

## Häufig gestellte Fragen (FAQ)

### Mikroorganismen zur Wurzelbehandlung: Mykorrhizapilze, *Trichoderma* und Nutzbakterien (PGPR)

In dieser Sektion werden häufig gestellte Fragen zur Anwendung, Wirksamkeit, Kombinierbarkeit, Haltbarkeit, Qualität und Sicherheit unserer Mikroorganismen für die Wurzelbehandlung beantwortet.

Anwendung
<p><b>1. Wie oft sollte man Mikroorganismen anwenden und in welchen Mengen?</b></p> <p>Allgemein gilt die Faustregel: Besser kleine Mengen oft, als eine große Menge einmal. Das Ziel ist, stabile Populationen im Boden aufrechtzuerhalten, um die Wurzeln über längere Zeiträume gleichmäßig zu besiedeln.</p> <p>Freilebende Mikroorganismen, wie Rhizobakterien und <i>Trichoderma</i>, bauen oft anfänglich große Populationen auf, die dann im Laufe des Vegetationszyklus wieder zusammenbrechen können. In diesem Fall sollte das Inokulum mehrmals eingebracht werden.</p> <p>Die regelmäßige Nachbehandlung von kleineren Mengen über längere Zeiträume erhält zudem ein reiches Spektrum nützlicher Arten. Siedeln sich mehrere Mikroorganismenarten auf der Wurzeloberfläche an, verändern sich im Laufe der Zeit die Dominanzverhältnisse. So kann beispielsweise eine anfänglich stark vertretene Art zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr nachgewiesen werden. Vielleicht ist es aber gerade diese Art, die in einer späten Etappe der Kultur besonders wichtige Dienste tut, z.B. beim nährstoffintensiven Fruchtansatz oder der Fruchtentwicklung.</p> <p>Etwas anders verhält es sich bei Mikroorganismen, die eng mit dem Gewebe der Pflanzenwurzeln verbunden sind, wie Mykorrhizapilze oder die Knöllchenbakterien der Leguminosen. Pflanzen, die nach der Keimung gut und vollständig beimpft wurden, behalten diese Symbiosepartner bis zum Ende ihres Lebens. Eine Nachbehandlung ist hier in der Regel weniger sinnvoll.</p>
<p><b>2. Nachbehandlungen mit Produkten der Endo-Linie (Endomykorrhizaprodukte)</b></p> <p>In der Praxis zeigen sich aber auch bei der Nachbehandlung mit Endomykorrhizapilzen immer wieder positive Überraschungen. So profitieren mehrjährige Obstbäume oder Weinstöcke oft merklich von einer erneuten Mykorrhizierung. Die Gründe für diesen „Auffrischungseffekt“ liegen wahrscheinlich in der Konkurrenz zwischen verschiedenen Mykorrhizapilzarten, wobei Hochleistungsstämme nach einem erneuten Eintrag weniger wirksame Arten in Teilen des Wurzelsystems zurückdrängen.</p> <p>Eine Nachbehandlung sollte zu einer Jahreszeit erfolgen, in der die Wurzeln wieder ausschlagen. In den gemäßigten Breiten geschieht das im Frühjahr. Der günstigste Zeitpunkt in den Tropen und Subtropen liegt am Ende der Regenzeit oder – bei Kulturen mit Bewässerung – am Ende des Winters.</p>
<p><b>3. Sollte man die Mikroorganismen vor der Anwendung erst vermehren?</b></p> <p>Manche Anwender vermehren kommerziell erhältliche Sporenpräparate vor der Ausbringung in einem mehrtägigen Wachstumsprozess unter nicht sterilen Bedingungen. Ziel dieser „Anreicherung“ ist der Eintrag von mehr infektiösem Material. Sind die Sporen auf diese Weise bereits ausgekeimt, können die Mikroorganismen als Kolonien oder Pilzmyzel die Wurzeloberfläche schneller besiedeln.</p> <p>Wir vertreten den Standpunkt, dass diese Vermehrung in Einzelfällen vorteilhaft sein kann,</p>

aber wegen der Verfügbarkeit von technisch ausgereiften und dennoch preisgünstigen Inokulum meist nicht gerechtfertigt ist. Angesichts der langen Liste möglicher Nachteile raten wir in der Regel ab.

Als Nährsubstrat werden bei der Vermehrung eine Energiequelle (Melasse, Glucose...), Nährstoffe (N, P...) und andere Quellen von organischem Material (Kompost, Fasern...) eingesetzt. Diese Stoffe können im Falle eines unvollständigen Abbaus durch die Mikroorganismen, z.B. durch vorzeitigen Abbruch des Vermehrungsprozesses, unvorhersehbare Folgen für die Kulturpflanzen haben.

Insgesamt kann nur eine verbesserte Wirksamkeit der Mikroorganismen den zusätzlichen Arbeits- und Zeitaufwand der Vermehrung rechtfertigen. In einem wirtschaftlich geführten Gartenbaubetrieb geht diese Rechnung meist nicht auf.

#### **4. Mögliche Nachteile einer Vorvermehrung**

Nicht verdaute Zuckerreste können bereits in der Kultur vorhandenen Krankheitserregern, wie *Erwinia*, *Xanthomonas* oder *Phytophthora* als willkommene schnell erschließbare Energiequelle dienen. Diese bereits etablierten Organismen sind gegenüber den Neankömmlingen an ihre Umgebung angepasst und können den Zucker sofort zu einem explosionsartigen Wachstum nutzen. Diese Gefahr ist besonders groß beim Versprühen und Verbleiben von Resten auf dem Blattwerk.

Der zusätzliche Eintrag von Nitrat- und Phosphatresten kann bei einer optimal eingestellten Pflanzenproduktion zu Ungleichgewichten führen. Vor allem beim hochtechnisierten hydroponischen und semihydroponischen Anbau kann die computergesteuerte fein ausbalancierte Nährstoffzufuhr ins Ungleichgewicht geraten. Es wurde auch schon berichtet, dass die auf diese Weise vorvermehrten Mikroorganismen mit den Pflanzen um Nährstoffe konkurrieren. Das kann beim Einbringen von unseren hochtechnischen Präparaten nicht passieren.

Wird rohes Pflanzenmaterial als Kohlenstoffquelle verwendet, können auf diesem Wege Krankheitserreger eingebracht und mitvermehrt werden. Dieses Material sollte erst einem Kompostierungsprozeß unterworfen werden, denn dabei werden hohe Temperaturen erreicht, die pathogene Pilze und Bakterien abtöten. Bei der Vermehrung von Rhizobakterien und *Trichoderma* dürfen dagegen keine hohen Temperaturen herrschen.

An den vorherigen Punkt schließt sich die nächste generelle Überlegung an: Gute kommerzielle Inokula bestehen aus einem Gemisch reiner Stämme, die in sterilen großindustriellen Bioreaktoren getrennt und unter strenger Kontrolle produziert werden. Bei dieser Art der Inkubation werden keine unerwünschten Mikroorganismen mitvermehrt. Alle für das Wachstum wichtigen Bedingungen werden genau kontrolliert, so dass die Stämme ihre gewünschten Eigenschaften nicht verlieren. Rückstände von Nährmedien sind auf ein Minimum begrenzt. Alle diese Faktoren führen zu einer gleichbleibend hohen Qualität, die nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien ständig überprüft wird. Das ist wichtig, denn nur so können gute Ergebnisse im ersten Jahr der Anwendung auch in den nachfolgenden Jahren durchgehend erreicht werden.

Der handwerkliche Vermehrungsprozess birgt dagegen eine ganze Reihe von Unwägbarkeiten. Zu oft verändert sich die Dauer oder die Temperatur bei der die Fermentierung stattfindet. Die resultierende Zusammensetzung des Artenspektrums, die Rückstände und die Anwendungseigenschaften können sich dabei dramatisch verändern. Da viele Mikroorganismen zusammenwachsen, können einzelne Arten dem Konkurrenzdruck unterliegen und herausfallen. Mykorrhizapilze können auf diese Weise beispielsweise gar nicht vermehrt werden und überleben das Verfahren meist nicht. Die Wirksamkeit der überlebenden Arten kann teilweise verloren gehen. Stark veränderte

Endprodukte des Vermehrungsprozesses führen zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Pflanzenkultur. Die vielen Unsicherheitsfaktoren bergen die Möglichkeit von Überraschungen, die Planungen und Zeitpläne durcheinanderbringen und im schlimmsten Fall zu Ausfällen führen.

#### **5. Gibt es eine Überdosis bei der Anwendung von Mikroorganismen?**

Beim Düngen mit Mineralsalzen kann eine Überdosis zum „Verbrennen“ der Pflanzen führen. So etwas ist bei der Anwendung von Mikroorganismen nicht zu beobachten. Sie verrichten ihre Arbeit oder sterben. Eine Überdosis gibt es im rein technischen Sinne nicht, vielmehr liegt die Kunst bei der Dosierung darin, – innerhalb eines angemessenen Kostenrahmens – genügend Produkt einzubringen, um den angestrebten Effekt zu erzielen.

#### **6. Mit wie viel Wasser müssen die Mikroorganismen bei der Anwendung vermischt werden?**

Unsere Produkte sind feinkörnige Pulver oder Granulate. Bei manchen Anwendungen werden sie mit Substrat oder Saatgut gemischt. Oft aber werden sie in Wasser suspendiert und in dieser Form versprüht oder über Bewässerungssysteme verbracht.

Für das Produkt **Bactiva**<sup>®</sup> beispielsweise hat sich ein Mischungsverhältnis von 30g zu 10l Wasser bewährt. Wichtig ist, dass die Sporen der Mikroorganismen mit genügend Wasser in den Wurzelbereich eingeschwemmt werden. Allerdings sollte die Wasseraufnahmekapazität des Substrates nicht überschritten werden, um das Sporenmateriale nicht wegzuspülen (z.B. durch Durchtropfen bei Pikierschalen).

Aus biologischer Sicht ist die Frage nach der genauen Wassermenge nicht wichtig, solange überhaupt Wasser zur Keimung der Sporen zur Verfügung steht. Dem Wasser kommt bei der Anwendung also in erster Linie die Funktion eines Vehikels zu. Bei der Festlegung der Wassermenge stehen vielmehr agronomische Überlegungen im Vordergrund, denn Ziel ist es, die Sporen möglichst vollständig in den Wurzelbereich zu verbringen. Die Wassermenge ist vor allem von der Anwendungsmethode und der Ausrüstung abhängig und sollte eine homogene Verteilung des Produktes auf jede Produktionseinheit erlauben (Pikierschale, Topf, Beet, Feld oder Plantage).

#### **7. Unterschiede Blatt-/Bodenanwendungen**

Bei biologischen Präparaten, die im Blattbereich eingesetzt werden, zum Beispiel als Bioinsektizide auf der Basis von *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* oder *Metarrhizium anisopliae*, sollte die Wassermenge dagegen genau abgestimmt werden. Die Wirkung dieser Produkte hängt von einer möglichst vollständigen Benetzung der Oberfläche ab. Gleichzeitig ist aber auch eine hohe Konzentration der Sporen für eine gute „Trefferquote“ beim Erreichen aller Krankheitserreger im Blattbereich entscheidend.

Bei Anwendungen im Wurzelbereich sind der Benetzungsgrad und die Konzentration der Sporen auf der unmittelbaren Wurzeloberfläche weniger ausschlaggebend für eine gute Wirkung, da die Bakterien und Pilze sich hier durch Kolonie- oder Myzelbildung verbreiten können. Das organische Material des Bodens ermöglicht es diesen Saprophyten, auf die Wurzel zuzuwachsen. Die herkömmliche Ansicht ist, dass dies für die Sporen von Mikroorganismen auf der nährstoffarmen Kutikula im Blattbereich meist nicht möglich ist.

#### **8. Muss man den pH-Wert des Wassers einstellen, in das man die Mikroorganismen einmischt?**

Alle Mikroorganismen verfügen über einen speziellen pH-Bereich, innerhalb dessen sie bevorzugt wachsen und besonders wirksam sind. Deshalb empfehlen manche Anbieter, den pH-Wert des Wassers vor dem Einmischen der Präparate einzustellen. Wir empfehlen

das nicht, da die von uns ausgewählten Mikroorganismen ein zu saures oder zu basisches Gießwasser in für Pflanzen verträglichen Grenzen tolerieren und es zu keiner bleibenden Schädigung kommt. Deshalb ist eine Einstellung des pH-Wertes des Wassers beim Einmischen nicht notwendig.

Entscheidend für die Wirksamkeit der Mikroorganismen ist letztlich der pH-Wert, den sie in der Rhizosphäre und im Boden vorfinden. Die von uns eingesetzten Stämme verfügen über eine größere Toleranz gegenüber extremen pH-Werten als die Pflanze. Darauf beruht die Beobachtung, dass inokulierte Pflanzen oft besser auf extrem sauren oder alkalischen Böden wachsen als unbehandelte Pflanzen. So konnten beispielsweise extrem saure Minenabraumhalden in den USA nach jahrelangen erfolglosen Bemühungen erst mit der Hilfe des Ektomykorrhizapilzes *Pisolithus tinctorius* erfolgreich aufgeforstet werden.

#### **9. Wann macht es besonders viel Sinn, Mikroorganismen anzuwenden?**

Bei Standorteigenschaften, die einen negativen Einfluss auf das Wachstum von Pflanzen und Lebewesen des Bodens ausüben, kann vor allem die regelmäßige Gabe von nützlichen Mikroorganismen den Produktionserfolg verbessern. Sie regen Wurzeln, die durch Verpflanzung verletzt wurden, einer Bodenverdichtung ausgesetzt sind oder unter anderen Problemen leiden zum Wachstum der gesunden Teile an.

In der Praxis zeigt sich oft, dass es besonders sinnvoll ist, nützliche Mikroorganismen auf Böden einzutragen, die lange Zeit auf konventionelle Art kultiviert wurden. Die Pflanzen reagieren meist mit einer verbesserten Nährstoffaufnahme, vermehrtem Wachstum und höheren Erträgen.

Der Einsatz von Mikroorganismen ist auch immer dann sinnvoll, wenn nicht davon ausgegangen werden kann, dass genügend große Mengen von nützlichen Stämmen und Arten durch den natürlichen Eintrag in die unmittelbare Nähe der Wurzel gelangen. Das gilt insbesondere für Endomykorrhizapilze, deren Sporen große Durchmesser aufweisen und in der Regel nicht über die Luft verbracht werden, um z.B. Jungpflanzen im Tray zu beimpfen.

#### **10. Mykorrhizierung**

Jungpflanzen, die in Torf und ähnlichen Substraten gekeimt werden, können ohne den Eintrag von Mykorrhizapilzsporen meist keine Mykorrhiza bilden. Behandelt man diese Pflanzen dagegen so früh wie möglich, bekommt der Pilz die Möglichkeit den gesamten Wurzelraum zu durchwachsen und unterliegt dabei einem Reifeprozess, ähnlich wie die Pflanze. Ist das Myzel beim Umtopfen dann bereits gut entwickelt, hilft es der Pflanze bei der Überwindung des Verpflanzungsstress. Nichtmykorrhizierte Jungpflanzen treffen nach dem Pikieren im Feld in der Regel meist früher oder später auf Mykorrhizapilze. Allerdings verlieren sie bei einer späten Mykorrhizierung einen wichtigen Vorsprung zu einem kritischen Zeitpunkt ihres Entwicklungszyklus.

Innerhalb der großen Vielfalt von Kulturpflanzen, die von der Mykorrhizierung Nutzen ziehen, sollten vor allem jene früh und mitunter mehrmals behandelt werden, die viele Jahre lang hohe Erträge bringen, wie z.B. Weinstöcke oder Obstbäume. Hier fällt die Kosten-Nutzen-Rechnung eindeutig aus: Die Investition für die Behandlung mit Endomykorrhizapilzen ist verschwindend gering im Vergleich zu den sonstigen Kosten der Kulturführung und dem möglichen Mehrgewinn. Bei kurzlebigen Kulturen sieht das anders aus. So können die Kosten für eine Mykorrhizierung beim Salat den Nutzen schnell übersteigen. Hier sollten Feldversuche Klärung schaffen.

#### **11. Kann man bodenbürtige Mikroorganismen zur Blattbehandlung einsetzen?**

Mykorrhizapilze haben im Blattbereich keinerlei Möglichkeiten zu wachsen. Sie müssen

zwangsläufig in Wurzelnähe angewandt werden. Anders sieht es bei vielen Bakterien und Pilzen des Wurzelbereichs aus. Sie können meist im oberirdischen Bereich der Pflanze wachsen, wenn sie dort eine Nahrungsgrundlage vorfinden. Dabei sind sie allerdings einer Reihe von Problemen ausgesetzt, die ihnen die Erschließung dieses Lebensraumes erschweren.

Im Gegensatz zum reichen organischen Nahrungsangebot des Bodens und der Rhizosphäre, befinden sich auf der Kutikula der Blätter kaum Nährstoffe (Phyllosphäre). *Bacillus* und *Trichoderma* können sich nicht aktiv bewegen, sondern verbreiten sich auf einem Nährmedium durch Kolonie- und Myzelbildung. Unbeweglich, ohne Energiequelle, den Gefahren der Austrocknung und ultravioletten Strahlung ausgesetzt, vermögen sie kaum ihre vorteilhafte Wirkung auf die Pflanze zu entfalten.

## **12. Kann man das Wachstum der nützlichen Mikroorganismen gezielt unterstützen?**

Unsere freilebenden Mikroorganismen gewinnen Energie aus dem Abbau organischer Verbindungen. Dazu benötigen sie eine Reihe von Zusatzstoffen, die auch typischerweise Bestandteile des Agars der Petrischalen ist, in denen Mikroorganismen im-Labor kultiviert werden. Gibt man diese Stoffe dem Boden zu, so verwerten sie alle Mikroorganismen ohne Unterschied, ob es sich um nützliche oder schädliche Arten handelt. Eine gezielte Förderung der erwünschten Mikroorganismen ist also auf diesem Wege nicht möglich.

Allgemein empfiehlt sich natürlich trotzdem die Zugabe von Stoffen, die das Wachstum von Mikroorganismen des Bodens nachhaltig fördern, denn ein aktives, ökologisch stabiles Bodenleben macht die Pflanzen weniger anfällig gegen die Angriffe von Krankheitserregern. Doch sollten dabei schnell verfügbare Energiequellen, wie leicht abbaubare Zucker, vermieden werden. Bewährt haben sich auch Stoffe mit mikroskopisch kleinen, oberflächenvergrößernden Strukturen, die ein günstiges Wachstumsmilieu bieten.

## **13. Neue Ansätze**

Von diesen allgemeinen Beobachtungen abgesehen, gibt es erst neuerdings Versuche, ausschließlich das Wachstum von erwünschten Mikroorganismen zu begünstigen. So scheinen manche Polyphenol-Verbindungen als Botenstoffe die Besiedlung der Wurzeln durch Endomykorrhizapilze anzuregen, während auf der ansonsten recht nährstoffarmen Kutikula des Blattbereichs die Zugabe von selektiven Nährmedien das Wachstum von ausgewählten Mikroorganismen fördert. Diese Ansätze kommen aber zurzeit auf kommerzieller Ebene kaum zum Einsatz.

## **Wirksamkeit**

## **14. Kann die Wirkung garantiert werden?**

Die Anwendung von traditionellen chemischen Mitteln folgt oft einer monokausalen Problemstellung. Färben sich z.B. Blätter bei Stickstoffmangel gelb, so düngt man mit Stickstoff und die Blätter werden grün.

Die Wirkungsweisen und Wechselwirkungen beim Umgang mit Mikroorganismen sind oft vielgestaltig. Beim Arbeiten mit komplexen biologischen Systemen treten einfache Wirkketten zugunsten von ganzheitlichen Denkansätzen zurück. In der Praxis ist es daher im Einzelnen oft unmöglich, genau quantifizierbare Vorhersagen zur Wirksamkeit zu machen. Stattdessen wird auf Tendenzen Wert gelegt, die in ihrer Gesamtheit oft den Problembehandlungen der rein chemischen Arbeitsweise überlegen sind.

## **15. Wirken biologische Produkte genau so gut wie chemische Produkte?**

Bodenhilfsstoffe können die Gabe von chemischen Düngern im intensiven Hochleistungspflanzenbau nicht vollständig ersetzen.

Stickstofffixierende Bakterien können nur eine begrenzte Menge von Stickstoff eintragen

(bis maximal 70kg/ha). Dafür vermögen sie den aufgenommenen Stickstoff aber effizient an die Pflanze weiterzuleiten, ohne dass wie bei der chemischen Düngung der Großteil verloren geht.

Mikroorganismen machen Phosphor und Kalium für die Pflanze erschließbar, können diese Elemente aber nicht aus der Luft fixieren oder neu „schaffen“. Sie können chemische Düngemittel also nur da ersetzen helfen, wo ausreichende Mengen dieser Elemente im Boden vorhanden sind, doch für die Pflanzen unzugänglich, d.h. schwerstlöslich oder unlöslich sind. Die Mikroorganismen können Phosphor und Kalium also nicht z.B. in einem Kunstsubstrat, ohne zusätzliche mineralische Düngung, beitragen. Wie weit ein biologisches Produkt ein chemisches Produkt ersetzen kann, sollte im Rahmen einer anfänglichen Beratung eingeschätzt werden. Durch gutes Beobachten der Effekte nach der Anwendung sollten die Anwendungsempfehlungen in Zusammenarbeit mit unseren Beratern dann weiter abgestimmt werden.

#### **16. Bei welchen Temperaturen wirken unsere Mikroorganismen am besten? Bei welchen Temperaturen wirken sie nicht?**

Die Entwicklung unserer Mikroorganismen ist vor allem bei höheren Temperaturen (zwischen 25°C und 35°C) optimal. Bei noch höheren Temperaturen kann es zu einer Wachstumshemmung kommen, wobei Ausfälle erst bei Temperaturen von über 42°C durch Koagulation, d.h. irreversible Schädigung, der Eiweiße auftreten.

Bei Lagerung und Anwendung ist unbedingt zu beachten, dass die in unseren Produkten enthaltenen Mikroorganismen niemals Temperaturen von über 40°C ausgesetzt sind. Diese Hitze kann im Sommer leicht in der Autoablage oder in den Röhren eines Bewässerungssystems erreicht werden.

Bei der Lagerung der meisten unserer Mikroorganismen sollte der Gefrierpunkt nicht unterschritten werden, da in den Zellen Eiskristalle wachsen können, welche die Membranen durchstoßen.

Generell gilt, dass Wachstumsbedingungen, die gut für die Pflanzen sind, auch gut für die in unseren Produkten enthaltenen Mikroorganismen sind. Das schließt den Temperaturbereich ein. Mit Wurzeln verbundene Mikroorganismen, die ein kaltes und heißes Milieu tolerieren, ermöglichen es auch den Pflanzen, extreme Temperaturen besser zu überstehen.

#### **17. Wie stellt man fest, dass die Anwendung von Mikroorganismen erfolgreich war?**

Eine mit **Bactiva**® behandelte Wurzel ist meist besser durchgliedert, heller gefärbt und mit mehr Wurzelhaaren ausgestattet. Beim Abschütteln hält der Wurzelballen mehr Erde zurück. Das Massenverhältnis von Wurzel zu oberirdischen Pflanzenteilen verschiebt sich zu Gunsten eines kräftigeren Wurzelsystems.

Mit unseren Produkten behandelte Pflanzen verkraften Verpflanzungen, schlechte Umweltbedingungen und Nährstoffmangel besser. Dadurch sind sie weniger anfällig für abiotische Stressfaktoren und bringen mehr Ertrag. Sie sind langlebiger und produzieren über längere Zeiträume hinweg.

Abgesehen von diesen für den Anwender sichtbaren Folgeerscheinungen können die Mikroorganismen auch direkt mit Labormethoden nachgewiesen werden.

Nicht alle Wurzeln, die mit Mykorrhizapilzen beimpft wurden, wachsen verstärkt. Anders als bei der Ektomykorrhiza, ist die Endomykorrhiza meist nicht mit dem bloßen Auge zu erkennen. Ein gut ausgebildetes Pilzmyzel im Boden ist in der Regel wichtiger für den Erfolg der Behandlung als der mit aufwendigen Verfahren gemessene Grad der Mykorrhizierung einer Wurzel.

Mit lichtmikroskopischen Methoden kann man hohe Konzentrationen von unseren *Trichoderma*-Stämmen über Wochen nach der Behandlung mit **Bactiva**® in unmittelbarer Umgebung der Wurzel nachweisen. Je höher ihre Konzentration ist, desto umfassender wirken sie vorteilhaft für die Pflanze.

### **18. Wie viel Dünger kann man einsparen, wenn man Stickstofffixierer und Phosphor-Freisetzer anwendet?**

Der Nährstoffbedarf einer Kultur ist von vielen Faktoren abhängig, wie z.B. vom Gehalt an für Pflanzen verfügbaren Hauptnährstoffen und Spurenelementen im Boden, den speziellen Ansprüchen der Kultur, ihrer jeweiligen Wachstumsphase, dem Produktionssystem und dem angestrebten Ertrag. Eine Düngeempfehlung sollte alle diese Kriterien berücksichtigen und sich auf chemische Analysen stützen.

Pauschale Einsparungsempfehlungen bei Anwendung von Mykorrhizapilzen in Kombination mit Rhizobakterien sind also nicht möglich. Dennoch hat sich in der Praxis bei landwirtschaftlichen Pflanzenkulturen generell bewährt, den Stickstoff- und Phosphateintrag im ersten Jahr um 20% zu reduzieren. Verringern sich die erzielten Erträge nicht, so kann man die Düngung in den folgenden Jahren schrittweise um 30% und schließlich um maximal 40% absenken.

Misstrauen Sie überzogenen Versprechungen, das gesamte chemische und organische Düngeprogramm durch den Einsatz von Mikroorganismen zu ersetzen. Bitte lassen Sie sich von unserem Fachpersonal über mehrere Vegetationsperioden hinweg beraten, wenn sie die Einsparungen beim Düngeprogramm planen.

### **19. Wie viel Mehrertrag bringt die Anwendung von Mikroorganismen?**

Eine oft berichtete Richtzahl aus der Praxis nach Anwendung unserer Endomykorrhizaprodukte ist ein Mehrertrag von 5% bis 10% bei landwirtschaftlichen Kulturen. Vor pauschalen Aussagen sollte aber wie bei der Diskussion um die Einsparung im Düngeprogramm abgesehen werden.

Die Erfahrung zeigt, dass man mit einer Behandlung relativ große Ertragszuwächse erzielt, wenn die Pflanzenkultur recht weit unter ihrem größten Ertragspotential liegt. So kann man erwarten, dass die Produktion von Körnermais, der normalerweise nur 6t/ha liefert, um 10% gesteigert wird. Dagegen erwartet man für eine Maiskultur, die routinemäßig bereits ca. 12t/ha erbringt, nur von einer Zunahme von ca. 5%.

### **Kombinierbarkeit**

### **20. Kann man unsere Mikroorganismen mit chemischen Produkten kombinieren?**

Anwendungsempfehlungen biologischer Präparate sollten eine Verträglichkeitsliste enthalten, die Aufschluss über die Wechselwirkung mit chemischen Pflanzenschutz- und Düngemitteln gibt. Das gilt insbesondere für den Einsatz im integrierten Pflanzenbau und beim schrittweisen Ersatz von chemischen Mitteln durch biologische Alternativen.

Die nützlichen Pilze in unseren Produkten dürfen in der Regel zusammen mit Insektiziden, Herbiziden, Antibiotika und sogar zahlreichen Fungiziden eingesetzt werden. Manchmal wird jedoch eine leichte Wachstumshemmung durch Fungizide beobachtet. Beeinträchtigt beispielsweise ein Fungizid den Kolonisierungserfolg unseres Stammes des Endomykorrhizapilzes *Glomus intraradices*, so definieren wir dieses Fungizid als kompatibel, solange die Kolonisierungsrate nicht unter 80% des Normalwertes fällt.

Hohe Phosphatkonzentrationen (>40ppm in einer Nährlösung) können die Kolonisierung durch Mykorrhizapilze zeitlich so verzögern, dass es innerhalb des eng gesteckten Zeitrahmens einer Pflanzenproduktion zu keiner Kolonisierung kommt. Bei manchen Kulturpflanzen, wie z.B. dem Weizen, erreicht man häufig durch Mykorrhizierung bei

Halbierung der Phosphatgabe höhere Ernteerträge, als bei Gabe der normalen Phosphatdüngung.

Die nützlichen Bakterien in unseren Produkten tolerieren in der Regel Insektizide, Herbizide und Fungizide aber keine Antibiotika.

Generell sollten Pilz- und Bakteriensporen nicht direkt mit chemischen Pflanzenschutz- und Düngemitteln im selben Tank vermischt werden. Besondere Vorsicht ist auch bei der Anwendung von Bioziden mit antimikrobieller Breitbandwirkung wie Chlor und Wasserstoffperoxid geboten.

## **21. Welche Kulturpraktiken muss man anpassen, wenn man Mikroorganismen anwendet?**

Wir verfolgen das Ziel eines integrierten Pflanzenbaus mit dem zunehmenden Einsatz von neuartigen mikrobiologischen Elementen im festen Rahmen herkömmlicher Wirtschaftsweisen. Mit der Ausnahme von Bioziden und wenigen chemischen Fungiziden sind unsere Produkte mit der großen Mehrzahl von chemischen Produkten kombinierbar. Das erlaubt ihre schrittweise Einführung ohne den gänzlichen Verzicht auf bewährte chemische Mittel oder kulturelle Praktiken.

Unsere Berater begleiten diesen schrittweisen Vertrauensaufbau durch ein behutsames Miteinander. Wir wissen, dass die Umstellung von herkömmlichen Wirtschaftsweisen hin zum biologischen Anbau immer auch eine gemeinsame Lernkurve beinhaltet. Dabei achten wir den Wert langjähriger Erfahrung und misstrauen radikalen „Lösungen“.

## **22. Empfohlene Praktiken**

Nicht zwingend notwendig aber doch empfehlenswert sind Kulturpraktiken, die den Boden ökologisch verbessern, weil sie zur Humusbildung beitragen und Krankheitserreger an der Vermehrung hindern. Dazu gehört vor allem der Eintrag von organischem Material und Biostimulanzien, die das Bodenleben anregen (Kompost, Regenwurmkompost, Fischextrakt, Humin- und Fulvinsäuren, Algenextrakte, u.a.), sowie die Verminderung des Umbruchs bis hin zur Direktsaat, der Einsatz geeigneter Pflanzdichten und die Sommer- und Winterfruchtfolge. Der Düngeplan sollte nach den Kriterien zeitnaher Analyseergebnisse und der regelmäßigen Messung von pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit angepasst werden und die Mikroelemente einschließen. Unsere Beratung umfasst die biologischen, chemischen und organischen Bestandteile.

## **23. Welche Pflanzen profitieren von der Anwendung unserer Mikroorganismen?**

Die Wurzeln aller Pflanzen sind mit für sie nützlichen Mikroorganismen assoziiert. Unser Produkt **Bactiva**® kann bei allen Kulturen erfolgreich eingesetzt werden. Sogar die Wurzeln von Epiphyten wie Zierorchideen werden kommerziell regelmäßig mit **Bactiva**® behandelt. Einzige Ausnahme sind Wasserpflanzen, für die unsere Mikroorganismen nicht geeignet sind.

Kommerziell finden unsere Produkte bisher vor allem auf folgenden Kulturen Anwendung:

- Gemüse und Früchte: Tomate, Paprika, Kartoffel, Salat, Gurke, Erdbeere, Brombeere, Himbeere, Wassermelone...
- Leguminosen: Bohne, Erbse, Soja, Ackerbohne, Kichererbse, Erdnuss...
- Getreide und Mais: Mais, Weizen, Gerste, Hirse...
- Zierpflanzen: Weihnachtsstern, Rose, Schnittblumen...
- Forst / Obstbäume: Kiefer, Eiche, Pfirsich, Avocado, Walnuss...
- Cash Crops: Baumwolle, Zuckerrohr, Ölpalme...
- Grünflächen: Golfplätze, Sportanlagen, städtische Grünanlagen...

**24. Mykorrhiza**

Einige Pflanzen lassen sich nicht mykorrhizieren. Hierzu zählen vor allem Vertreter der Kohlgewächse (*Brassicaceae*), Knöterichgewächse (*Polygonaceae*), Nelkengewächse (*Caryophyllaceae*), Fettblattgewächse (*Crassulaceae*) und Fuchsschwanzgewächse (*Chenopodiaceae*), sowie auch viele Wasserpflanzen oder am Wasser lebende Pflanzen, wie z.B. die Seggen (*Cyperaceae*) und Binsen (*Juncaceae*), und spezielle Pflanzenfamilien, darunter fleischfressende Pflanzen und Parasiten.

Diese Pflanzen können nicht mit Endomykorrhizapilzen behandelt werden. Bei allen diesen Pflanzen lässt sich aber **Bactiva**® mit Erfolg anwenden (mit Ausnahme der Wasserpflanzen).

Darüber hinaus benötigen verschiedene Pflanzenarten verschiedene Mykorrhizapilze. So unterscheidet man zwischen verschiedenen Mykorrhizatypen, an denen unterschiedliche Pilzgattungen beteiligt sind (Ekto-, Ekt-Endo-, arbutoide, ericoide, VA-, Orchideen- und monotropoide Mykorrhizen).

Die weitaus häufigste Form ist die VA-Mykorrhiza (VA = vesikulär-arbuskulär), die vor allem von Pilzen der Gattung *Glomus* gebildet werden. Hier empfehlen sich Produkte aus unserer Endo-Linie.

**25. Kann man *Trichoderma* und Bakterien wie *Bacillus subtilis* miteinander gemischt anwenden?**

Das Thema wird von einigen Fachleuten heftig diskutiert. Aufgrund unserer bisherigen Erfahrungen stellen wir Folgendes fest: *Trichoderma* und *Bacillus subtilis* können sich gelegentlich gegenseitig schädigen. Jedoch wird diese seltene und im Allgemeinen schwache negative Wechselbeziehung durch die generellen Vorteile einer komplexen Mischung mehr als aufgewogen. Die Kombination von mehreren hochwirksamen Arten in unseren Produkten steigert die Erfolgsaussichten und Einsatzmöglichkeiten bei den unterschiedlichen Kulturen und unter verschiedenen Umwelt- und Produktionsbedingungen. Dennoch können die Mikroorganismen verschiedener kommerzieller Produkte miteinander gelegentlich in antagonistischer Wechselbeziehung stehen. So ist es beispielsweise denkbar, dass ein stark dominanter doch wenig wirksamer Stickstofffixierer den weniger dominanten doch wirksameren Stickstofffixierer eines anderen Produktes gänzlich verdrängt.

Um das zu vermeiden, sollten nur solche Präparate kombiniert werden, die sich ergänzen und ihre Leistungsfähigkeit jeweils auch als eigenständige Produkte gezeigt haben. In diesem Falle dürfte eine Kombination mehrerer Produkte der bloßen Anwendung eines einzelnen Produktes überlegen sein.

**26. Kann man Mikroorganismen mit allen Substraten kombinieren?**

Die Fähigkeit eines Lebewesens in einer Bandbreite von Faktoren wie Temperatur, Säuregrad, Höhenstufe und Verfügbarkeit von Wasser zu leben, wachsen und sich zu vermehren, wird als seine ökologische Amplitude bezeichnet. Diese ist bei den Mikroorganismen im Allgemeinen breiter als bei den Pflanzen, d.h. sie können auch noch dort überdauern, wo Pflanzen nicht mehr gedeihen. Mikroorganismen, welche die Wurzeln der Pflanzen besiedeln, ermöglichen es ihnen extreme pH-Werte und Temperaturen oder Wassermangel besser zu überstehen. Durch ihre puffernde Wirkung verhelfen die Mikroorganismen den Pflanzen also zu einer breiteren ökologischen Amplitude.

Diese Feststellung beantwortet eine ganze Reihe von Fragen, die in Hinsicht auf die Ansprüche der Mikroorganismen gestellt werden. Gute Wachstumsbedingungen für die Pflanzen sind auch für die in unseren Produkten enthaltenen Mikroorganismen förderlich.

Folglich kann man Mikroorganismen mit allen Pflanzensubstraten kombinieren. Allerdings sollte die Eignung eines Substrates oder einer Lösung als Trägersubstanz für Mikroorganismengemische im Einzelfall in Laborversuchen bestätigt werden, wenn die Gemische längere Zeit gelagert werden, bevor sie im Pflanzenbau zum Einsatz kommen. So erbringen unsere Endomykorrhizapilze, wenn sie mit Kompost vermischt werden, nach wenigen Wochen der Lagerung in drei Viertel der Fälle keine zufriedenstellende Kolonisierungserfolge auf den Pflanzenwurzeln mehr. Dabei ergeben sich allerdings große und nicht leicht erklärbare Unterschiede zwischen verschiedenen Komposttypen. Mikroorganismen, die sich wie *Bacillus* und *Trichoderma* saprophytisch ernähren, können bei einem ausreichenden Gehalt an frei verfügbarem Wasser keimen und das Substrat durchwachsen. Der resultierende Wachstumsvorsprung ist dabei positiv zu bewerten. Allerdings kann eine solche Population bei zu langer Lagerung auch wieder zusammenbrechen.

## Haltbarkeit

### 27. Wie lange sind unsere Mikroorganismen haltbar?

Die Haltbarkeit verschiedener Mikroorganismenarten und -stämme ist äußerst unterschiedlich. Bakterien, wie *Bacillus*, die echte Sporen bilden (Endosporen), sind die ausdauerndsten Lebewesen überhaupt.

Ganz anders sieht es bei Bakteriengattungen aus, die keine echten Sporen bilden. So verlieren *Pseudomonas*, *Azospirillum* und *Azotobacter* bereits nach wenigen Monaten an Lebensfähigkeit, wenn sie nicht zuerst gut getrocknet und dann bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gelagert werden.

Unser Stamm von *Trichoderma harzianum* und der Endomykorrhizapilz *Glomus intraradices* sind bei sachgerechter Lagerung mindestens zwei Jahre lang keimfähig.

### 28. Die Widerstandsfähigkeit von *Bacillus*-Sporen

Die Sporen von *Bacillus subtilis* überleben Experimente, welche die Bedingungen beim Herausschleudern aus der Erdatmosphäre nach Einschlag eines Asteroiden, die folgende Reise durch das Sonnensystem und den Aufprall auf einem anderen Planeten nachstellen. Auch wurde berichtet, dass *Bacillus*-Sporen nach 250 Millionen Jahren Lagerungen in Salzstöcken ausgekeimt werden konnten. Es erscheint plausibel, dass sich derart resistente Sporen zwischen Planeten übertragen und dadurch vielleicht sogar dem Leben auf der Erde Ursprung gaben (Panspermie).

### 29. Die Haltbarkeit unserer Produkte

Werden Organismen mit unterschiedlichen Haltbarkeitszeiten in einem Produkt gemischt, ergibt sich ein Problem bei der Festlegung des Haltbarkeitsdatums. Wir haben uns dafür entschieden, kurzlebige Hochleistungsstämme, wie *Pseudomonas fluorescens* in die Formulierung aufzunehmen, doch stellen wir sicher, dass langlebige *Bacillus*-Arten auch nach längerer Lagerung gute Dienste tun.

Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass viele Produkte, die im Labor und unter Versuchsbedingungen hervorragende Ergebnisse bringen, nicht der rauen kommerziellen Wirklichkeit eines Distributionssystems Stand halten. Daher legen wir bei der Auswahl der Stämme und Herstellungsweisen besonderen Wert auf eine lange Haltbarkeit und Widerstandskraft. Im Allgemeinen setzen sich unsere Produkte so zusammen, dass 98% der Sporen eine 18 monatige Lagerung bei unter 25°C keimfähig überdauern.

### 30. Wie lange sind unsere Mikroorganismen haltbar, wenn man sie mit Substrat oder Wasser vermischt?

Diese Frage ist meist nicht einfach zu beantworten und muss im Einzelfall mit gezielten

Tests in unseren Laboratorien beantwortet werden. Der kurzzeitigen Lagerung von einem Tag ist nichts entgegenzuhalten. Zieht sich der Zeitraum über mehrere Tage oder Wochen hin, sollte fachlicher Rat eingeholt werden.

## Qualität

### 31. Wie erkennt man ein „gutes“ biologisches Inokulum?

Ein biologisches Produkt ist „gut“, wenn es in einem angemessenen Kostenrahmen gut wirkt. Es ist nicht alleine deswegen „gut“, weil es billig ist, eine hohe Sporenkonzentration aufweist oder der Hersteller besonders viel verspricht.

Man sollte sich bei der Auswahl von den Aussagen anderer Anwender leiten lassen, lieber erst einmal kleine Flächen behandeln, radikale Umstellungen vermeiden und in Kauf nehmen, dass die Anwendungsempfehlungen nach den ersten Erfahrungen eventuell noch einmal überdacht werden müssen.

### 32. Wie unterscheiden sich verschiedene Mikroorganismuspräparate?

Mikrobielle Produkte unterscheiden sich vor allem in der Auswahl der Organismenarten und -stämme, den Herstellungs- und Konservierungsprozessen, sowie den Konzentrationen und den Zusatzstoffen. Bei manchen Produkten werden bereits während der Herstellung große Mengen von Metaboliten angereichert, die das Produkt ab dem Moment des Einsatzes wirksam machen, ohne, dass die Mikroorganismen erst anfangen müssen zu wachsen. Bei anderen Produkten verlieren die Organismen ihre erwünschten Eigenschaften während des Herstellungsprozesses. Darüber hinaus unterscheiden sich die Hersteller in den Qualitätsstandards und der Erfahrung mit ihren Produkten im täglichen Einsatz unter marktwirtschaftlichen Bedingungen.

Das ist nur der Anfang einer langen Liste von Merkmalen, die es schwer macht, Produkte objektiv miteinander zu vergleichen. Der Anwender sollte sich fragen, wie lange die Produkte lagerfähig sind und ob sie in seinem Produktionssystem eingebracht werden können. Kann er mit angemessener Beratung rechnen? Welchen Ruf haben die Marke und der Hersteller am Markt? Wie viele andere Anwender kennt er?

Chemische Produkte, wie z.B. NPK-Dünger oder Metalaxyl-Präparate, können oft hinreichend durch Vergleich der Konzentrationen ihrer aktiven Inhaltsstoffe gegenübergestellt werden. Bei Anbietern mit gleich gutem Ruf kann der Verbraucher die Kaufentscheidung nach einer kurzen Preis-Leistungs-Rechnung treffen. Bei biologischen Produkten ist der bloße Vergleich von Inhaltsstofflisten nicht ausreichend. So kann ein Produkt auf der Basis von *Trichoderma harzianum* wirksamer sein, als ein Konkurrenzprodukt mit tausendfacher Konzentration.

### 33. Wie kann man nachprüfen, ob die im Etikett angegebene Sporenkonzentration tatsächlich im Produkt enthalten ist?

Meist ist es für den Anwender unmöglich, die Sporenkonzentration nachzuprüfen. Er kann sich zwar auf die Analyse von staatlich anerkannten, mikrobiologischen Instituten stützen, doch kommt es immer wieder vor, dass für eine Probe, die an mehrere Labors geschickt wird, ganz verschiedene Konzentrationen gemeldet werden. Hat der Anwender schließlich doch Sicherheit über ein Produkt gewonnen, kann er nicht davon ausgehen, dass er beim folgenden Kauf die gleiche Konzentration oder einen ähnlichen Reinheitsgrad erhält.

In dieser Situation ist der Ruf einer Marke entscheidend. Wir sind als Hersteller um unseren Ruf bedacht und haben eine strenge Qualitätssicherung eingebaut, um über Jahre hinweg durchgehend gute Ergebnisse zu erzielen. Wir laden unabhängige Institute ein, unsere Verfahren zur Qualitätsprüfung nachzuahmen, damit unsere Aussagen für Dritte objektiv nachvollziehbar sind.

### **34. Wie sichert die Bactiva-Gruppe die Qualität ihrer Produkte?**

Wir behalten von jedem Produktionslauf eine Rückstellprobe, die einer Qualitätskontrolle unterzogen wird. Dabei werden die Sporenzahl und Keimfähigkeit nach allgemein anerkannten mikrobiologischen Verfahren ermittelt.

### **35. Wozu dienen die Zusatzstoffe, die in vielen Mikroorganismusprodukten zu finden sind?**

Die Sporen werden an kleine Partikel von Zusatzstoffen geheftet, die ihnen als Nahrungsquelle und Starthilfe dienen. Kritiker behaupten, dass Mikroorganismusprodukte mit Zusatzstoffen wie Aminosäuren, Huminsäuren und Algenextrakt versehen werden, damit in jedem Falle eine positive Wirkung eintritt, auch wenn sie nicht von den Organismen ausgeht.

Im Falle unserer hochkonzentrierten Produkte werden in einer Anwendung meist nur wenige Hundert Gramm pro Hektar verbraucht. In diesen kleinen Mengen befinden sich jedoch viele Sporen, von denen fast alle in der Lage sind, eine Kolonie zu bilden und sich dabei exponentiell zu vermehren. Zusatzstoffe können sich nicht vermehren. Die Wirkung von wenigen Gramm Algenextrakt pro Hektar auf das Pflanzenwachstum ist verschwindend gering.

### **Sicherheit**

### **36. Können unsere Mikroorganismen Menschen gesundheitlich schädigen?**

Für das Produkt **Bactiva**® wurden umfangreiche toxikologische Daten nach EPA-Richtlinien erstellt (Haut, Hautreizung, Augen, Verzehr, aquatische Toxizität). Der LD50-Wert beträgt >2000mg/kg und das Produkt unterliegt somit nicht mehr der CLP Regulation. Es ist damit als nicht toxisch eingestuft.

Trotz der Unbedenklichkeit des Produktes sollte das Einatmen des feinen Pulvers vermieden werden, da die hochkonzentrierten Sporen und deren Metabolite die Schleimhäute und Atemwege reizen können. Wir verwenden beim Mischen Schutzanzüge und Atemmasken ohne deren Gebrauch es nach stetem Umgang mit den Sporen zu Irritationen und Immunreaktionen kommen kann.

Wir empfehlen daher auch dem Verbraucher, bei der Anwendung einen Atemschutz und Handschuhe zu tragen. Menschen, die zu Allergien neigen, sollten sich besonders schützen. Auch wenn die Mikroorganismen der Natur entnommen wurden und überall in kleinen Mengen in der Atemluft vorkommen, so sind wir normalerweise nicht so großen Mengen an Sporen ausgesetzt.

Werden die Mikroorganismen auf die oberirdischen Pflanzenteile versprüht, so sollten sie möglichst schnell in den Wurzelraum eingeregnet werden, wo sie wirksam werden. Geringfügige Ablagerungen auf den Blättern und Früchten sollten vor dem Verzehr gewaschen werden. Sie sind unbedenklich solange es sich nur um feine Sprühreste und nicht um das reine hochkonzentrierte Produkt handelt.

### **37. Können unsere Mikroorganismuspräparate die Pflanzen schädigen?**

Bacteria reproduced in an artisanal manner by the user, may compete for nutrients with the plants, especially when used in semi-hydroponic cultures. This effect is not observed for our products. In addition, they show no further adverse effects on plants.

### **38. Kann der wiederholte Einsatz von unseren Mikroorganismen den Boden schädigen?**

Die in unseren Produkten enthaltenen Mikroorganismen beleben den Boden und machen ihn ökologisch aktiv. Es gibt keinerlei negative Auswirkungen auf die Qualität des Bodens.