

# ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

## Съдържание

БИОТОРОВЕ - ДЕФИНИЦИЯ И ОСНОВНИ АСПЕКТИ.....	1
ВИДОВЕ БИОТОРОВЕ В ЗАВИСИМОСТ ОТ ПОЛЕЗНИТЕ МИКРООРГАНИЗМИ И ТЕХНИТЕ ФУНКЦИИ	3
<b>Азотфиксиращи биоторове</b> .....	4
Свободно-живеещи азотфиксатори.....	7
Асоциативно симбионтни азотфиксатори .....	8
Симбионтни азотфиксатори .....	9
<b>Фосфорни биоторове</b> .....	11
Фосфат разтварящи биоторове .....	12
Фосфор мобилизиращи биоторове - Микориза.....	13
<b>Калий (К) разтварящи биоторове</b> .....	14
<b>Биоторове за вторични макроелементи - цинк и желязо разтварящи микроорганизми.</b>	15
<b>Ризобактерии стимулиращи растежа на растенията (РСРР)</b> .....	15
<b>Компостът като вид тор</b> .....	16
Какво представлява компоста? .....	16
Компост - ползи и приложение .....	18
Микробно съобщество в компоста .....	19
Приготвяне на компост .....	19
Компостът като средство за растителна защита.....	20
ВИДОВЕ БИОТОРОВЕ СПОРЕД ФИЗИЧНАТА ИМ ПРИРОДА И ВИДА НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ НОСИТЕЛИ	22
<b>Носител - базирани биоторове</b> .....	22
<b>Течни биоторове</b> .....	23
ЛИТЕРАТУРА .....	26

## БИОТОРОВЕ - ДЕФИНИЦИЯ И ОСНОВНИ АСПЕКТИ

Нарастващата нужда от безопасни и здравословни храни и проблемите, които произтичат от замърсяването на околната среда, са довели до възникване и развитие на органичното земеделие. В световен мащаб това е важна приоритетна област в продукцията на земеделски култури и селскостопански животни, която подобрява и укрепва здравето на агро-екосистемите, което включва биологичното разнообразие, биологичните цикли и почвената биологична активност. Органичното земеделие се основава на разработването и прилагането на биоторове и стимулиращи растежа на растенията органични вещества.

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИТОРОВЕ

Използването на химически торове в големи количества, води до многократно увеличаване на производителността на селскостопанските стоки, но в същото време те оказват неблагоприятен ефект върху почвата. Непрекъснатото и прекомерно използване на изкуствени торове и други агрохимикали за увеличаване на добива, може да доведе до замърсяване на подпочвените води и изчерпване на хранителните вещества в почвата, което в крайна сметка води до намаляване на добивите. Този проблем може да бъде преодолян чрез използването на различни технологии за производство на различни биоторове. Биоторовете от микроорганизми могат да заместят химическите торове. Те са по-евтина и благоприятна алтернатива за околната среда. Понастоящем, световния пазар за органично отгледани земеделски продукти се оценява на около 30 милиарда US \$, с ръст от около 8 %. Около 22 милиона хектара земя се използват за органично земеделие. Органично отгледаната продукция представлява по-малко от 1 % от световното конвенционално селскостопанско производство и около 9 % от общата земеделска площ. Биоторовете, наричани още микробни инокуланти, не осигуряват директно хранителни вещества на културните растения. Те представляват природни и биологични препарати, които съдържат живи или латентни клетки на полезни почвени микроорганизми. След като се добавят към семена, растителни повърхности или почва, микроорганизмите колонизират ризосферата или вътрешността на растението и стимулират неговия растеж чрез доставяне или подпомагане усвояването на наличните основни хранителни елементи за растението гостоприемник. Инокулацията с полезни почвени микроорганизми е обещаващ метод за повишаване на почвеното плодородие, тъй като по този начин се увеличава достъпа на растенията за редица важни елементи, като азот, фосфор и калий. Това ще доведе до значително намаляване в използването на синтетични торове. В литературата има доказателства за повишаване на зеленчукови добиви, в резултат на инокулиране на микроорганизми. Микроорганизмите (бактерии, микоризни гъби и водорасли) съставляват живия компонент на почвата и се характеризират с разнообразни активности, свързани с почвеното плодородие и храненето на растенията. Те оказват влияние върху структурата и динамиката на хранителни вещества в почвата, участват в храненето на растенията и повишават тяхната устойчивост към почвените патогени. Също така микроорганизмите са отговорни за процеса на азотфиксация, разтваряне на неразтворимите почвата фосфати, трансформиране на комплексна органична биомаса в минерални съединения, които се използват от растенията, както и синтеза на растежни фактори, като аминокиселини, витамини и др. Известни са 16 важни елемента (биоγενни и минерални), които се изискват за правилното развитие на растенията. Липсата на което и да е от тези хранителни вещества, може да доведе до сериозно увреждане на културите. Най-съществени са трите биоγενните елемента въглерод (C), водород (H) и кислород (O), които се усвояват от атмосферния въглероден диоксид и водата. От минералните елементи, основните макроелементи (азот, фосфор и калий) са необходими в най-големи количества и за тях е най-вероятно да присъстват в недостатъчно количество в земеделските почви. Вторичните макроелементи като магнезий (Mg), сяра (S), цинк (Zn), манган (Mn), желязо (Fe) и мед (Cu) са нужни на растенията в по-ниски концентрации и обикновено са откриват в достатъчни количества в

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

земеделските почви и следователно рядко ограничават растежа на културите. В много малки количества растенията изискват микроелементите бор (В), молибден (Мо), хлор (Сl) и никел (Ni), които могат да бъдат токсични при излишък. В някои случаи, елементите силиций (Si) и натрий (Na) се считат за съществени за растенията хранителни вещества, но поради повсеместното им наличие в почви, те никога не са в недостиг. Микроорганизмите подпомагат растенията да абсорбират по-голямо количество хранителни вещества, които, дори и да присъстват естествено в почвата, в някои случаи не могат да бъдат асимилирани от растенията, защото са в неразтворима форма.

Понастоящем, биоторовете се доставят до земеделските производители във вид на твърди и течни формулировки, като последните се явяват алтернативна технология, която има редица предимства пред твърдите биоторове.

## ВИДОВЕ БИОТОРОВЕ В ЗАВИСИМОСТ ОТ ПОЛЕЗНИТЕ МИКРООРГАНИЗМИ И ТЕХНИТЕ ФУНКЦИИ

Биоторовете съдържат микроорганизми, които са в състояние да активират биологичен процес, който стимулира развитието на растенията и и по този начин се гарантира техния здравословен растеж. Тези микроорганизми не функционират само в качеството на тор. Те трансформират недостъпните за растенията форми на почвени елементи в достъпни. Въпреки наименованието си, биоторовете не съдържат всички хранителни вещества, които могат да се добавят директно в почвата, с цел увеличаване на нейното плодородие. Напротив, микроорганизмите в тях бавно и надеждно подобряват стабилността на почвата и нейното фитосанитарно състояние. Основна разлика между биоторовете и компоста е в количеството на съдържащите се в тях микроорганизми. Биоторовете могат да съдържат само един специфичен микробен вид, който осъществява конкретна дейност в почвата. Тези микроорганизми се класифицират в три основни групи: азотфиксиращи, фосфат-трансформиращи и целулозо- разграждащи микроорганизми. Те помагат да се фиксира атмосферен азот и фосфора в почвата де се трансформира в използвана форма за растенията.

Микроорганизмите стимулират също растенията да продуцират хормони, витамини и аминокиселини, които са от съществено значение за изграждането на устойчивост срещу патогени. Почти всички култури се нуждаят от различни биоторове, в зависимост от техните нужди. Видовете биоторове, които подпомагат растежа на растението на различни нива, могат да бъдат групирани в четири категории:

➤ N-фиксиращи биоторове - Те включват бактерии от род *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Clostridium* и *Acetobacter*; синьо-зелени водорасли или цианобактерии и папрати от р. *Azolla* (живее в симбиоза със синьозелените водорасли).

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

- Р-разтварящи / мобилизиращи биоторове: Те включват микроорганизми, разтварящи фосфати като *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Aspergillus*. Микоризните гъби са мобилизиращи хранителните вещества гъби, известни също с наименованието везикуларна-арбускуларна микориза, ВА-микориза или ВАМ.
- Ризобактерии, подобряващи растежа на растенията: Тази група е представена главно от представители от р. *Pseudomonas*. Тези бактерии не осигуряват хранителни вещества за растенията, но засилват растежа и развитието им.
- Ускорители на компостирането: целулолитични (*Trichoderma*) и лигнолитични (*Humicola*) видове гъби и различни грам-положителни и Грам-отрицателни бактерии.

### Азотфиксиращи биоторове

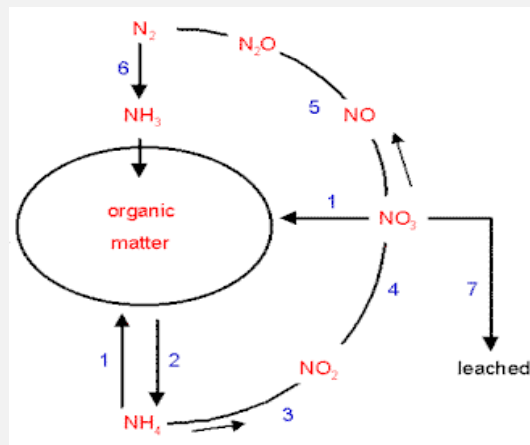
Азотът е най-лимитиращия хранителен фактор за растежа на растенията. Подходящото му добавяне към растящи растения има благоприятно усилващо действие върху растежа, добива и качеството. Тъй като азотът е основният елемент в състава на аминокиселините, които са необходими за синтезата на белтъци и други свързани съединения, той играе роля в почти всички растителни метаболитни процеси. Азотът е неразделна част от молекулата на хлорофила, отговорен за растителната фотосинтеза. Симптомите при недостиг на азот първо се появяват по листа в долната част на растението, като върховете им потъмняват, започват да се разпадат и окапват. Прекомерното използване на азотни торове води до увеличаване на общите разходи за производство на растителни култури, замърсяване на агро-екосистемите и влошаване на почвеното плодородие. По тази причина от съществено значение за изследователите е да развият и приемат стратегии за добавяне или заместване на неорганичен азот с органични източници, особено тези от микробен произход. Азотфиксиращите биоторове са най-използваните в индустрията през 2012 г., което представлява над 78 % от световното потребление. Те се прилагат главно за подобряване на добивите от зърнени култури и като допълнение към тази тяхна полезност са ползите от използването им за околната среда. Освен това, нарастващата консумация на бобови и небобови растителни продукти също води до засилено търсене на азотфиксиращи биоторове.

Азотните биоторове помагат на земеделските производители да определят нивото на азот в почвата. Видът на културите също определя азотното ниво. Някои култури се нуждаят от повече азот за растежа си, докато други изискват по-малко количество. Видът на почвата е важен фактор, от който зависи кой вид биотор е подходящ за дадена култура.

Макар в атмосферата да се съдържа около 79 %  $N_2$ , той не може да се използва директно от еукариотните организми. Атмосферният  $N_2$  първо трябва да се редуцира до азотни съединения, които вече могат да бъдат асимилирани от растенията ( $NH_4^+$  или  $NO_3^-$  йони). Биологичното фиксиране на азот от атмосферата се осъществява изключително от прокариоти (бактерии и цианобактерии) (Фиг.1).

# ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

1. Усвояване на  $\text{NH}_4$  or  $\text{NO}_3$  от микроорганизми
  2. Освобождаване на  $\text{NH}_4$  чрез разлагане
  - 3, 4. Микробно окисление на  $\text{NH}_4$  (получаване на енергия в аеробни условия)
  5. Денитрификация ( $\text{NO}_3$  дишане) от микроорганизми в анаеробни условия
- ( $\text{NO}_3$  се използват като краен акцептор на електрони по време на разлагането на органична материя)
6. Азотфиксация



Фиг. 1 Кръговрат на азота в природата

Диаграмата по-горе илюстрира кръговрата на азота в природата. Във всеки един момент, по-голям дял от общото количество фиксиран азот е включено в биомаса или в мъртви останки от организми (наричани общо като "органична материя"). Следователно, единственият наличен азот, необходим за растежа, може да се предостави от азотфиксацията от атмосферата (пътека 6 в схемата) или от освобождаването на амониеви или прости органични азотни съединения чрез разлагането на органична материя (пътека 2 в схемата).

Биологичната фиксация на азот е открита от холандския микробиолог Мартинус Байеринк. Тя съставлява 60 % от общата азотна фиксация. Микроорганизмите, които фиксират азот се наричат диазотрофи.

По този начин те увеличават нивото на този елемент в почвата и съответно почвеното плодородие. Биологичната фиксация на азот се осъществява под каталитичното действие на микробен мултимерен ензимен комплекс, наричан нитрогеназа, който се открива във всички диазотрофи. Ензимният комплекс се състои от два консервативни протеина: желязо (Fe) съдържаща динитрогеназна редуктаза (Fe протеин), кодирана от гена *nifH* и молибден желязо (MoFe) съдържаща динитрогеназа (или MoFe протеин), който се кодира от гените *nifDK*. Свързването на  $\text{N}_2$  с ензимния комплекс води до протичането на редица биохимични реакции. Fe-протеинът се редуцира от ферредоксин, след което свързва АТФ и редуцира MoFe-протеина, който дарява електрони на  $\text{N}_2$  като се образува диимид ( $\text{HN} = \text{NH}$  или  $(\text{NH})_2$ ). В два последващи цикъла на този процес (всеки от които изисква електрони от ферредоксин), диамидът  $\text{HN} = \text{NH}$  се редуцира до хидразин ( $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$ ), а това съединение от своя страна се редуцира до 2 молекули амоняк ( $\text{NH}_3$ ). В зависимост от вида на азотфиксиращия микроорганизъм, редуцираният ферредоксин, осигуряващ електрони за

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

този процес, се получава чрез фотосинтеза, дишане или ферментация. Нитрогеназите на всички азотфиксиращи бактерии се характеризират с висока степен на функционална консервативност. Изолирани са Fe и MoFe протеините от много бактерии и е установено, че фиксацията на азот може да се извърши и от безклетъчни системи в лабораторни условия, когато Fe протеина от един бактериален вид се смеси с MoFe протеина от друг вид бактерия, дори ако видовете са далечнородствени. Нитрогеназата необратимо се инхибира от молекулярен кислород и реактивните кислородни видове, тъй като кислородът реагира с желязото от белтъчните субединици. Въпреки че, това не е проблем за анаеробните бактерии, то може да бъде основен проблем за аеробни видове като цианобактерии (които генерират кислород по време на фотосинтезата) и свободно живеещи аеробни бактерии в почвите, като например *Azotobacter* и *Beijerinckia*. Тези микроорганизми имат различни защитни механизми за преодоляване на проблема. Например, видовете *Azotobacter* се характеризират с най-висока скорост на респираторен метаболизъм сред останалите бактерии, като по този начин могат да защитят ензима, чрез поддържане на много ниска кислородна концентрация в клетките. Тези видове също синтезират извънклетъчен полизахарид, който задържа вода и по този начин ограничава скоростта на дифузия на кислород към клетките.

Бактериите, стимулиращи растежа на растенията (PGPB) се използват в световен мащаб като биоторове, поради тяхната способност да подпомагат растежа на растенията и оттам добивите и плодородието на почвата, което допринася за развитието на по-устойчиво земеделие и горско стопанство.

Тези бактерии улесняват растежа на растенията директно чрез подпомагане усвояването на хранителни елементи (азот, фосфор и важни минерали) или модулиране нивата на растителни хормони, или косвено чрез намаляване инхибиторните ефекти на различни патогени върху растежа и развитието на растенията, под формата на агенти за биологична борба. Те потискат активността на патогените като продуцират голяб брой метаболити като сидерофори, хидролитични ензими и антибиотици. Бактериите, стимулиращи растежа на растенията живеят свободно в почвата, колонизират агресивно корените на растенията и установяват симбиотни взаимоотношения с тях. Съществуването им по корените на растенията обикновено се класифицира по две среди; ризосфера и ендосфера. Ризосферата представлява тази част от почвата, която е под прякото въздействие на корена, докато ендосферата представлява вътрешната коренова тъкан. Щамовете, обитаващи ризосферата и ендосферата се наричат съответно ризобактерии и ендофити.

Само N-фиксиращите микроорганизми доставят допълнително количество азот (N) в почвената система. Всички останали биоторове просто разтварят или мобилизират хранителни вещества, които вече са налични в почвата. Микроорганизмите, които имат капацитета да усвояват атмосферен N<sub>2</sub>, могат да се използват като ефективни биоторове. Тяхното приложение подобрява почвената биота и намалява необходимостта от химически торове. Сред всички бактерии, стимулиращи растежа на растенията (PGPB), diaзотрофите,

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

които участват в трансформирането или фиксирането на  $N_2$  от недостъпната газообразна форма в атмосферата се разделят на:

- свободно живеещи хетеротрофни или автотрофни бактерии
- бактерии в асоциативни симбиотични взаимоотношения
- бактерии в симбиотични взаимоотношения с растения

### Свободно-живеещи азотфиксатори

Свободно-живеещите или несимбиотните азотфиксиращи бактерии живеят извън растителните клетки и са асоциирани с ризосферата, тази част от почвата, която е под влияние на кореновата система на растенията и техните ексудати. Те се разделят в четири групи:

- аеробни нефотосинтезиращи азотфиксиращи бактерии – р. *Azotobacter*, *Beijerinckia* и *Derxia*.
- анаеробни нефотосинтезиращи азотфиксиращи бактерии – р. *Clostridium*.
- фотосинтезиращи азотфиксиращи бактерии – р. *Chromatium*, *Rhodopseudomonas*, *Rhodospirillum*, цианобактерии.
- хемосинтезиращи азотфиксиращи бактерии – р. *Desulfovibrio*.

### Аеробни нефотосинтезиращи азотфиксиращи бактерии

От ризосферата на различни зърнени култури са изолирани голям брой  $N_2$ -фиксиращи бактерии, но за увеличаване добива на зърнени и бобови растения при полеви условия, най-интензивно са изследвани представители на родовете *Azotobacter* и *Azospirillum*. Видовете от род *Azotobacter* са облигатни аероби, въпреки че могат да растат и при ограничена концентрация на  $O_2$  в средата. Родът е представен от шест вида: *Azotobacter armeniacus*, *A. beijerinckii*, *A. chroococcum*, *A. nigricans*, *A. paspali* и *A. vinelandii*. Тези видове играят важна роля във фиксацията на атмосферен азот в оризовите насаждения и се използват в качеството на биотор при отглеждане на пшеница, ечемик, овес, ориз, слънчоглед, царевица, червено цвекло, тютюн, чай, кафе и кокосови орехи. Те са разнообразни по отношение на морфологичната и физиологичната им характеристика. Някои от тях се отличават с по-голяма способност за азотфиксация, от други. В резултат на инокулирането на почвата с *Azotobacter*, се увеличава добива, което се дължи както на повишаване концентрацията на азот, така и на други вещества като витамини, гибберелини, нафтаген, оцетна киселина, които подобряват растежа на растенията. *Azotobacter* също синтезират стимулиращи растежа вещества, продуцират витамини от група В като никотинова и пантотенова киселина, биотин и хетероауксин, гибберелини и вещества подобни на цитокинините, които стимулират процеса на покълване на семената при редица зърнени култури. В практиката се прилагат твърди и течни биоторове, разработени на основата на *Azotobacter*.

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

### Фотосинтезиращи азотфиксиращи бактерии

Известни са 15 рода фотосинтезиращи цианобактерии (синьозелени водорасли), осъществяващи азотфиксация, които живеят свободно в почвата и я обогатяват с азотни съединения. Представители на родовете *Nostoc*, *Anabaena*, *Aulosira*, *Cylindrospermum*, *Calothrix*, *Totypothrix*, *Stigonema* са способни да усвояват молекулен азот чрез специални дебелостенни клетки наречени хетероцисти. Те са разположени на интервали по дължината на цианобактериалните нишки и по този начин се отделят от фотосинтезиращите вегетативни клетки. Това разделяне на клетъчните функции се налага, тъй като цианобактериите продуцират кислород, в резултат на процеса фотосинтеза, но междуременно ензимът нитрогеназа, отговорен за азотфиксацията, се инактивира в присъствие на кислород. Хетероцистите съдържат само част от фотосинтезиращия апарат, т. нар. фотосистема I, която може да се използва за генериране на енергия (АТФ). В тези клетки не се съдържа фотосистема II, която се използва за разделяне на водата на водород (за редукция на CO<sub>2</sub> до органична материя) и кислород. Сред цианобактериите, *Aulosira* са най-активните азотфиксатори в оризовите полета на Индия. Азотфиксиращите синьозелени водорасли, при които не се наблюдават хетероцисти, са по-малко на брой например, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Gleocapsa*.

### Асоциативно симбионтни азотфиксатори

Тази група обхваща бактерии от семейство *Spirillaceae* с два основни рода - *Azospirillum* и *Herbaspirillum*. Представителите на род *Azospirillum* са широко разпространени в тропичните, субтропичните и умерени почви, където живеят в симбионтни мутуалистични взаимоотношения около корените на различни диви и селскостопански растения известно като ризосферна асоциация. *Azospirillum* се отнасят към факултативните ендофитни диазотрофни групи, които колонизират повърхността и вътрешността на небобови растения. Те са в състояние да фиксират значителни количества азот, в границите между 20- 40 kg N/ha в ризосферата на зърнени храни, просо, маслодайни култури, памук, ориз, захарна тръстика и др. Азотфиксаторите от род *Azospirillum* подобряват развитието на корена и стъблото и способстват за по-интензивно усвояване на вода и минерални соли от корените. Увеличаването на добивите може да бъде значително, до 30 %, но обикновено те варират между 5 и 30 процента. Повишените добиви, в резултат от влиянието на *Azospirillum*, по-скоро се дължат на синтезата на стимулиращи растежа вещества, отколкото на азотфиксация. Основният проблем, който ограничава използването на *Azospirillum* в голям мащаб е несигурност и непредвидимост на резултатите. Независимо от това, биоторове на основата на тези микроорганизми са с обещаващо значение. Видовете *A. lipoferum*, *A. brasilense* и *A. amazonense* са използвани в разработване на азотни биоторове с търговско предназначение.



## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

### Симбионтни азотфиксатори

Най-добре проучените и използвани симбионтни азотфиксиращи бактерии принадлежат към групата на *α-Proteobacteria*, семейство *Rhizobiaceae*, което включва следните родове: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium* и *Allorhizobium*, наричани с общото наименование ризобия. Те участват във взаимно изгодни асоциативни взаимоотношения с корените на бобовите растения, по които образуват грудки и осъществяват процеса на азотфиксация. В грудките, бактериите трансформират молекулния азот до амоняк, който се използва от растението гостоприемник. За да се осигури образуване на грудки в достатъчно количество, както и оптимален растеж на бобовите растения (люцерна, фасул, детелина, грах, соя), семената обикновено се инокулират с търговски култури на подходящи видове *Rhizobium*, особено в почви, в които броя им е малък или изобщо липсват. Видовете от р. *Rhizobium* може да фиксират 15-20 кг N / ха и по този начин повишават добивите до 20%. Изчислено е, че между 40-250 кг N / ха / година се фиксират от различни бобови култури посредством микробната активност на *Rhizobium*. Азотфиксиращата способност на *Rhizobia* варира значително между различните растения-гостоприемници и бактериални щамове.

Поради това, при производството на биоторове трябва да се вземат предвид не само бактериалните щамове, но също така тяхната съвместимост с растението-гостоприемник.

Азотфиксаторите от род *Frankia* също участват в симбиотни взаимоотношения с някои двуседелни видове растения (актиноризни растения). Представителите на р. *Frankia* са свободно живеещи Грам-положителни филаментозни актинобактерии, които се откриват в коренови грудки или в почвата. Инокулирането на актиноризни растения с вивове от р. *Frankia* значително подобрява растежа и биомасата на растението, съдържанието на азот в корена и надземните му части, както и преживяемостта на растението след пресаждането му в полето. Успеваемостта при създаване на насаждения от актиноризни растения, в почви с влошена структура, зависи от избора на ефективни щамове от р. *Frankia*. Видовете от този род са способни да инфектират и да образуват грудки при осем семейства актиноризни растения (главно дървесни видове), които се използват: в производство на дървен материал за строителството и като гориво, подобряване на характеристиките на обработваеми земи (мелиорация), в смесени насаждения, като ветрозащитни прегради по пустини и брегови ивици. Инокулирането с *Frankia* може да бъде предимство в неплодородни местообитания, места с влошени условия за живот вследствие климатични или антропогенни въздействия, както и области, в които не се наблюдават естествени актиноризни растения. Симбиозата между актиноризни растения и *Frankia* индуцира образуването на многогодишни коренови образувания, наречени грудки, в които са локализираните актинобактериите и се осъществява азотфиксация. В естествени местообитания, актиноризните грудки се характеризират с променливи форми и цветове. Сравняването им с грудките по бобовите растения показва, че те се различават по отношение на морфология, анатомия, произход и функциониране при тези две групи азотфиксиращи растения. При актиноризната симбиоза грудките се образуват в резултат на междуклетъчна или извънклетъчна инфекция.

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

Цианобактериите са от голямо екологично значение, тъй като те допринасят значително за глобалната азотфиксация. Тяхната способност да фиксират молекулен азот е важна при отглеждането на ориз и при ремедиацията на неплодородни почви. Производството и приложението на цианобактерии все още е сравнително слабо развито. Въпреки това, те трябва сериозно да се разглеждат като биоторове, спомагащи за устойчиви земеделски практики в различни местообитания.

Освен цианобактериите (синьо-зелени водорасли), които са важни биологични фактори при отглеждането на ориз, *Azolla* е в основата друг евтин, икономичен, и екологосъобразен биотор. Най-важният фактор при използване на *Azolla*, в качеството на биотор за оризови насаждения, е бързото му разграждане в почвата и лесна достъпност на оризовите култури до наличния азот, изискване за плитки сладководни местообитания, бърз растеж и същевременно растеж, заедно с оризовите растения без конкуренция за светлина и пространство. Наблюдавано е повишаване на оризовите добиви от 14% до 40%, с използване на *Azolla* като втора култура. *Azolla* подобрява височината на оризовите растения, броя на филизите, добивът от зърно и слама. Той се допълва с 8-20 кг фосфат/хектар.

Освен азотфиксация, чрез тези биоторове също се осигуряват значително количество на P, K, S, Zn, Fe, Mb и други микроелементи. *Azolla* масово се отглежда в азиатските региони, като се включва в почвата преди засаждането на ориза или се култивира заедно с него като втора култура. Азиатците са признали ползите от използването на *Azolla* в качеството на биотор, храна за хората и лекарства. Той също така подобрява качеството на водата, чрез отстраняване на излишните количества нитрати и фосфор, а също се използва като фураж, храна за риби, патици и зайци. *Azolla* е малка по размери плаваща папрат, която живее в симбионтни асоциации с цианобактерии и еубактерии, които остават свързани с рстението през целия му жизнен цикъл. Растението е уникално с това, че действа като гостоприемник на цианобактериите, които осъществяват азотфиксация, след което *Azolla* се използва на практика като зелена тор. В този процес, тя служи като източник не само на биологично фиксиран N, но и други хранителни вещества, абсорбирани от почвата и съдържащи се в нейната биомаса. Известни са седем вида от семейство *Azzolaceae* - *Azolla caroliniana*, *A. filiculoides*, *A. maxicana*, *A. microphylla*, *A. pinnata*, *A. rubra* и *A. nilotica*. Видът *A. pinnata* често се среща като обитател на водоеми в Индия. Синьо-зелените водорасли, които живеят в симбиоза с *Azolla* принадлежат към семейство *Nostocaceae* и обикновено се отнасят към вида *Anabaena azollae*. При взаимоотношенията между *Azolla* и цианобактериите *Anabaena azollae*, еукариотния организъм приютява прокариотия ендосимбионтен вид *Anabaena azollae* в листни кухни и от своя страна му осигурява въглеродни източници, а той получава необходимият за развитието си азот. Атмосферния азот се фиксира от *Anabaena azollae*. Хетероцистите са местата, в които става азотфиксацията. По протежение на стъблото честотата, с която се срещат, нараства от върха към основата в последващите листа. Симбиозата спомага за бърз растеж и размножаване на тази папрат и създаването на огромно количество биомаса на водната повърхност. След

# ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИТОРОВЕ

това биомасата се събира, изсушава се и се прилага като добавка в насаждения с кафе, в качеството на източник на азот.

## Фосфорни биоторове

Фосфорът (P) е следващия съществен макроелемент след азота, който се изисква от растенията в разтворима форма за увеличаване на растежа и продукцията на културите. Той играе значителна роля в метаболизма на растенията и е важен за функционирането на ключови ензими, които регулират метаболитните пътища. Наличните фосфати в почвата се срещат в три форми: фосфати в почвения разтвор, неразтворими органични фосфати и неразтворими неразтворим неорганични фосфати. По-голямата част от фосфора в почвата, приблизително 95-99%, е в неразтворима форма. Това означава, че почвата съдържа голямо количество общ фосфор, от който много малка част е достъпен за растенията, поради което често той се явява лимитиращ фактор за растежа им.

Основна характеристика на биогеохимията на P е, че само 1% от общото му съдържание в почвата P (400-4 000 кг P / ха в горен почвен слой от 30 см) се включва в жива растителна биомаса по време на всеки сезон на растеж (10-30 кг P / ха), което отразява слабата му наличност за усвояване от растенията. При растенията фосфорния дефицит води до хлороза, слаби стъбла и бавен растеж. По тази причина, той се счита за най-важният химичен фактор, ограничаващ растежа на растенията, поради жизнено важната роля, която заема във физиологичните и биохимични функции на растението. Употребата на химични фосфорни торове за избягване на P дефицит в почвата, не е много ефективен метод, поради високата реактивност на фосфатните аниони и преципитирането им при взаимодействие с катиони като  $Fe^{3+}$  и  $Al^{3+}$  в кисели почви или с  $Ca^{2+}$  йони във варовикови почви. Прилагането на микробни инокуланти, способни да трансформират неразтворимите фосфати в разтворима форма, ще бъде обещаващ подход за увеличаване наличността на този елемент P в земеделските почви и същевременно се явява щадяща околната среда алтернатива на използваните химически торове. Разтварянето на органичните фосфати е известно още като минерализация и този процес се реализира в почвата за сметка на останки от мъртва растителна и животинска материя, която съдържа голямо количество органични фосфорни съединения. Разлагането на органичната материя се осъществява под действието на сапрофитни микроорганизми, които освобождават ортофосфат от органични съединения. Различни бактериални видове могат да разтворят неорганични фосфатни съединения, като трикалциев фосфат, дикалциев фосфат, хидроксиапатит и скални фосфати. Важно е да се определи действителния механизъм на разтваряне на фосфатите от микроорганизми (ФРМ) за оптимално им използване в разнообразни полеви условия. Микроорганизмите усвоят P чрез мембранен транспорт, така разтварянето на  $CaP$  до  $P$  ( $H_2PO_4^-$ ) е от съществено значение за глобалния цикъл на фосфор в природата.

Разтварянето на фосфор в природата се дължи на активността на фосфат разтварящи микроорганизми (ФРМ), които се отнасят към различни родове: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aereobacter*,

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

*Flavobacterium* и *Erwinia*. Симбионтните *Rhizobia* бактерии, които фиксират атмосферен азот, трансформират го в амониеви съединения и го експортират към растенията гостоприемници, също притежават фосфат разтваряща активност. Например, *Rhizobium leguminosarum* *bv. trifolii* и видове *Rhizobium*, които образуват грудки по корените при видове от род *Crotalaria*, подобряват растителното хранене по отношение на фосфор чрез мобилизиране на неорганични и органични фосфорни съединения. Различни фосфат разтварящи бактерии са изолирани от екстремални местообитания, например халофилната бактерия *Kushneria sinocarni*, изолирана от седименти в солници на източния бряг на Китай, което може да бъде полезно при прилагането ѝ в обработваеми земи с по-високо солево съдържание.

Разработени са два вида фосфорни биоторове въз основа на прилагането на фосфат разтварящи и фосфат мобилизиращи микроорганизми.

### Фосфат разтварящи биоторове

Към тази група се отнасят представители на бактерии и гъби, които разтварят неразтворими неорганични фосфатни съединения, като трикалциев фосфат, дикалциев фосфат, хидроксиапатит и скален фосфат. Най-ефективни сред тях са видове, принадлежащи към бактериалните родове *Bacillus* и *Pseudomonas*, както и гъбни представители от родовете *Aspergillus* и *Penicillium*. Тези микроорганизми могат да бъдат изолирани в по-голяма концентрация от почвената ризосфера. Приложението им в биоторовете е с цел увеличаване на добивите от бобови и зърнени култури, зеленчуци и овощни насаждения. Фосфат разтварящите гъби продуцират повече киселини от бактериите и следователно се характеризират с по-голяма Р-разтваряща активност. От филаментозните гъби, които разтварят фосфати, родовете *Aspergillus* и *Penicillium* се отличават със своята активност, въпреки че има съобщения за *Trichoderma* видове както и *Rhizoctonia solani*, които също се характеризират като Р-разтварящи микроорганизми. Предложени са редица теории, които обясняват механизмите на фосфатно разтваряне. Най-важните сред тях са: теория за продукцията на киселина и протонна и ензимна теория.

- *Теория за продукцията на киселина*

Основният механизъм, на който се базира разтварянето на фосфати от фосфат разтварящите микроорганизми, е продукцията на органични киселини, които или директно разтварят скалните фосфати, в резултат на заместване на фосфата от киселинен анион или се образуват хелати с йони на  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  за освобождаване на Р в разтвора. Способността на ФРМ да секретират и освобождават органични киселини в почвата (лимонена, оксалова, янтарна, винена, ябълчна, алфа-кетобутират, 2-кетоглюконова, глюконова и фумарова киселини), обуславя понижаване на почвеното рН в местата в близост до тях, което е предпоставка за разтваряне на свързани фосфати и дисоциация на съединения като  $Ca_3(PO_4)_2$  във варовиковите почви. Микробните органични киселини се

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

получават в резултат на окислителен метаболизъм или чрез ферментация на органични въглеродни източници. Глюконовата и фумарова киселини се характеризират с най-голяма способност за разтваряне на фосфати от неорганични фосфатни съединения. Количеството на освободения разтворен фосфат зависи от силата и вида на киселината. Установено е, че алифатните киселини са по-ефективни при разтварянето на фосфати от фенолните и лимонени киселини. *Pseudomonas sp.*, *Erwinia herbicola*, *Pseudomonas cepacia* и *Burkholderia cepacia* са фосфат разтварящи бактерии, които синтезират по-голямо количество глюконова киселина. Освен органични киселини, неорганични киселини като азотна и сярна също се продуцират от нитрифициращи *Nitrosomonas* и сяра-окисляващи *Thiobacillus* бактерии по време на окисляването на азотни или неорганични съединения на сяра, които взаимодействат с калциев фосфат и го превръщат в разтворими форми. Въвеждането на ефективни фосфат-разтварящи микроорганизми в ризосферата на културни насаждения, повишава съдържанието на достъпен фосфор и по този начин се увеличава добива до 200-500 кг / ха. По този начин микроорганизмите играят важна роля в разтварянето и усвояването на естествен и внесен фосфор.

- *Ензимна и протонна теория*

Фосфат разтварящите микроорганизми са известни също със способността си да синтезират ензима фосфатаза заедно с продукцията на киселини, което води до разтварянето на Р във водна среда. Естеразите участват в освобождаване на фосфор от органични съединения. Разтварянето без продукция на киселина, се дължи на освобождаването на протони, в процеса на дишане или усвояване на амониеви съединения. Освен тези механизми, някои бактериални видове синтезират сидерофори - съединения, образуващи хелати с желязото, които свързват наличните желязни йони в зоната на корените и по такъв начин ги правят недостъпни за вредни микроорганизми, като едновременно с това защитават културните растения. Образването на други хелатообразуващи вещества, минерални киселини, биологично активни вещества като индол, оцетна киселина, гиберелини и цитокинини също корелира с фосфатното разтваряне.

### Фосфор мобилизиращи биоторове - Микориза

Този тип биоторове съдържа микоризни гъби известни също като фосфатни абсорбери. Те са хетерогенна таксономична група, която обитава кореновата система на растенията и установява симбиотни взаимоотношения с тях. Микоризните гъби живеят в симбиоза с над 90% от висшите растения, включително важни видове културни растения като царевица, пшеница, ориз и картофи. Те образуват мост между растителните корени и почвата, като акумулират хранителни вещества от почвата и ги предоставят на корените. Известни са два основни типа микориза: Ектомикоризни (ЕМ) и Ендомикоризни гъби (АМ). Ендомикоризата се среща по-често, като се открива при треви, храсти, някои дървета и други растения. Ектомикоризните гъби обикновено са специфични за определен гостоприемник, докато повечето видове ендомикоризни гъби формират отношения с почти

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

всяко растение гостоприемник и затова е много по-лесно да се специфицират. Арбускул-образуващата микориза (AMF) е широко разпространен тип ендомикориза, асоциирана с културни и градински растения, при която гъбните хифи на видове от род *Glomeromycota* пробиват външната обвивка на корена и проникват в клетъчната му структура, като се срастват с клетките под формата на разклонени структури, наречени арбускули. След установяване на връзката (микориза), растението гостоприемник получава необходими хранителни вещества, особено фосфор, калций, мед, цинк и др., които иначе са недостъпни за него, с помощта на фините абсорбиращи гъбни хифи. Фосфорът лесно се абсорбира от почвените частици, което обуславя липсата на мобилност при този елемент, в резултат на което около корените на растенията се формират зони, лишени от фосфати. Някои от външните хифи на микоризните гъби може да се разпростират на повече от 10 см от повърхността на корена, което им осигурява по-голям достъп до околната богата на хранителни вещества почва. Малкият им диаметър (20 до 50  $\mu\text{m}$ ) позволява достъп и до почвените пори, които не могат да бъдат достигнати само от корените. Хифите също продуцират извънклетъчни алкални фосфатази, на които се дължи мобилизиране на P от органичните източници. Чрез отделянето на протони, хидроксилни съединения и органични киселини, микоризите модифицират редокс потенциала около корена и мицела, което също засилва трансформирането на неразтворим фосфат от почвените частици в разтворима форма, в почвения разтвор. Следователно, коренова система, която образува микоризна мрежа, ще има по-голяма ефективна повърхност за абсорбиране на хранителни вещества и достъпност до по-отдалечен обем почва, от немикоризни корени. Арбускуларните микоризни хифи екскретират също лепкави, захарни съединения, наричани гломалини, които водят до слепване на почвените частици и образуване на стабилни почвени агрегати. Налице е нарастващ интерес към използването на микоризата за насърчаване на устойчивото земеделие, имайки предвид широко възприетите ползи от симбиозата за ефективното хранене на растенията (както по отношение на макроелементи, особено P, така и на микроелементи), водния баланс, защита на растенията от биотични и абиотични стресови фактори. VAMRI е биотор, съдържащ нарязани и изсушени царевични корени, инокулирани с везикуларна арбускуларна микориза от рода *Glomus* (*G. mosseae* или *G. fasciculatum*). Освен като микробен инокулант, този продукт служи също така като агент за био-контрол на почвени болести по различни култури при различни условия, като блокира развитието на редица почвени патогени. VAMRI може да се прилага за пипер, домати, папая, лук, царевица, фъстък, захарна тръстика, патладжан, банан, овощни култури, диня, и т.н.

### Калий (K) разтварящи биоторове

Калият е третия есенциален елемент, който е необходим за растежа на растенията. Някои ризобактерии са способни да го извличат от неразтворимите му форми. Съобщава се, че *Bacillus edaphicus* повишава усвояването на калий при пшеница, а *Paenibacillus glucanolyticus* увеличава сухото тегло на черния пипер. Суданката (наричана още Суданска трева), инокулирана с калий-разтварящата бактерия *Bacillus mucilaginosus*, се

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

характеризира с по-висок добив от биомаса. В резултат на ко-инокулиране на *Bacillus mucilaginosus* и фосфат-разтварящата бактерия *Bacillus megaterium*, се подобрява растежа при патладжан, пипер и краставица.

### Биоторове за вторични макроелементи - цинк и желязо разтварящи микроорганизми

Цинкът е от първостепенна важност за развитието на растенията. Той се открива в земната кора в концентрация от 0.008 %, но има и почви, които показват дефицит по отношение на този елемент, като съдържанието му в тях е далеч под критичното ниво от 1.5 ppm. Цинковият дефицит при растенията се преодолява чрез допълнително прилагане на разтворим цинков сулфат ( $ZnSO_4$ ). Микроорганизми, които се откриват в почвата, могат да се използват като биотор за осигуряване на макроелементи като Zn, Fe, Cu и др. Цинкът може да преминава в почвения разтвор чрез активността на *B. subtilis*, *Thiobacillus thiooxidans* and *Saccharomyces sp.* Тези видове са отговорни за екстракцията му в почви, в които природния цинк е в по-висока концентрация или се среща под формата на неразтворими цинкови съединения като цинков оксид ( $ZnO$ ), цинков карбонат ( $ZnCO_3$ ) и цинков сулфид ( $ZnS$ ), вместо като цинков сулфат ( $ZnSO_4$ ). Свързването на цинка се осъществява чрез два основни механизма: първият е характерен за кисели почви и се основава на обмен на катиони; вторият механизъм действа в алкални почви, където фиксацията се осъществява чрез сорбция на Zn от  $CaCO_3$ , като в резултат се образува  $ZnCaCO_3$ .

### Ризобактерии стимулиращи растежа на растенията (PCPP)

Ризобактериите са група ризосферни бактерии, които оказват благоприятен ефект върху растежа на растенията. Абревиатурата PCPP в най-общ смисъл означава бактерии, които в някои случаи по неизвестен механизъм, стимулират растежа на растенията. Те се разпределят в няколко рода - *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Actinoplanes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas sp.*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Erwinia*, *Enterobacter*, *Amorphosporangium*, *Cellulomonas*, *Flavobacterium*, *Streptomyces* и *Xanthomonas*. Тези бактерии стимулират растежа на растенията по различен механизъм, но обикновено го повлияват чрез разтваряне на P, повишаване на усвояването на хранителни вещества, продукция на растежни хормони или продукция на различни антимикробни съединения, които действат по различни начини. Bertrand et al. (2000) съобщават, че ризобактериите от род *Achromobacter* водят до повишаване броя и дължина на кореновите власинки при маслодайна рапица (*Brassica napus*). *Achromobacter* увеличават приема на  $NO_3^-$  и  $K^+$  вследствие на което се повишава сухото тегло на надземните части и корена от 22 до 33 % и съответно от 6 на 21 %. Един от механизмите за подобряване растежа от ризобактерии, е антагонизъм срещу фитопатогенни микроорганизми, който се дължи на синтезата на антимикробни метаболити като сидерофори, антибиотици, цианиди, ензими, разграждащи гъбна клетъчна стена, както и газообразни продукти, включително амоняк. Механизмът на антигъбен ефект се основава на синтезата на различни антимикробни

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

съединения, действащи по различни начини. Антагонистичните ефекти се дължат на цитолиза, изтичане на калиеви йони, нарушаване на структурната цялост на мембраните, инхибиране на мицелния растеж и биосинтеза на протеини. Повечето идентифицирани биоконтролни щамове *Pseudomonas* продуцират противогъбни метаболити като феназини, пиролнитрин, пиолутеорин, циклични липопептиди като вискосинамид. Доказано е, че вискосинамидът предотвратява инфектирането на захарно цвекло от *Pythium ultimum*. Тези бактериални щамове, освен антагонистичен ефект, също повлияват растителната защитна система. Сидерофор-медираното конкурентно свързване на желязо е сред механизмите, отговорни за антагонистична активност на *Pseudomonas sp.* Секретираните желязо-свързващи хелатни съединения, взаимодействат с ферийоните ( $Fe^{3+}$ ) и се усвояват от микробните клетки чрез специфично разпознаване от мембранни протеини. Продукцията на сидерофори, осигурява превес на тези бактерии в конкуренцията за желязо, като по този начин се предотвратява развитието на патогенни микроорганизми. Видовете *Pseudomonas* синтезират два различни вида: псевдобактин и пиовердин. Бактериалните сидерофори показват по-висок афинитет към желязото от сидерофорите от някои гъбни патогени, позволявайки им свързване на повече желязо, което предотвратява разпространението на гъбни патогени. Някои автори съобщават, че *Pseudomonas fluorescens*, отнасящ се към PCPP групата, синтезира сидерофори и упражнява биоконтролен ефект срещу *P. ultimum*, *R. bataticola*, *Fusarium oxysporum*. Други видове *Pseudomonas*, като *P. stutzeri* синтезират екстрацелуларни ензими хитиназа и ламинариназа, които лизират мицела при *Fusarium solani*., *Pseudomonas aeruginosa* при лимитация по желязо синтезира три вида сидерофори: пиовердин, пиочелин и неговия прекурсор салицилова киселина и индуцира устойчивост към болести по растенията, причинени от *Botrytis cinerea* при боб и домати, *Colletotrichum lindemuthianum* при боб. Патогенният вид *F. oxysporum* причинява фузариено увяхване при голяма част от икономически важните култури. *Alternaria sp.* и *Sclerotium sp.* водят до поява на петна по листата, кореново и стволново гниене, което също води до сериозни загуби на добиви. Противогъбният ефект на PCPPs е в зависимост от редица екологични и генетични фактори. Биотичните и абиотични сигнали на околната среда оказват въздействие върху регулацията на гените, отговорни за биоконтролните свойства при *Pseudomonas*, например върху репресията на сидерофорна биосинтеза. Ниски концентрации от кислород, както и наличните въглеродни и азотни източници, които повлияват молекулярните механизми, също се включват в регулацията на биоконтролната активност.

### Компостът като вид тор

#### Какво представлява компоста?

Компостирането е контролиран микробен процес на окисление, при който органичните биоразградими отпадъци се превръщат в безопасни и полезни хумус-подобни продукти (компост), за прилагане в почвата в качеството на подхранващ органичен тор. Процесът представлява евтино, ефективно и устойчиво третиране на твърди битови



## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

отпадъци. Той зависи от редица фактори, включително температура, влажност (обикновено 40-60 % от теглото), достатъчно кислород за създаване на аеробна среда (обикновено 5 % или повече), размер на частиците, съотношение C /N и степента на превръщане. Ефективното контролиране на тези фактори ще ускори процеса на компостиране. Компостът може да се дефинира като органичен тор, получен в резултат на аеробно, анаеробно или частично аеробно разграждане на широк набор от растителни, животински, човешки и промишлени отпадъци. Компостирането е с дългогодишна традиция почти навсякъде по света. Това понятие се среща още от периода на ранно земеделие в Китай, но също така се е практикувало в продължение на векове в Индия и Европа. Компостът е тъмен, ронлив земен материал, който обикновено съдържа по-малко от 2 % (w/w) азот, фосфор и калий (N: P: K). В него се откриват също микроскопични гъби, бактерии, червеи и торни бръмбари. Тази смес създава симбионтна хранителна мрежа в почвата. Разлагащият се материал служи за храна на организмите и помага за аериране на почвата, като в същото време я поддържа влажна. Хранителната стойност на компостите варира в широки граници, в зависимост от природата на изходната суровина за компостиране.

Видовете компост обикновено се класифицират като:

➤ Селски компост: Този компост се образува от суровини, които се получават като отпадни продукти от ферми или други селски райони. Те могат да бъдат слама, листа, оборски отпадъци, отпадъци от плодове и зеленчуци, както и каша, получена от инсталации за биогаз. Като цяло, той съдържа 0,5 % N, 0,2 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 0,5 % K<sub>2</sub>O. Селският компост намира основно приложение във фермите като органичен тор.

➤ Градски компост: Това понятие се отнася до компост, получен на основата на градски и промишлени отпадъци, градски боклук, утайки от отпадъчни води, отпадъци от фабрики и други. Неговият състав е 1,5-2,0 % N, 1,0 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 1,5 % K<sub>2</sub>O. Съобщава се, че търговския градски компост съдържа 1 % Fe, около 375 мг / кг Cu, 705 мг / кг Zn, 740 мг / кг Mn и малки количества от други микроелементи.

➤ Вермикомпост: важен вид компост, който съдържа земни червеи пашкули, екскрети, полезни микроорганизми, актиномицети, растителни хранителни вещества, органични вещества, ензими, хормони и т.н. Вермикомпостът представлява органичен тор, резултат от дейността на земните червеи и съдържа средно 0,6 % N, 1,5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 0,4 % K<sub>2</sub>O. В допълнение към NPK, той също така е източник на микроелементи, като съдържа средно 22 мг / кг Fe, 13 мг / кг Zn, 19 мг / кг Mn и 6 мг / кг Cu. Образуването му подпомага ефикасно и икономически ефективно рециклиране на животински отпадъци (от домашни птици, коне, свине и едър рогат добитък), отпадъци от земеделието, както и промишлени отпадъци, с малък разход на енергия.

За оценка на качеството на компоста се използват различни параметри. Обикновено, тези параметри включват индекс на покълване, водоразтворим органичен въглерод, водоразтворим органичен азот, рН, електрическа проводимост, влажност, съдържание на обща органична материя. Счита се, че само един параметър не може да характеризира зрелостта на компоста, която може да се оцени чрез комбинация от различни физични

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

(мирис, цвят, температура, размер на частици), химични (съотношение C/N, минерален N, съдържание на замърсители (тежки метали и органични вещества), рН, качество на органична материя, съдържание на хумус) и биологични свойства (индикатори за микробна активност като дишане, съдържание на АТФ, ензимна активност, микробна биомаса, азотна минерализация). рН на узрелия компост е обикновено около 7.5 и той има C/N съотношение от 10:1 до 20:1. Температурата в компоста е съизмерима с тази на обкръжаващата среда. Той мирише на пръст, не се загрява след като приключи процеса, има тъмен цвят на почва и в него не се отдиференцират остатъци от листа или трева, хранителни отпадъци. Прилагането на неузрял компост в почвата води до инхибиране покълването на семената, коренова деструкция и понижаване на кислородната концентрация и редокс потенциала, което налага нуждата от предварителна оценка на зрелостта на компоста.

### Компост - ползи и приложение

Когато се прилага в почвата, компостът или екстракти от него оказват ползотворен ефект върху растежа на растенията, поради което се разглежда като ценна почвена добавка. Неговото приложение е много популярно като средство за подобряване на физичните свойства на почвата и за доставяне на хранителни елементи за растенията. Компостът е източник на богати на органичен въглерод вещества за почвените микроорганизми, които от своя страна разграждат неусвоимата органична материя и я трансформират в усвоима за растенията форма, като по този начин се повишава и микробното биоразнообразие в почвата. Органичните торове (растителни или животински) активират естествената микрофлора в почвата и ризосферата на растенията и са отлично средство за повишаване числеността на микробната популация. Компостът съдържа макро- и микроелементи, които често отсъстват в синтетичните торове и бавно освобождава веществата – над месец или година, за разлика от химичните торове. Той буферира почвата, неутрализира киселите и алкални почви, като в резултат на това обуславя оптималните за усвояване от растенията на хранителни вещества, рН стойности. Компостът подпомага свързването на почвените частици и образуване на агрегати, които осигуряват добра структура на почвата. Такъв тип почва е изпълнена от малки въздушни канали и пори, които задържат въздух, влага и хранителни вещества. Това улеснява работата на почвата и също е полезно за контрол на ерозията. Ерозията често е резултат от слабо почвено плодородие. Компостът и хумусът, който той съдържа може да се свързва към почвата, изграждайки добра структура, която осигурява оптимално плодородие и ерозионна устойчивост. Сравнително ново приложение на компоста е биоремедиацията. Много вещества могат да контаминират повърхностните води, почви и резервоари. Микроорганизмите в компоста разграждат замърсителите във водата и почвата. Те се разграждат, метаболизират и трансформират в хумус и инертни продукти като въглероден диоксид, вода и соли. Компостната биоремедиация е ефективна в разграждането или модифициране на хлорни и нехлорни въглеводороди, химикали за обработване на дървесина, разтворители, тежки метали, пестициди, нефтени продукти и експлозиви.

# ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

## Микробно съобщество в компоста

По време на компостирането разнообразни микроорганизми с целулолитична – лигнолитична активност като *Trichoderma viridae*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Bacillus sp.*, разграждат различни отпадни продукти от животински и растителен произход, отпадъци от ферми и обори. Компостът поддържа високочислени популации с по-голям процент Грам отрицателни микроорганизми. Някои от изолатите показват протеолитична активност, която се счита като механизъм за потискане или конкуренция с други микроорганизми. Основните Грам отрицателни родове, които се идентифицират в зрелия компост, са *Pseudomonas*, *Serratia*, *Klebsiella* и *Enterobacter*. Всички Грам положителни изолати са идентифицирани като *Bacillus spp.* Есенциалните елементи, които се изискват от компостиращите микроорганизми са въглерод, азот, кислород, както и влага. Ако отсъства някой от тези елементи или те не са в нужното съотношение, микроорганизмите няма да се развиват и няма да осигурят подходящо загряване в компоста. Процес на компостиране, който протича при оптимални условия, ще доведе до превръщане на органичната материя в компост със стабилни характеристики, който се характеризира с отсъствие на мирис и патогени и се явява беден хранителен субстрат за бълхи и други насекоми. В допълнение, той ще редуцира в значителна степен обема и теглото на органичните отпадъци, тъй като при компостирането повечето от биоразградимите компоненти се превръщат във въглероден диоксид.

Периодът на компостиране протича под влияние на редица фактори включващи температура, влага, кислород, размер на частиците, съотношение въглерод / азот и смесване. Ефективното контролиране на тези фактори осигурява интензивен процес на компостиране.

## Приготвяне на компост

Процесът на компостиране се осъществява с участието на три микробни групи:

- Психрофили – микроби, живеещи при ниска температура
- Мезофили – микроби, живеещи при стайна температура
- Термофили – микроби, живеещи при висока температура

Първоначално, компостирането започва при мезофилни температури и впоследствие прогресира към термофилния температурен диапазон. Това се дължи на окислителния метаболизъм на микроорганизмите, който е екзотермичен и продуцираната топлина е достатъчна да повиши температурата на органичната материя до 65-75 °C за период до 10 дни. Термофилният етап на компостирането се явява като самоочистващ механизъм, чрез който се разрушават патогени, термолабилни микробни и растителни токсини. Температурата е правопропорционална на биологичната активност в компостиращата система. С повишаване на метаболитната скорост на микробите, се повишава температурата в системата. Обратно, понижаването на скоростта на микробен метаболизъм води до понижаване на температурата в компоста. Не всички органични субстанции се разграждат

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

напълно. Лигнинът, лигноцелулозата и други растителни компоненти се модифицират бавно и стават част от крайния стабилен компост. Разтворимите растителни ексуданти се разграждат много по-бързо. След разграждането на най-бързо усвоимата органична материя, биологичната активност намалява, което е съпроводено с понижаване на температурата и консумацията на кислород. Компостът навлиза във фаза на превръщане, по време на която разграждането протича много бавно и органичната материя се превръща в стабилни хумусни субстанции – завършен или зрял компост. Остатъците от зърнени култури подлежат на компостиране, но въпреки високото им съдържание на въглерод, те са дефицитни по отношение на азот. Обратно, животинските остатъци са богати на азот и много често бедни на въглерод.

### Компостът като средство за растителна защита

Компостът може да бъде трансформиран в супресивен компост след инокулиране на агенти за биологичен контрол, които са специфично активни срещу болест по растенията. В практиката, компостът не е постоянно или естествено колонизиран от широк спектър от агенти за биоконтрол, тъй като последните се разрушават от високата температура по време на компостирането. За да бъдат ефективни агентите за биоконтрол трябва да реколонизират по време на лечебната фаза, но това не винаги се случва. Например, компост, образуван в близост до гора, е много по-вероятно да бъде колонизиран от ефективни агенти за биоконтрол и да супресира причинители на заболявания от компост, образуван в затворена система. Микробите, които показват предпочитание за колонизиране и лизиране на растителни патогени могат да се класифицират като агенти за биоконтрол.

Микроорганизмите, стимулирани от компоста допринасят към супресивната активност на почвената микрофлора чрез четири контролни механизма: антибиоза, конкуренция, паразитизъм и индуцирана системна резистентност.

Антибиозата представлява инхибиране растежа на един организъм от метаболитен продукт, например антибиотик, синтезиран от друг организъм. *Agrobacterium radiobacter* 84 продуцира бактериоцин, наречен агроцин, който широко се прилага като търговски препарат за контрол на crown gall – сериозно заболяване по овощни дръвчета в разсадници и много други дървесни видове. *Lysobacter* and *Mucobacteria* продуцират значителни количества литични ензими и някои изолати са ефективни в борбата срещу гъбни патогени по растенията. Експресията и секрецията на тези ензими от различни микроби може да доведе до директна супресия на активността на растителни патогени. Контролът върху *Sclerotium rolfsii* от бактерията *Serratia marcescens* се дължи на секрецията на хитинази. Някои продукти, резултат от активността на литичните ензими, може да допринесат за индиректно супресирание на заболявания. Например, олигозахаридите, получени като продукти от разграждането на клетъчната стена на гъбни видове, се явяват като потенциални индуктори на защитната система при растението гостоприемник. Ензимът  $\beta$ -1-3 глюканаза допринася за биоконтролната активност на щам *Lysobacter enzymogenes* C3.

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

Конкуренцията е вид взаимоотношение, при което микроорганизмите се конкурират за хранителни вещества като високо-енергийни въглехидрати, азот и желязо, както и за местообитание, кислород и пространство.

Като пример за паразитизъм са видове гъби, които паразитират по патогени на растенията, което води лизис на клетките им. Ефективен контрол върху гъбата *Rhizoctonia solani* може да се постигне чрез прилагане на изолати *Trichoderma*, в комбинация с бактериални агенти за биоконтрол. Представителите на род *Trichoderma* са основните микроорганизми, които се изолират от компост, получен от лигноцелулозни отпадъци, които паразитират по растителния патоген *Rhizoctonia solani*.

Механизмът на индуцирана системна резистентност се основава на активиране синтезата на растителни метаболити, като салицилова киселина, белтъци или други съединения, асоциирани със защитни механизми, които водят до системна устойчивост на растенията към патогени. Някои биоконтролни щамове *Pseudomonas* sp. и *Trichoderma* sp. са известни със способността си силно да индуцират защитната система на растенията гостоприемници. В няколко случая, инокулирането с ризобактерии, (PCPP) е ефективен метод за контролиране на множество заболявания, причинени от различни патогени, включително антракноза (*Colletotrichum lagenarium*), петна по листата (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*) и бактериално увяхване (*Erwinia tracheiphila*).

Количеството продуцирани биологично активни съединения, за потискане на заболявания по растенията, може да бъде зависимо от състава на почвата и съотношението въглерод / азот в почвената органична материя, която служи като хранителен източник за микробните популации в почвата и ризосферата. Тези активности могат да бъдат манипулирани, така че да се постигне по-голямо потискане на заболяването. Когато в почвата или в даден субстрат присъстват подходящи антагонисти, но те не осигуряват задоволително ниво на контрол на заболявания, трябва да се засили тяхната активност. Например, в контрола на заболявания, които се проявяват след прибиране на реколтата, добавянето на хитозан може да стимулира микробното разграждане на патогени, подобно на прилагането на паразитиращи микроорганизми. Хитозанът е нетоксичен, биоразградим полимер на бета-1,4-глюкозамин, получен от хитин чрез алкално деацилиране. Внасянето на хитозан към субстрата за растеж на растенията, потиска кореновото гниене, причинено от гъбния патоген *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* при домати. Въпреки че, точният механизъм на действие на хитозана не е напълно изяснен, наблюдавано е, че третирането с хитозан повишава устойчивостта към патогени. Степента, до която компостта потиска това заболяване, зависи от неговата физикохимична природа и се повишава с узряването му.

## ВИДОВЕ БИТОРОВЕ СПОРЕД ФИЗИЧНАТА ИМ ПРИРОДА И ВИДА НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ НОСИТЕЛИ

Различни производители произвеждат разнообразни биоторове, в зависимост от физичната природа и вида на използваните материали за носители. Различават се носител-базирани инокуланти, агар-базирани инокуланти, течна и изсушена култура. Нови разработки в продукцията на биоторове като (i) лиофилизирани инокуланти (BAIF, IARI Индия) (ii) *Rhizobium*-паста (KALO Inc. USA), (iii) гранулиран инокулант (почвен имплант Nitragin, USA), (iv) пелети (Pelinos, Nitragin), (v) полиакриамид омрежени *Rhizobia* (Agrosoke) и (vi), предварително покрити семена (Prillcote на Нова Зеландия) изглеждат по-обещаващи за успеваемостта на инокулацията при тропически бобови растения.

### Носител - базирани биоторове

Понастоящем биоторовете се доставят като микробни инокуланти върху различни носители, които се добавят към почвата за подобряване на нейното плодородие. Носителят е средата, която носи микроорганизмите в достатъчно количество, поддържа ги жизнеспособни при специфични условия и улеснява доставката им до земеделските производители. За производството на висококачествен биотор е необходимо използването на идеален качествен материал за носител.

Той трябва да притежава следните качества:

- силно абсорбиращ (висок капацитет за задържане на вода) и лесен за обработка.
- нетоксичен за микроорганизми
- лесно стерилизуем
- наличен в достатъчно количество и на ниска цена
- осигурява добра адхезия към семената
- притежава добър буферен капацитет
- характеризира се с високо съдържание на органични вещества и капацитет за задържане на вода повече от 50%.

При избора на подходящ носител, трябва да се взимат предвид и други важни критерии, които са свързани с преживяемостта на инокуланта.

- Преживяване на бактериите от инокуланта върху семена. Семената не винаги се засяват веднага след покриването им с бактерии. Бактериите трябва да преживеят на тяхната повърхността в сухи условия, докато се поставят в почвата.
- Преживяване на инокуланта през периода на съхранение.
- Преживяване на инокуланта в почвата. След като бъдат въведени в почвата, бактериите трябва да се конкурират с естествените почвени микроорганизми за хранителни

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

вещества и местообитание и трябва да оцелеят в борбата с протозои. В практиката се предпочитат такива носители, които предлагат на бактериите от инокуланта налични хранителни вещества и / или обитаеми микро-пори. В този смисъл, материали с микропореста структура, като почвени агрегати и въглища, се характеризират като подходящи носители за почвени инокуланти.

Биоторовете се внасят в почвата или посредством "инокулиране чрез семена", при което инокуланта (бактерии и носител) се смесва с вода под формата на суспензия, която след това се добавя към семената за посев, или посредством "почвено инокулиране" – биоторовете се разпръскват над полето през периода на култивиране. В първия случай на инокулация чрез семена, носителът трябва да бъде под формата на фин прах. За да се постигне здраво покритие на семенната повърхност с инокулант се препоръчва използването на адхезиви, като гума арабика, метилетилцелулоза, захарни разтвори и растителни масла. Семенната инокулация не винаги дава успешни резултати, поради слабо образуване на грудки от *Rhizobia* шамове след инокулирането им или напрежението в резултат на заразяването или слабо присъствие на инокулирани ризобактерии. Това може да се дължи на ниска численост и / или слаба преживяемост на инокулираните бактериални шамове върху повърхността на семената и в почвата. В такъв случай се практикува "почвено инокулиране", при което в почвата се внася високочислена популация от бактериален шам. При почвената инокулация по принцип, в бразда под или до семето се поставя гранулиран инокулант. Това увеличава възможността за контакт на инокулирания шам с корените на растенията. Различни видове материали се използват като носители за семенна или почвена инокулация. Като носещи материали могат да бъдат използвани торф, лигнит, вермикулит, дървени въглища, пресована кал, оборски тор и почвена смес. Установено е, че неутрализиран торф / лигнит се явяват по-добри носещи материали при производство на биоторове. За получаване на семенен инокулант, носещият материал се смела на фина прах с размер на частиците от 10 -40  $\mu\text{m}$ . За почвената инокулация, обикновено се използва носещ материал в гранулирана форма (0.5 - 1.5 mm). В тези случаи като подходящи материали се прилагат гранулирани форми на торф, перлит, въглища или почвени агрегати.

### Течни биоторове

Силата на биоторовете се определя от два основни параметъра: брой клетки и ефективност на микроорганизмите по отношение на способността им да фиксират азот или да разтварят фосфати.

Течните биоторове представляват формулировки, съдържащи латентни форми на желани микроорганизми и хранителни вещества, заедно със субстанции, стимулиращи образуването на почиващи спори или цисти, които осигуряват по-дълъг период на съхранение и толеранс към неблагоприятни условия. Латентните форми попадат в почвата, прорастват и от тях се развиват нови жизнеспособни клетки. Те нарастват и се размножават, усвоявайки въглероден източник от почвата или от кореновите ексудати. Технологиата за течни формулировки е разработена в Отдел Земеделска Микробиология, TNAU,

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

Coimbatore, като алтернатива на конвенционалните твърди биоторове и притежава редица предимства пред тях. Най-важните от тях са:

- По-дълъг период на съхранение -12-24 месеца.
- Без контаминация.
- Без загуба на свойства при съхранение до 45° С.
- По-голям потенциал за борба с естествени микробни популации
- Поддържане на високочислени популации от клетки – повече от 109 кл/ мл от 12 до 24 месеца.
- Лесно идентифициране по типичен мирис
- Спестяване на разходи за носещ материал, пулверизация, неутрализация, стерилизация, пакетиране и транспорт
- Протоколите за качествен контрол са лесни и бързи
- По-добра преживяемост върху семена и почва
- Не е необходимо инсталацията за производство на биоторове да работи през цялата година
- Лесно се използват от фермери
- До 10 пъти по-малка доза за прилагане от твърдите биоторове.
- Високи търговски постъпления
- Висок експортен потенциал
- Много висока ензимна активност

Сред различните технологии за производство на биоторове, концепцията за ефективни микроорганизми (ЕМ), налични в течна форма, е въведена през 1991 г. от японски учен д-р Т. Хига. Главните групи микроорганизми, съставляващи ЕМ включват филаментозни гъби, дрожди, млечнокисели бактерии и други почвени бактерии. Прилагането на ЕМ в почвата е с цел функционирането им като инокулум, който ще помогне за създаване или подпомагане на почвената екосистема. ЕМ са налични като търговски препарати в концентрирана форма, които се нуждаят от предварителна обработка преди прилагане. Съгласно указанията на производителя, концентрираните ЕМ могат да се използват директно (ЕМ Bokashi) чрез смесване с меласа и вода. Общоприет метод обаче, е използването на ЕМ Bokashi като стартерна култура за ферментиране на суровини и продуциране на течни или твърди биоторове. Най-често използваните суровини са престояли растителни и животински остатъци във фермите. Ферментационният период трябва да е с продължителност поне 7 дни и продукта е препоръчително да се използва в рамките на три месеца. Понастоящем, на пазара се предлагат в наличност готови за употреба течни биоторове от ЕМ, поради удобството за използването им в малки ферми и домакинства, където потребителите нямат пространство и суровини за ферментация.



## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

Известни са три начина за употреба на течни биоторове:

### ➤ Обработка на семена

Обработката на семена е най-често използвания метод, приложим за всички видове инокуланти и същевременно е ефективен и икономичен процес. За малко количества (до 5 кг семена), процесът на обработка може да се провежда в синтетични пликове. За тази цел, може да се използва плик с размери 21” x 10” или по-голям. Пликът се напълва с 2 кг или повече семена и се затваря по такъв начин, че да задържи колкото може повече въздух. Пликът се притиска за около 2 мин, докато всички семена се омократ равномерно. След това той се отваря, отново се пропуска въздух и се разклаща. След всяко разклащане семената се покриват с еднакъв слой от микробния инокулум. Пликът се отваря и семената се изсушават на сянка за 20-30 минути. При по-голямо количество семена, за омокрянето им с инокуланта може да се използва кофа, където с ръка директно става смесването на семената и инокуланта. За обработката на семена се използват *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, заедно с фосфат разтварящи микроорганизми. Между тях не са установени антагонистични отношения, поради което могат да се използват едновременно при обработката. Важно правило, което трябва да се спазва обаче, е семената първо да се третират с *Rhizobium*, *Azotobacter* или *Azospirillum* и когато всяко семе има един слой от тях, като втори слой да се покрият с фосфат разтварящи микроорганизми. Този метод ще осигури максимален брой от всеки вид бактерии, необходим за постигане на оптимални резултати.

### ➤ Кореново потапяне

Този метод се използва за прилагане на *Azospirillum* / ФРМ върху оризови насаждения и зеленчукови посеви. Необходимото количество от *Azospirillum* / ФРМ трябва да се смеси с 5-10 литра вода в един ъгъл на полето и корените на насажденията трябва да се потопят за минимум половин час преди пресаждането.

### ➤ Приложение в почвата

Използват се 200 мл от фосфат разтварящи микроорганизми (ФРМ) за един акър. Те се смесват с 400 to 600 кг кравешки тор FYM заедно с ½ плик скален фосфат, ако е наличен. Тази смес трябва да се съхранява на сянка за една нощ и да се поддържа при 50 % влажност. Готовата смес се прилага директно за наторяване на почвата.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants (2nd ed). Academic Press, London
2. Matthew, C.J., Bjorkman, M.K., David, A.M., Saito and P.J. Zehr, (2008). Regional distributions of nitrogen-fixing bacteria in the Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr*, 53: 63-77.
3. Gonzalez, L.J., B. Rodelas, C. Pozo, V. Salmeron, M.V. Mart nez and V. Salmeron, 2005. Liberation of amino acids by heterotrophic nitrogen fixing bacteria. *Amino Acids*, 28: 363-367.
4. Wani SA, Chand S, Ali T (2013). Potential Use of Azotobacter chroococcum in Crop Production: An Overview. *Curr Agri Res J*, 1: 35–38.
5. Handbook of microbial biofertilizers / M. K. Rai, editor (2006). Food Products Press, an imprint of The Haworth Press, Inc., 10, Alice Street, Binghamton, NY 13904-1580.
6. Okon, Y. (1985). Azospirillum as a potential inoculant for agriculture. *Trends in Biotechnology*, 3: 223-228.
7. Schwencke, J. and Carù, M. (2001). Advances in actinorhizal symbiosis: Host plant-Frankia interactions, biology, and applications in arid land reclamation: A review. *Arid Land Research and Management*, 15: 285-327.
8. Diagne, N., Arumugam, K., Ngom, M., Nambiar-Veetil, M., Franche, C., Narayanan, K. Laplaze, L. (2013). Use of Frankia and Actinorhizal Plants for Degraded Lands Reclamation. *BioMed Research International*, vol 2013, 9 pages.
9. Hashem, M.A. (2001). Problems and prospects of cyanobacterial biofertilizer for rice cultivation. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28: 881-888.
10. Pabby, A., Prasanna, R., Singh, P. (2013). Azolla-Anabaena symbiosis –from traditional agriculture to biotechnology. *Ind Journ Biotechnol*, vol 2, pp. 26-37.
11. Mahato, A., Visva-Bharati, Bhavana, P., Sriniketan. Biofertilizers in organic agriculture. ([https://www.academia.edu/7273299/Biofertilizers\\_in\\_Organic\\_Agriculture](https://www.academia.edu/7273299/Biofertilizers_in_Organic_Agriculture)).
12. Nisha, K., Padma Devi, S.N., Vasandha. S and Sunitha Kumari, K. (2014). Role of Phosphorous Solubilizing Microorganisms to Eradicate P - Deficiency in Plants: A Review. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 4, Issue 7.
13. Gaur, A. C. and Gaid, S. (1999). Phosphate solubilizing microorganisms - An overview. *Agromicrobes. Current trends in life sciences, Today and tomorrows publishers, New Delhi. India*, 23:151-164.
14. Ahmed, N., Shahab, S. (2009). Phosphate Solubilization: Their Mechanism Genetics and Application. *The Internet Journal of Microbiology*, vol. 9 (1).
15. Blake L, Mercik S, Koerschens, M, Moskal, S, Poulton, P.R, Goulding K.W.T, Weigel A, Powlson, D.S. (2000). Phosphorus content in soil, uptake by plants and balance in three European long-term field experiments. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 56:263–275.
16. Quiquampoix H, Mousain, D. (2005). Enzymatic hydrolysis of organic phosphorus. In: Turner BL, Frossardand E, Baldwin DS (eds). *Organic phosphorus in the environment*. CAB International, Wallingford, UK, pp 89–112

## ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ

17. Lambers, H., Finnegan, P.M., Laliberte, E., Pearse, S.J., Ryan, M.H., Shane, M.W., Veneklaas, E.J. (2011). Phosphorus nutrition of proteaceae in severely phosphorus-impooverished soils: Are there lessons to be learned for future crops? *Plant. Physiol*, 156: 1058–1066.
18. Lambers H., Raven J.A., Shaver G.R., Smith S.E., 2008. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends Ecol. Evol.* 23: 95–103.
19. Jakobsen I., Leggett M.E., Richardson A.E. 2005. Rhizosphere microorganisms and plant Phosphorus Uptake. In: Sims J.T., Sharpley A.N. (eds). Phosphorus, agriculture and the environment. *American Society for Agronomy*, Madison, pp. 437–494.
20. Boulter, J. I., Trevors, J. T. & Boland, G. J. (2002). Microbial studies of compost: bacterial identification, and their potential for turfgrass pathogen suppression. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 18, pp. 661-671.
21. Guanghui Yu, Wei Ran and Qirong Shen. Compost Process and Organic Fertilizers Application in China. Chapter in Book "Organic Fertilizers - From Basic Concepts to Applied Outcomes". DOI: 10.5772/62324. <http://www.intechopen.com/books/organic-fertilizers-from-basic-concepts-to-applied-outcomes>
22. Parikh, S. J., James, B. R. (2012). Soil: The Foundation of Agriculture. *Nature Education Knowledge*, vol 3 (10), pp. 2.
23. Timm C. M., Campbell A. G., Utturkar S. M., Jun S. R., Parales R. E., Tan W. A., et al. (2015). Metabolic functions of *Pseudomonas fluorescens* strains from *Populus deltoides* depend on rhizosphere or endosphere isolation compartment. *Front. Microbiol.* 6, pp. 1118.
24. Zinati, G. (2015). Compost in 20<sup>th</sup> century: A tool to control plant diseases in nursery and vegetable crops.
25. Pal, K. K. and B. McSpadden Gardener (2006). Biological Control of Plant Pathogens. *The Plant Health Instructor*, pp. 1-25.
26. Bashan, Y (1998). Inoculants of plant growth promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology Advances*, vol. 16, No. 4, pp. 729.
27. Bertrand H., Plassard C., Pinochet X., Touraine B., Normand P., Cleyet-Marel J. C. (2000). Stimulation of the ionic transport system in *Brassica napus* by a plant growth-promoting rhizobacterium (*Achromobacter sp.*). *Can. J. Microbiol.* 46 229–236.
28. Anon. 2006. EM Application. [Internet]. EM Kyusei Co., Ltd. Available from: <http://www.emkyusei.com/index1.htm>. [cited June 2006].
29. Ngampimol, H., and Kunathigan, V. (2008). The Study of Shelf Life for Liquid Biofertilizer from Vegetable Waste. *AU J.T.* 11(4): 204-208.

### Web-sites:

<http://www.biotecharticles.com/Agriculture-Article/Biofertilizers-Types-Benefits-and-Applications-172.html>

<http://www.peoi.org/Courses/Coursesen/bot/bot10.html>

<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/nitrogen.htm>

<http://www.mrrse.com/biofertilizers-market>

## **ОБЩОПРИЕТИ В ПРАКТИКАТА БИОТОРОВЕ**

<https://www.britannica.com/science/nitrogen-fixing-bacteria>

<https://ecofriendlycoffee.org/azolla-as-a-biofertilizer-in-coffee-plantations/>

[http://www.ecochem.com/t\\_compost\\_faq2.html](http://www.ecochem.com/t_compost_faq2.html)