что позволяет его поглощение как растениями, так и другими почвенными организмами.

Фосфат-солюбилизирующие микроорганизмы проявляют широкий спектр метаболических функций в различных средах, что приводит к значительно более высокому росту растений, улучшению свойств почвы и повышению биологической активности. Эти микроорганизмы также участвуют в фиксации атмосферного азота, ускоряют доступность других микроэлементов, производят растительные гормоны, такие как ауксины, цитокинины и гиббереллины; выделяют сидерофоры, цианистый водород, ферменты и/или фунгицидные соединения, такие как хитиназа, целлюлаза, протеаза, которые обеспечивают антагонизм по отношению к фитопатогенным микроорганизмам.

Большая часть железа в почвах с нейтральной или щелочной реакцией находится в форме, недоступной для растений, такой как ион трехвалентного железа Fe(III). Растения имеют две стратегии поглощения железа: **стратегия 1** — путем увеличения его растворимости с последующим восстановлением до иона двухвалентного железа Fe(II) в мембранах корневых клеток, и **стратегия 2** (в основном у злаковых видов) — путем экссудации фитосидерофоров, образующих хелатные комплексы с Fe(III). Ризосферные микроорганизмы, подобно злаковым культурам, могут облегчать поглощение железа растениями посредством синтеза микробных сидерофоров (низкомолекулярных хелатирующих соединений). Бактерии в основном производят три группы сидерофоров — катехолаты, гидроксаматы и карбоксилаты, в то время как почвенные грибы производят четыре группы: феррихромы, копрогены, фузаринины и родоторуловую кислоту. Независимо от их природы, они образуют растворимые комплексы с железом, которые участвуют в ассимиляции железа и его поглощении растениями. Предполагается, что комплекс Fe(III)-сидерофор образуется на поверхности минерала, переносится в почвенный раствор и становится доступным для поглощения другими организмами. Роль сидерофоров не ограничивается только увеличением биодоступности Fe, но также включает способность образовывать комплексы с другими необходимыми элементами (такими как Mo, Mn, Co и Ni) в окружающей среде, улучшая их микробное поглощение.

Третий механизм, с помощью которого микроорганизмы влияют на растения, связан с продукцией растительных гормонов (или регуляторов роста), а также с контролем гормонального статуса растений. Известно, что фитогормоны, такие как ауксины, гиббереллины, цитокинины, этилен, абсцизовая кислота и другие, регулируют ряд физиологических и морфологических процессов у растений.

Неоднократно установлено, что эмиссия этилена у инокулированных растений снижается. Этилен известен как гормон старения. Его предшественником в растениях является 1-аминоциклопропан-1-карбоновая кислота (АКК). В условиях стресса производство этилена увеличивается, что ограничивает рост и стимулирует старение у растений. АКК-дезаминаза, продуцируемая микроорганизмами, обладает способностью снижать уровень этилена в инокулированных растениях и восстанавливать ростовые процессы.

Полезные эффекты арбускулярных микоризных грибов на растения

Микориза (эко- и арбускулярная) представляет собой симбиоз между корнями 80% наземных растений и микоризными грибами. Арбускулярная микориза может играть значительную роль в минеральном питании растений, поскольку она образует сеть гиф, которая значительно увеличивает объем и контактную поверхность корней в почве.



Создание микоризосферы вокруг корней путем внесения микоризных продуктов в почву

Известно, что корни растений занимают не более 5–10% внутреннего объема почвы; следовательно, большая часть питательных веществ лежит за пределами их досягаемости. Грибные гифы тоньше, чем толщина «рабочих корней» (0,2–0,3 мм), поэтому они обладают более высокой проникающей способностью в почве и, соответственно, большим доступом к питательным веществам и воде в почве. При успешной инокуляции микоризными продуктами формируется «микоризосфера», которая облегчает поставку труднодоступного для корней фосфора и ряда микроэлементов. *Glomus spp.* является наиболее распространенным родом арбускулярных микоризных грибов, который включает виды с широкой и более узкой специализацией по отношению к конкретным видам растений.

Список разрешенных продуктов для органического удобрения в рамках Эко-схемы 3

Вышеупомянутые полезные эффекты микроорганизмов дают основания предприятиям разрабатывать и предлагать соответствующие микробные биостимуляторы на агрорынке. Некоторые из микробных продуктов, разрешенных в Болгарии с заявленной азотфиксирующей способностью, представлены в таблице.

Микробные биостимуляторы, включенные в Список разрешенных продуктов в Болгарии (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 шам	3x10 ⁹ UFC/ml	азот-фиксация, ензими от азотния цикъл, стимулиране синтеза на растежни хормони, антагонистични действие, производство на ацетоин	житни култури, рапица, царевича, 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 Асплай 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 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: GAIAGO SAS, Франция Удостоверение за регистрация №0378/11.06.2019г. на Амитаща 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