



Preguntas frecuentes (FAQ)

Microorganismos para el tratamiento de raíces:

Hongos micorrícicos, *Trichoderma* y bacterias benéficas (PGPR)

En esta sección se contestan preguntas frecuentes sobre nuestros microorganismos para el tratamiento de raíces en cuanto a su aplicación, eficacia, compatibilidad, durabilidad, calidad y seguridad.

Aplicación

¿Cuántas veces hay que aplicar los microorganismos y en qué cantidades?

En general aplica la regla de oro: Mejor pequeñas cantidades con frecuencia que una gran cantidad una sola vez. El objetivo es mantener poblaciones estables en el suelo que permanezcan más tiempo protegiendo las raíces.

Microorganismos de vida libre, como las rizobacterias y *Trichoderma*, forman inicialmente grandes poblaciones que pueden colapsar durante el ciclo del cultivo. En este caso el inóculo se debería aplicar varias veces.

Además, se mantiene una gama de especies benéficas más amplia si se aplican refuerzos de pequeñas cantidades por tiempos prolongados. Cuando varias especies de microorganismos colonizan la superficie de la raíz, con el tiempo algunas especies se vuelven más dominantes que otras. Así puede ocurrir que una especie que logró poblar una gran parte de la raíz al inicio, ya no se puede encontrar después de algún tiempo. Sin embargo, posiblemente aquella especie aporta valiosas funciones para el cultivo en una fase fenológica posterior, por ejemplo durante el cuajado o crecimiento del fruto que demanda muchos nutrientes.

La situación cambia para microorganismos que están asociados estrechamente con el tejido vegetal de la raíz, como son los hongos micorrícicos y los rizobios de las leguminosas. Una planta que se inoculó bien y por completo después de su germinación, sigue manteniendo estos socios simbióticos hasta el fin de su vida. En este caso un refuerzo por lo regular tiene menos sentido.

Refuerzos con Endospor

No obstante, en la práctica frecuentemente se presentan sorpresas positivas al reforzar con hongos endomicorrícicos. Por ejemplo, plantas maduras de frutales y vid muchas veces se benefician de una nueva micorrización con Endospor. Este “efecto refrescante” probablemente tiene su origen en la competencia entre varias especies de hongos micorrícicos. Con el refuerzo las cepas de alto rendimiento para la planta logran desplazar a especies menos eficaces en partes del sistema radicular.

El refuerzo se debe aplicar en el momento del rebrote de las raíces. En regiones templadas esto sucede en primavera. En regiones tropicales y subtropicales el momento más idóneo es durante la época de lluvias o, en caso de contar con sistema de riego, al terminar el invierno.

¿Se deberían reproducir los microorganismos antes de su aplicación?

Algunos usuarios reproducen concentrados comerciales de esporas antes de la aplicación en un proceso de crecimiento de varios días bajo condiciones no-estériles. El objetivo de este “enriquecimiento” es la obtención de más material de inoculación para el tratamiento de las plantas. Microorganismos cuyas esporas ya hayan germinado y formado colonias o micelio están mejor preparados para colonizar la superficie de la raíz de manera inmediata.

Esta propagación puede ser ventajosa en ocasiones. Sin embargo, nosotros opinamos que en la mayoría de los casos no es justificada frente al creciente número de productos a base de microorganismos tecnológicamente maduros que se obtienen a buen precio. Por lo regular no aconsejamos invertir tiempo y dinero en una reproducción innecesaria por la poca utilidad que representa y la larga lista de posibles desventajas.

La reproducción requiere de una fuente de energía (melaza, dextrosa...), nutrientes (N, P...) y otras fuentes de materia orgánica (composta, fibras...). Restos de estos materiales puede ocasionar consecuencias imprevisibles para los cultivos. Estos restos se pueden presentar como resultado de una digestión incompleta por parte de los microorganismos, por ejemplo a causa de una terminación prematura del proceso de reproducción.

Finalmente, solo un aumento en la eficacia de los microorganismos puede justificar la inversión adicional en costos y tiempo que implica la reproducción por el usuario. Este cálculo normalmente no resulta favorable para una empresa agroindustrial que busca optimizar sus utilidades.

Posibles desventajas de una reproducción previa a la aplicación

Restos de azúcares no-digeridos pueden fungir como fuente de energía rápidamente aprovechable para patógenos que ya crecen en el cultivo, como son *Erwinia*, *Xanthomonas* o *Phytophthora*. Estos organismos ya establecidos tienen la ventaja sobre los recién-llegados de haberse adaptado a su entorno, por lo cual son capaces de aprovechar el azúcar para un crecimiento exponencial antes de que los microorganismos benéficos puedan contrarrestar. Este peligro es especialmente grande cuando sobran remanentes en la parte foliar después de una aplicación por aspersión.

La introducción adicional de restos de nitrato y fosfato puede causar desbalance en una producción de plantas que se encuentra en un equilibrio nutricional optimizado. Este desbalance puede afectar sobretodo el manejo de sistemas hidropónicos y semi-hidropónicos altamente tecnificados y computarizados. Existen casos en los cuales los microorganismos reproducidos por el usuario entran en competencia por los nutrientes con las plantas. Esto no puede ocurrir con la simple aplicación de nuestros concentrados de alta tecnología.

Se pueden introducir y reproducir patógenos cuando se usa material vegetal crudo como fuente de carbón. Este material debería someterse previamente a un proceso de composteo en el cual se alcanzan altas temperaturas que matan hongos y bacterias causantes de enfermedades. En cambio, las altas temperaturas se tienen que evitar al propagar rizobacterias y *Trichoderma*.

El punto anterior conlleva a la siguiente reflexión general: inoculantes comerciales de alta calidad consisten en mezclas de cepas puras, producidas bajo supervisión estricta en bioreactores industriales y estériles. Microorganismos no-deseados están ausentes en este tipo de incubación. Todas las condiciones importantes para el crecimiento se determinan de manera exacta para que las cepas no pierdan sus propiedades benéficas. Además, el medio de cultivo no aprovechado por los microorganismos se elimina prácticamente en su totalidad. Todos estos factores resultan en productos de una calidad alta y uniforme que se controla de manera continua según criterios objetivos y científicos. Esto es importante porque es la única manera que permite reproducir los buenos resultados que se alcanzaron en el primer año de la aplicación de manera continua en los años siguientes.

En comparación, el proceso de propagación artesanal implica muchos factores incontrolables. Modificaciones en la duración y/o la temperatura de fermentación pueden resultar en cambios dramáticos de la composición de especies. Se puede afectar la consistencia y el método de aplicación del producto y es posible que no permitan eliminar el medio de cultivo sobrante adecuadamente. Cultivando muchas especies en un mismo caldo puede desfavorecer a especies individuales que pierden la competencia. Hongos micorrízicos, por ejemplo, no pueden crecer de esta manera y muchas veces no sobreviven al proceso. Las especies restantes pueden perder sus propiedades deseadas parcialmente. Cambios significativos en el producto final propician diferentes resultados en el cultivo. Las múltiples variaciones pueden ocasionar sorpresas que afectan la planeación y organización de los demás procesos de producción y que, en el peor de los casos, resultan en bajas.

¿Existe una sobredosis en la aplicación de microorganismos?

La fertilización con una sobredosis de sales minerales puede resultar en la “quemadura” de las plantas. Esto no se observa en la aplicación de microorganismos. Ellos hacen su trabajo o se mueren; técnicamente no existe una sobredosis. Más bien, el arte de la dosificación consiste en determinar una cantidad suficiente de producto para lograr el efecto deseado – dentro de un marco presupuestal apropiado.

¿Con qué cantidad de agua se tienen que aplicar los microorganismos?

Nuestros productos son polvos finos o granulados. Para algunas aplicaciones se mezclan con el sustrato o se adhieren a las semillas. A menudo se mezclan con agua y de esta manera se asperjan o se aplican por el sistema de riego.

Para el producto Bactiva, por ejemplo, ha resultado apropiada una relación de 30g en 10L de agua. Es importante que las esporas de los microorganismos entren en la zona radicular, aplicando una cantidad suficiente de agua. Sin embargo, no se debería sobrepasar la capacidad de absorción de agua del sustrato para no lavar las esporas de la zona de las raíces (por ejemplo, hay que evitar que goteen las charolas de germinación).

La cantidad exacta del agua no es importante desde el punto de vista biológico, mientras que haya suficiente agua disponible para la germinación de las esporas. En la aplicación, el agua cumple una función de vehículo. Al determinar la cantidad de agua hay que contemplar cuestiones prácticas de aplicación, porque el objetivo es introducir las esporas lo más completo posible en la zona radicular. Dependiendo del método y del equipo de aplicación, se debe aplicar el agua necesaria para la distribución uniforme del producto dentro de cada unidad de producción (charola, maceta, bancalete, parcela o huerta).

Diferencias entre aplicaciones al follaje y a la raíz

Hay que calibrar la cantidad del agua con más exactitud en la aplicación de concentrados de esporas a la parte foliar, por ejemplo como bioinsecticidas a base de *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* o *Metarrhizium anisopliae*. El funcionamiento correcto de los productos depende de la completa cobertura de la superficie foliar. Al mismo tiempo es indispensable aumentar la concentración de esporas para maximizar la probabilidad de que alcancen todos los patógenos en la parte foliar.

En aplicaciones al suelo son factores menos críticos la cobertura completa de la superficie de la raíz y la concentración de las esporas en cada punto del sistema radicular. Bacterias y hongos pueden extenderse por la formación de colonias y micelios. Gracias a la materia orgánica del suelo, estos saprofitos pueden crecer hacia la raíz y hacia los patógenos a suprimir. La opinión convencional es que esto es imposible casi siempre para esporas de microorganismos que caen en la cutícula de la parte foliar, pobre en nutrientes.

¿Hay que ajustar el pH del agua con lo cual se mezclan los microorganismos?

Todos los microorganismos cuentan con un rango preferido de pH en lo cual crecen y se vuelven especialmente eficaces. Por esta razón algunos fabricantes insisten en el ajuste del pH del agua antes de la mezcla con sus productos. Nosotros no lo recomendamos porque los microorganismos escogidos por nuestra empresa toleran una solución ácida o alcalina dentro del rango aceptable para agua de riego o soluciones nutritivas. Por lo tanto no es necesario ajustar el pH del agua para la mezcla.

En última instancia, lo que es clave para la eficacia de los microorganismos, es el pH que encuentran en la rizósfera y el suelo. Las cepas usadas por nuestra empresa cuentan con una mayor tolerancia de valores de pH extremos que la planta. Esto explica porque

plantas inoculadas frecuentemente crecen mejor en suelos extremadamente ácidos o alcalinos que plantas sin tratamiento. Por ejemplo, después de varios años de intentos frustrados sin la micorriza, solamente con el apoyo del hongo ectomicorrízico *Pisolithus tinctorius*, se logró reforestar suelos mineros extremadamente ácidos en los Estados Unidos.

¿Cuándo resulta especialmente benéfico aplicar microorganismos?

La introducción regular de microorganismos benéficos puede mejorar el éxito de la producción cuando condiciones adversas influyen negativamente sobre el crecimiento de las plantas y los organismos del suelo. Suprimen el desarrollo de los patógenos mientras que estimulan el crecimiento de las partes sanas de la raíz, por ejemplo cuando están heridas por trasplantes o dañadas por enfermedades o compactación del suelo.

En la práctica se observa que tras la introducción de microorganismos benéficos en suelos que han sido tratados convencionalmente, muchas veces el cultivo responde con una mejor asimilación de nutrientes y un mayor crecimiento y rendimiento.

También se recomienda aplicar microorganismos cuando es imposible que cepas y especies benéficas se introduzcan en números suficientes por el aire para poblar la raíz. Esto es especialmente importante para los hongos endomicorrízicos que poseen esporas de diámetros grandes. Estos hongos por lo regular no pueden llegar por el aire para inocular charolas de germinación.

Micorrización

Plántulas que germinan en peat moss o sustratos parecidos normalmente no pueden formar micorrizas sin la aplicación de esporas de hongos micorrízicos. Inoculando estas plantas en una fase temprana, se le da la posibilidad al hongo de crecer a lo largo de la raíz. El hongo pasa por un proceso de maduración, similar al desarrollo de la planta. En el momento del trasplante el micelio ya está bien desarrollado y esto ayuda a la planta a superar el estrés del trasplante. Plántulas no-micorrizadas por lo regular encuentran tarde o temprano hongos micorrízicos del campo. Sin embargo, en el caso de una micorrización tardía pierden una ventaja importante en un momento crítico de su ciclo de desarrollo.

Dentro de la gran variedad de cultivos que se benefician de la micorrización destacan aquellos que dan altos rendimientos durante muchos años, como por ejemplo vid o frutales. Se recomienda tratar estas plantas con Endospor en una fase temprana y repetidamente porque existe una relación altamente favorable entre los bajos costos del tratamiento y sus grandes beneficios potenciales. El caso es diferente en cultivos de vida corta. Los costos de la micorrización de lechuga, por ejemplo, pueden superar los beneficios. En este caso un ensayo en campo puede aclarar si la inversión está justificada.

¿Por qué todavía no utilizan microorganismos todos los horticultores y agricultores?

Aunque el uso de microorganismos en la producción de plantas está en aumento a nivel mundial, su aplicación está todavía en los inicios. Su potencial para complementar o

reemplazar fertilizantes y plaguicidas químicos está científicamente comprobado. Sin embargo, en la realidad comercial existe una presencia casi insignificante en comparación con el predominio de los productos químicos tradicionales. Las razones son complejas y pueden causar controversia.

Muchos proveedores de plaguicidas biológicos opinan que los usuarios y legisladores están influenciados por la intensa presión de la poderosa industria química. Los fabricantes de alternativas biológicas también han aumentado la presión en los últimos años. Aún así, el impacto de los corporativos multinacionales de la industria química rebasa los esfuerzos de estas empresas, tendencialmente pequeñas, locales y orientadas hacia los servicios.

Pequeños fabricantes de productos biológicos no pueden cumplir con los altos estándares para el registro de plaguicidas marcados por los corporativos de la industria química. Por lo menos esto aplica para esta fase inicial en la cual todavía no existen mercados grandes y lucrativos que justificarían tales inversiones.

Como resultado, los productos se clasifican como “mejoradores de suelo” o “fitofortificantes” y se restringe la información a declaraciones ambiguas, mencionando las propiedades protectoras para la planta solamente como “efectos secundarios”. Así, los productos biológicos con efectos científicamente comprobados se categorizan junto con productos de reputación cuestionable que no pasarían por pruebas científicas de eficacia.

Por lo regular, el usuario carece de estándares de calidad reconocidos por toda la industria que le ayuden a seleccionar entre diversos productos de microorganismos. El problema empieza con la concentración de los ingredientes activos declarados en la etiqueta. Solamente se puede comprobar la concentración por medio de análisis costosos. En consecuencia este aspecto vital se vuelve una cuestión de confianza hacia el proveedor. Por tal razón unos pocos productos de calidad dudosa pueden dañar la reputación de toda una industria, principalmente cuando proveedores poco serios hacen promesas exageradas para realizar ventas rápidas.

Con el creciente interés en los productos y con un mayor volumen de ventas, aumenta el número de productos de alta calidad disponibles y el reconocimiento de marcas por parte del consumidor. Nosotros miramos con buenas expectativas hacia el futuro y opinamos que las innovaciones que se establecerán al final son aquellas que aporten un valor agregado real.

“Usuarios conservadores”

Muchos horticultores y agricultores tienen la reputación de no dejarse convencer fácilmente por las innovaciones. Sin embargo, el sector agropecuario se ha transformado gracias a todas aquellas innovaciones como la computarización y la globalización que también afectan a otras ramas de la economía. Este sector tampoco carece de crisis regulares y frecuentes que empujan hacia la experimentación, como son el aumento de los precios por la energía y los fertilizantes o las restricciones de plaguicidas por razones de resistencia y prohibiciones.

¿Se pueden usar microorganismos del suelo en la parte foliar para controlar enfermedades o como biofertilizantes?

Para los hongos micorrícicos es imposible crecer en la parte foliar. Se tienen que aplicar forzosamente en la cercanía las raíces. La situación cambia en el caso de bacterias y hongos de vida libre provenientes de la rizósfera. Normalmente pueden crecer en la parte foliar de la planta mientras que encuentren una base alimenticia. Sin embargo, se enfrentan a una serie de problemas que les dificultan la conquista de este hábitat.

El suelo y de la rizósfera abastecen una abundante oferta de alimento orgánico, pero la cutícula de las hojas carece casi por completo de nutrientes (filósfera). *Bacillus* y *Trichoderma* no se pueden desplazar activamente; se propagan creciendo en un medio de cultivo por la formación de colonias y micelio. Inmovibles, sin fuente de energía y expuestos a los peligros del desecamiento y la radiación ultravioleta, casi no pueden aportar a la protección o fertilización de la planta.

Excepciones

Existen algunas aplicaciones exitosas de microorganismos del suelo en la parte foliar, a pesar de las condiciones adversas de este ambiente. Por ejemplo, tratando la salida de una colmena de abejas con *Trichoderma* se puede lograr que las conidias se adhieran a las patas de los polinizadores que pisan por el área. Así los transportan a las flores de fresa donde participan en la prevención de *Botrytis* en el cuaje de los frutos. Nuestros microorganismos antagonistas del suelo también pueden ejercer una cierta función protectora para el cuello de la planta que sufre una mayor amenaza por problemas de pudrición.

¿Se puede promover un crecimiento selectivo de los microorganismos benéficos?

Nuestros microorganismos de vida libre extraen energía de la descomposición de materia orgánica. Para esto necesitan una gama de suplementos que se adicionan a un medio de cultivo en el cual se hacen crecer en el laboratorio. Agregando estos compuestos al suelo, todos los microorganismos los aprovechan sin importar si se trata de especies benéficas o dañinas. Por lo tanto, no es posible promover exclusivamente el desarrollo de los microorganismos deseables.

No obstante, se recomienda la aplicación de compuestos que promueven el crecimiento de los microorganismos del suelo en general. Una comunidad biológicamente activa y ecológicamente estable en el suelo resulta en plantas menos susceptibles a los ataques de patógenos. Siempre se debe evitar la aplicación de fuentes de energía de rápido acceso, como azúcares que se digieren fácilmente. La vida microbiana también se ve favorecida por materiales con microcavidades que propician un ambiente benigno para su crecimiento.

Nuevos enfoques

Aparte de estas consideraciones generales, existen intentos recientes de favorecer exclusivamente el crecimiento de microorganismos deseables. Algunos compuestos a base de polifenoles se consideran como mensajeros que estimulan la colonización de las

raíces por hongos endomicorrícicos. La aplicación de medios de cultivo selectivos en la cutícula de la parte foliar que normalmente carece de nutrientes promueve el crecimiento de microorganismos específicos. Sin embargo, estas estrategias todavía no se han podido establecer a nivel comercial.

Eficacia

¿Se puede garantizar la eficacia?

El objetivo principal de nuestros microorganismos es fortalecer y mantener la salud de la planta. Por ejemplo, un biofungicida es capaz de bajar la concentración de un hongo patógeno del suelo pero no lo erradica por completo. Sin embargo, los restos que quedan del patógeno no pueden causar daño por la acción protectora del microorganismo. Nuestra meta no es la destrucción total del hongo patógeno a costo de la salud de la planta. Más bien, evitamos daños y alcanzamos rendimientos máximos al tener plantas saludables.

La aplicación de sustancias químicas tradicionales obedece a un pensamiento monocausal. Por ejemplo, si el color de las hojas es amarillento por la falta de nitrógeno, se fertiliza con nitrógeno y las hojas se ponen verdes.

Los de microorganismos tienen múltiples mecanismos de acción y sus interacciones son muy diversas. El trabajo con estos sistemas complejos está determinado por un razonamiento holístico y no por simples pensamientos lineales. Esta es la razón por la cual en la práctica muchas veces no es posible predecir la eficacia de una aplicación con exactitud cuantificable. Lo que se busca es la suma de muchos efectos positivos por los productos biológicos que puede superar los resultados de un tratamiento puramente químico.

¿Productos biológicos son igual de eficaces como productos químicos?

Muchas veces nuestros concentrados biológicos de alta calidad – bien aplicados – obtienen como mínimo los mismos resultados que los productos químicos tradicionales.

Contrario al trabajo con plaguicidas químicos curativos, el control biológico hace énfasis en la prevención. La aplicación de los microorganismos antagónicos del producto Bactiva puede resultar en una mejora significativa en suelos altamente contaminados por hongos patógenos que ya no se pueden cultivar sin el apoyo masivo de fungicidas tradicionales. Adicionar especies que inhiben el crecimiento de patógenos por vías muy diferentes a las que actúan los fungicidas químicos representa un cambio abrupto en la estrategia de supresión. Esto generalmente resulta en un control adecuado y la reducción del daño directo por el patógeno.

Además, a menudo se obtiene un rendimiento más alto porque las plantas no se tienen que desintoxicar de productos químicos a través de procesos metabólicos energéticamente costosos.

Fertilización

Biofertilizantes no pueden reemplazar los fertilizantes químicos por completo en la producción intensiva de plantas de alto rendimiento.

Bacterias fijadoras de nitrógeno solamente pueden incorporar una cantidad limitada de nitrógeno (hasta un máximo de 70kg/Ha). Sin embargo, son eficientes en el traspaso del nitrógeno asimilado a la planta y no pierden la mayoría como es el caso en la fertilización química.

Microorganismos hacen accesible fósforo y potasio para la planta pero no pueden fijar estos elementos del aire o crearlos “de la nada”. Por esta razón solamente pueden ayudar a reemplazar fertilizantes químicos en lugares donde se encuentran cantidades suficientes de estos elementos bloqueados en el suelo. En estos suelos están inaccesibles para las plantas, es decir, están presentes en forma poco soluble o insoluble. Los microorganismos no pueden aportar estos elementos en sustratos artificiales sin fertilización mineral adicional.

Es recomendable buscar una asesoría inicial al evaluar cuánto producto químico se puede reemplazar por un producto biológico. Posteriormente, nuestros asesores ayudan en la adecuación de las aplicaciones recomendadas, basándose en los efectos observados por el usuario.

¿Si los microorganismos realmente funcionan tan bien, por qué no los venden los corporativos grandes?

La aplicación de productos biológicos normalmente requiere de una asesoría más personalizada por parte de un equipo técnico capacitado que la aplicación de productos químicos. Los insectos caen muertos de la hoja después del tratamiento con un insecticida químico. La aplicación de bioinsecticidas requiere conocimientos exactos del ciclo de desarrollo del insecto plaga para determinar el momento idóneo de las aplicaciones.

El enfoque holístico en el manejo biológico por lo regular no se puede combinar con las estructuras de ventas y la cultura corporativa de los grandes compañías multinacionales de la industria química. Esto crea nichos para empresas especializadas, que se enfocan exclusivamente en el manejo biológico y en la labor de asesoría que este ramo requiere.

¿Si los microorganismos son capaces de prevenir enfermedades, entonces por qué no siempre lo dice en el empaque?

Legalmente, un producto tiene que someterse a un proceso costoso de registro para que se pueda mencionar una acción de plaguicida en su etiqueta. Esto puede implicar la inversión de todo un patrimonio sin que exista una garantía para la aprobación o el éxito comercial en el mercado. Estos altos costos y el riesgo empresarial asociado por lo regular no tienen sentido frente a los bajos niveles actuales de ventas en el sector del control biológico.

Entretanto, muchos productos se declaran como “mejoradores de suelos” o “biofortificantes”, sin el derecho de mencionar efectos de plaguicidas en la etiqueta.

**¿En cuáles temperaturas nuestros microorganismos son especialmente eficaces?
¿En cuáles temperaturas no son eficaces?**

El desarrollo de nuestros microorganismos alcanza su óptimo en temperaturas elevadas (entre 25°C y 35°C). Temperaturas aún más altas pueden inhibir su crecimiento. Superando los 42°C puede resultar en su muerte por ocasionar daños irreversibles de sus proteínas (coagulación).

Al almacenar y aplicar los microorganismos contenidos en nuestros productos hay que asegurar que nunca se expongan a temperaturas arriba de los 40°C. Este calor se puede alcanzar fácilmente en la delantera de un coche en verano o en la tubería de un sistema de riego.

Trichoderma por lo regular deja de crecer en temperaturas inferiores a 10°C. Aún así, siempre se logran buenos resultados en cultivos de latitudes templadas, probablemente porque la actividad de los hongos patógenos también está restringida en temperaturas bajas.

La mayoría de nuestros microorganismos no debería almacenarse por debajo del punto de congelación porque en estas condiciones pueden crecer cristales de hielo adentro de las células que rompen sus membranas.

Las condiciones que son propicias para el crecimiento de las plantas por lo general también son benignas para los microorganismos contenidos en nuestros productos. Esto incluye el rango de temperaturas. Microorganismos que toleran ambientes fríos y calientes le apoyan a la planta en la superación de temperaturas extremas.

¿Cómo se averigua si la aplicación de los microorganismos fue exitosa?

Una raíz tratada con Bactiva tiende a estar más abundante y de color más claro y cuenta con más pelos absorbentes. El cepellón retiene más tierra cuando se sacude. La relación entre la masa de la raíz y la masa de la parte foliar se cambia a favor de un sistema radicular más vigoroso.

Plantas tratadas con Bactiva y Endospor toleran mejor los trasplantes, las condiciones ambientales adversas y la carencia de nutrientes. Son más resistentes contra patógenos del suelo y también con frecuencia sufren menos daños por patógenos de la parte foliar. Generan mayor rendimiento. Son más longevos y capaces de producir durante más tiempo.

Aparte de estas consecuencias visibles para el usuario, es posible demostrar la presencia de los microorganismos directamente con métodos de laboratorio.

No todas las raíces crecen más cuando se inoculan con hongos micorrícicos. A diferencia de la ectomicorriza, la endomicorriza casi siempre queda imperceptible para la vista. El grado de micorrización de la raíz se mide con métodos complicados. Sin embargo, por lo

regular la presencia de un micelio bien desarrollado en el suelo es más importante para el éxito del tratamiento que el grado de micorrización de la raíz.

Con el microscopio se pueden encontrar altas concentraciones de nuestras cepas de *Trichoderma* en la cercanía inmediata de la raíz durante un periodo de varias semanas después del tratamiento con Bactiva. Entre mayor sea su concentración, mejor protegen contra hongos causantes de pudrición.

La experiencia en la práctica señala que suelos y sustratos tratados con microorganismos antagónicos pueden seguir manteniendo concentraciones relativamente altas de hongos patógenos, aunque esto no ocasione enfermedades.

¿Cuánto fertilizante se puede ahorrar con la aplicación de fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo?

La demanda nutricional de un cultivo depende de muchos factores, como por ejemplo el contenido de los macro y microelementos en el suelo disponibles para la planta, los requerimientos específicos del cultivo, su fase fenológica, el sistema de producción y el rendimiento que se espera. Una recomendación de fertilización debería contemplar todas estas consideraciones y basarse en análisis químicos.

Por lo anterior, es imposible emitir recomendaciones generalizadas para el ahorro de fertilizantes cuando se aplican hongos micorrícicos en combinación con rizobacterias (p.ej. los productos: Endospor 33, Fosfonat y Endospor Dry Mix). Aún así ha dado buenos resultados bajar las cantidades de nitrógeno y fósforo para cultivos agrícolas por 20% en el primer año. Si los rendimientos no disminuyen, se puede bajar la fertilización en los siguientes años por 30% y finalmente por un máximo de 40%.

Desconfíe en promesas exageradas de sustituir el programa entero de nutrición química y orgánica por el uso de microorganismos. Por favor asesórese con nuestro personal capacitado durante varios ciclos del cultivo al planear el ahorro en el programa de fertilización.

¿Por cuánto se aumenta el rendimiento por la aplicación de microorganismos?

Una cifra que se reporta con frecuencia en la práctica indica un rendimiento adicional de entre 5% y 10% en cultivos agrícolas después de la aplicación de Endospor 33, Fosfonat o Endospor Dry Mix. Sin embargo, es preferible no generalizar al igual que en la discusión sobre el programa de fertilización.

La experiencia indica que los aumentos en el rendimiento son relativamente grandes cuando el rendimiento del cultivo está por debajo de su potencial genético. Una producción de maíz que normalmente rinde 6ton/Ha se aumenta por un 10%, mientras que el rendimiento de un cultivo de maíz que ya regularmente produce 12ton/Ha difícilmente se puede subir por más de 5%.

Compatibilidades

¿Nuestros microorganismos se pueden combinar con productos químicos?

Las instrucciones para la aplicación de productos biológicos deberían contener una lista de compatibilidades que informa sobre las interacciones con plaguicidas y fertilizantes químicos. Esto es especialmente importante para la inclusión en un manejo integrado y cuando productos químicos se reemplazan paso por paso por alternativas biológicas.

Los hongos benéficos de nuestros productos por lo regular son compatibles con insecticidas, herbicidas, antibióticos e incluso numerosos fungicidas. A veces se observa una ligera inhibición de su crecimiento por la acción de fungicidas. Por ejemplo, si un fungicida reduce el éxito de la colonización de nuestra cepa del hongo endomicorrícico *Glomus intraradices*, este fungicida se define como compatible mientras que la tasa de colonización no baje por menos de 80% de su valor normal.

Altas concentraciones de fósforo (>40ppm en una solución nutritiva) pueden retrasar la colonización por hongos micorrícicos al grado que no se logra una colonización dentro del periodo corto de una producción de plantas. En algunos cultivos, como por ejemplo el trigo, se pueden obtener cosechas mayores en plantas micorrizadas cuando se aplica la mitad de fosfato.

Las bacterias benéficas en nuestros productos toleran por lo regular insecticidas, herbicidas, fungicidas pero no antibióticos.

Generalmente no es recomendable mezclar esporas de hongos y bacterias directamente con plaguicidas y fertilizantes en el mismo tanque. Se requiere especial cuidado en la aplicación de biocidas antimicrobiales con un espectro de acción amplio como son el cloro y el peróxido de hidrógeno.

¿Cuáles prácticas culturales se tienen que ajustar cuando se aplican microorganismos?

Seguimos el objetivo de un manejo integrado del cultivo con un uso cada vez más importante de elementos microbiológicos, respetando buenas prácticas culturales. Nuestros productos se pueden combinar con la gran mayoría de productos químicos con la excepción de biocidas y algunos pocos fungicidas químicos. Esto permite su introducción paulatina sin renunciar por completo al uso de productos químicos de acción probada.

A largo plazo aspiramos a reemplazar en su mayoría a los productos químicos por alternativas biológicas. Nos alegramos por cada cliente que queda convencido por los efectos de los microorganismos en el producto Bactiva para renunciar por completo al uso de fungicidas químicos contra hongos causantes de la pudrición de raíces.

Nuestros asesores acompañan esta creación de confianza paso por paso y por medio de un trato respetuoso. Sabemos que cambiar prácticas tradicionales por un manejo biológico siempre incluye una curva de aprendizaje en conjunto. En este proceso

valoramos la experiencia acumulada en muchos años y desconfiamos de “soluciones” radicales.

Prácticas recomendadas

Se recomiendan prácticas culturales que mejoran la ecología y la fertilidad del suelo porque conllevan a la creación de humus e inhiben la propagación de patógenos. Esto incluye la adición de materia orgánica y bioestimulantes que promueven la vitalidad del suelo (compostas, humus de lombriz, extractos de pescado, ácidos húmicos y fúlvicos, extractos de algas y otros), la reducción de labores que roturen el suelo, la implementación de labranza de conservación, la observación de densidades de siembra adecuadas y la combinación de cultivos de invierno-verano. El programa de nutrición debería adecuarse a los resultados de análisis actualizados que también incluye los microelementos y la medición regular del pH y de la conductividad eléctrica. Nuestra asesoría incorpora los aspectos biológicos, químicos y orgánicos.

¿Cuáles plantas se benefician de la aplicación de nuestros microorganismos?

Los microorganismos benéficos se asocian con las raíces de todas las plantas. Nuestro producto Bactiva se puede usar en todos los cultivos. Incluso las raíces de epifitas como orquídeas, ornamentales se tratan habitualmente a nivel comercial. Como única excepción, nuestros microorganismos no son aptos para las plantas acuáticas.

Los productos Bactiva, Endospor y Ectospor han sido aplicados comercialmente principalmente en los siguientes cultivos:

- Frutas y verduras: jitomate, pimiento morrón, papa, lechuga, pepino, fresa, zarzamora, frambuesa, sandía...
- Leguminosas: frijol, chícharo, soya, haba, garbanzo, cacahuate...
- Granos: maíz, trigo, cebada, sorgo...
- Ornamentales: noche buena, rosa, flores de corte ...
- Forestal/frutales: pino, encino, durazno, aguacate, nogal ...
- Industriales: caña de azúcar, algodón, palma africana...
- Espacios verdes: campos de golf, pastos deportivos, espacios verdes urbanos ...

Micorriza

Algunas plantas no forman micorrizas. Esto incluye a especies de las familias de las brasicáceas (*Brassicaceae*), poligonáceas (*Polygonaceae*), Caryophyllaceae, crasuláceas (*Crassulaceae*) y Chenopodiaceae. También aplica para muchas plantas acuáticas o plantas asociadas con el agua, como por ejemplo las ciperáceas (*Cyperaceae*) y juncáceas (*Juncaceae*) y aparte a familias de plantas especiales, entre ellas plantas carnívoras y parasíticas.

Estas plantas no se pueden tratar con Endospor. Sin embargo, todas se benefician de los microorganismos incluidos en Bactiva (con la excepción de plantas acuáticas).

Diferentes especies de plantas requieren de diferentes hongos formadores de micorriza. Según la participación de diferentes géneros de hongos se distingue entre varios tipos de

micorriza (ectomicorrizas, ectendomicorrizas, micorrizas arbutoides, ericoides, VA-, orquídeoides y monotropoides).

El tipo más frecuente es la micorriza VA (micorrizas vesículoarbusculares) que se forma sobretodo por hongos del género *Glomus*. Aquí se recomienda el producto Endospor.

En el sector forestal se usa con frecuencia el producto Ectospor que contiene los hongos formadores de ectomicorriza *Pisolithus* y *Rhizopogon*. Estos hongos colonizan las raíces de casi todas las coníferas así como muchos árboles latifoliados de las familias de las betuláceas (*Betulaceae*), fagáceas (*Fagaceae*), y salicáceas (*Salicaceae*).

¿Se puede aplicar una mezcla de *Trichoderma* y bacterias como *Bacillus subtilis*?

El tema se discute en términos vehementes entre algunos especialistas. Basada en nuestras experiencias constatamos lo siguiente: *Trichoderma* y *Bacillus subtilis* se pueden hacer daño mutuamente en ocasiones por competencia, antagonismo e incluso parasitismo. Sin embargo, esta interacción negativa es más bien rara y normalmente bastante leve. Se sobrecompensa por las ventajas generales de una mezcla compleja. La combinación de varias especies de alto rendimiento en nuestros productos aumenta las probabilidades de éxito y los campos de acción en diferentes cultivos, ambientes y sistemas de producción.

¿Se pueden combinar diferentes productos de microorganismos?

Una comunidad de especies es más estable cuando se compone de un mayor número de especies. Esta regla también aplica para las especies del suelo y el espacio que está bajo la influencia de las raíces, la rizósfera. El desarrollo de la planta se beneficia de una gran diversidad de microorganismos en la rizósfera, sobretodo al enfrentar condiciones adversas.

Sin embargo, es posible que los microorganismos de diferentes productos comerciales entren en una relación antagónica. Por ejemplo, una bacteria fijadora de nitrógeno que no aporta mucho nitrógeno puede tener mucho éxito al competir con otra bacteria fijadora de nitrógeno que es de alto rendimiento. Finalmente, puede ocurrir que la especie de bajo rendimiento reemplace aquella de alto rendimiento.

Para evitar esto, únicamente se deberían combinar productos que se complementen y que hayan comprobado su eficacia cada uno por separado. Al cumplir con estos requerimientos es probable que una combinación de productos supere la eficacia de un solo producto.

¿Los microorganismos se pueden combinar con todos los sustratos?

La capacidad de un ser vivo de vivir, crecer y reproducirse en un amplio rango de factores como temperatura, acidez, altura y disponibilidad de agua se llama su *amplitud ecológica*. Por lo regular, los microorganismos cuentan con una amplitud ecológica más grande que las plantas, es decir pueden permanecer en lugares donde las plantas ya no sobreviven. Microorganismos que colonizan las raíces ayudan a las plantas a tolerar mejor las sequías

y los extremos en pH y temperaturas. En otras palabras, ejercen un efecto amortiguador sobre las plantas y hacen crecer la amplitud ecológica de las plantas.

Este hecho da respuesta a toda una serie de preguntas sobre qué es lo que requieren los microorganismos para vivir: Buenas condiciones de crecimiento para las plantas también son benignas para los microorganismos contenidos en nuestros productos. En consecuencia, los microorganismos se pueden combinar con todos los sustratos.

No obstante, se debería averiguar por medio de ensayos en laboratorio si una solución o un sustrato son aptos para conservar mezclas de microorganismos por periodos largos.

Por ejemplo, si nuestros hongos formadores de endomicorriza se almacenan mezclados con composta durante varias semanas, después es probable que ya no colonicen bien las raíces de plantas. Esto ocurre en tres cuarto de los casos, dependiendo del tipo de composta pero no es posible saber de antemano si una composta es compatible.

Microorganismos que se alimentan de manera saprófita como *Bacillus* y *Trichoderma* pueden germinar y colonizar el sustrato cuando están en contacto con una cantidad de agua suficiente. Este avance en crecimiento es algo positivo, pero su población está en peligro de disminuir con un almacenamiento demasiado largo.

Durabilidad

¿Cuánto tiempo se conservan nuestros microorganismos?

El tiempo de conservación de las especies y cepas de microorganismos es muy diverso. Bacterias como *Bacillus* que forman esporas verdaderas (endoesporas) son los seres vivos más duraderos que existen.

La situación es muy diferente en géneros de bacterias que no forman esporas verdaderas. Por ejemplo, *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Azotobacter* pierden su viabilidad después de pocos meses de almacenamiento en temperaturas ambientales. Para conservarlos durante tiempos extendidos hay que secarlos y almacenarlos en congelación.

Nuestra cepa de *Trichoderma harzianum* y del hongo endomicorrícico *Glomus intraradices* conservan su viabilidad por un mínimo de dos años si se almacenan en condiciones adecuadas. Las esporas de hongos ectomicorrícicos por lo regular son más duraderas que las esporas de hongos endomicorrícicos.

La resistencia de esporas de *Bacillus*

Las esporas de *Bacillus subtilis* sobreviven experimentos que imitan las condiciones de un lanzamiento de material al espacio después del impacto de un asteroide, el subsecuente viaje por el sistema solar y el impacto en otro planeta. También se reportó la germinación de esporas de *Bacillus* que perduraron en capas de sal durante 250 millones de años. Parece posible que esporas tan resistentes pueden propagarse entre planetas y que esto incluso pudo originar la vida terrestre (panspermia).

El tiempo de anaquel de nuestros productos

Existe un dilema al determinar una sola fecha de caducidad para una mezcla que se compone de organismos con diferentes vidas en anaquel. Nos hemos decidido de incluir cepas de alto rendimiento en nuestras mezclas aunque tengan poca vida en anaquel, como por ejemplo, *Pseudomonas fluorescens*. Al mismo tiempo aseguramos que especies duraderas de *Bacillus* garanticen un buen funcionamiento en el caso que el producto se tenga que almacenar por un periodo más largo.

Nuestra experiencia ha demostrado que muchos productos que exhiben resultados sobresalientes en el laboratorio y el campo experimental no resisten a las condiciones rudas de un sistema de distribución comercial. Por esta razón priorizamos cepas y métodos de fabricación que maximicen la durabilidad y resistencia de los productos. Por lo regular, 98% de las esporas de nuestras mezclas permanecen viables por un periodo de 18 meses a temperaturas por debajo de 25°C.

¿Por cuánto tiempo se mantienen viables nuestros microorganismos si se mezclan con sustrato o agua?

Normalmente, esta pregunta no tiene respuesta fácil y su contestación requiere de pruebas en nuestros laboratorios para cada caso en específico. No hay nada que decir contra un almacenamiento que dure un solo día. Sin embargo, se debería consultar con nuestros especialistas si la duración es más prolongada.

Calidad

¿Cómo se reconoce un inóculo biológico “bueno”?

Un producto biológico es “bueno” cuando es eficaz dentro un marco presupuestal adecuado. No solamente es “bueno” porque es barato o, tiene una alta concentración de esporas o porque el fabricante hace promesas extraordinarias.

Es recomendable guiarse por los comentarios de otros usuarios al escoger un producto. De preferencia, se inicia con el tratamiento de extensiones pequeñas, evitando cambios radicales. También hay que tomar en cuenta que las recomendaciones de uso tengan que adecuarse después de las primeras experiencias.

¿Cuáles diferencias existen entre los diversos productos de microorganismos?

Productos microbianos varían principalmente en la selección de especies y cepas de organismos y los procesos de fabricación y conservación, así como en las concentraciones y los suplementos. En algunos productos se forman grandes cantidades de metabolitos durante el proceso de producción. Son estos compuestos que actúan desde el primer momento de la aplicación sin que los microorganismos tengan que crecer primero. En otros productos los microorganismos pierden sus propiedades deseables durante el proceso de fabricación. Por encima de este cuadro disparado existen diferencias en los estándares de calidad de los fabricantes y su nivel de experiencia con sus productos bajo las condiciones del mercado.

Esto nada más es el inicio de una larga lista de diferencias que dificultan la comparación objetiva entre productos. El usuario debería preguntarse por cuánto tiempo los productos se puede almacenar y si se pueden aplicar en su sistema de producción. ¿Puede contar con la asesoría adecuada? ¿Cuál reputación tienen la marca y el fabricante en el mercado? ¿Cuántos otros usuarios conoce?

Muchas veces es posible comparar adecuadamente productos químicos únicamente por la concentración de sus ingredientes activos, como por ejemplo en el caso de los fertilizantes NPK o productos a base de metalaxil. Si los fabricantes gozan de una reputación parecida, el usuario puede tomar la decisión de compra con un simple cálculo de costo y beneficio. A cambio, en productos biológicos la sola comparación de listas de ingredientes no es suficiente. Por ejemplo, un producto a base de *Trichoderma harzianum* puede ser más eficaz que un producto de un competidor con una concentración mil veces más alta.

¿Cómo se puede averiguar si la concentración de esporas declarada en una etiqueta realmente está presente en el producto?

Por lo regular, le es imposible al consumidor comprobar la concentración de esporas. Aunque tenga la posibilidad de solicitar análisis por parte de institutos microbiológicos acreditados, a menudo se reportan resultados muy diferentes de una sola prueba que se divide y envía a varios laboratorios. Si el usuario finalmente logra tener seguridad de un lote, todavía no puede estar seguro que la concentración o el grado de pureza se siga manteniendo en la siguiente compra.

En esta situación el renombre de una marca es clave. Nosotros nos preocupamos por nuestra reputación como fabricantes de productos de alto prestigio. Hemos implementado lineamientos estrictos para asegurar la calidad de nuestros productos y hemos obtenido buenos resultados de manera constante durante muchos años. Invitamos a institutos independientes de imitar nuestras metodologías de control de calidad para que nuestras declaraciones sean transparentes para terceros.

¿Cómo asegura TNI la calidad de sus productos?

Tomamos una muestra de referencia de cada lote de producción para someterlo a un control de calidad. En este proceso se determina el número de esporas y la viabilidad con métodos microbiológicos generalmente aceptados.

¿Para qué sirven los suplementos que se encuentran en muchos productos de microorganismos?

Las esporas se adhieren a partículas de suplementos que les sirven como base de alimento y apoyo de arranque.

Críticos alegan que los productos a base de microorganismos incluyen suplementos como aminoácidos, ácidos húmicos y extractos de alga para que siempre haya algún efecto positivo, aunque no sea gracias a los propios organismos.

Por lo regular, nuestros productos se distribuyen en dosis de gramos por hectárea. Sin embargo, estas pequeñas cantidades de productos altamente concentrados contienen muchas esporas. Casi todas son capaces de formar una colonia y reproducirse de manera exponencial. Suplementos no se pueden reproducir. El efecto de unos gramos de extracto de algas repartidos en una hectárea sobre el crecimiento de las plantas es insignificante.

Seguridad

¿Nuestros microorganismos pueden dañar a la salud humana?

Para el producto Bactiva se generaron datos toxicológicos extensos según los lineamientos de la EPA (dérmica, irritación dérmica, irritación ocular, ocular, oral, acuática). Los resultados indican que se justifica una “etiqueta verde”, es decir, LD50 > 5000mg/kg.

A pesar de la alta seguridad (inocuidad) general del producto no se debería inhalar el polvo fino porque las esporas altamente concentradas y sus metabolitos pueden irritar las mucosas y vías respiratorias. Nosotros usamos trajes de seguridad y máscaras durante del proceso de la mezcla. La exposición constante a las esporas podría provocar irritaciones y reacciones inmunológicas sin estas medidas de protección.

Por lo anterior, recomendamos también al usuario de portar una máscara respiratoria y guantes al hacer la mezcla del producto. Personas alérgicas deben de tener especial cuidado. Los microorganismos se aislaron desde la naturaleza y están presentes en pequeñas cantidades en todo el aire que respiramos. Sin embargo, normalmente no estamos expuestos a cantidades tan grandes de esporas.

Si se asperjan los microorganismos en las partes foliares de la planta, es recomendable bajarlos a la zona de las raíces con un riego pesado lo antes posible. Pequeños restos en las hojas y frutas deberían lavarse antes del consumo. No son alarmantes mientras que no se trate de producto puro y altamente concentrado sino solo de restos finos de la aspersión.

¿Nuestros concentrados de microorganismos pueden dañar a las plantas?

Ocasionalmente, se han presentado problemas en cultivos semi-hidropónicos con productos microbianos que fueron reproducidos por parte del usuario en un proceso de fermentación. En estos casos las bacterias entraron en competencia por los nutrientes con la planta. Esto no se ha reportado en nuestros productos Bactiva, Endospor y Ectospor y tampoco se conocen otros efectos negativos sobre las plantas.

¿El uso repetitivo de nuestros microorganismos puede dañar el suelo?

Los microorganismos contenidos en nuestros productos vitalizan al suelo y lo activan ecológicamente. No existen consecuencias negativas para la calidad del suelo.