Ponencias magistrales

PRODUCTOS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO DE ENFERMEDADES EN CULTIVOS COMERCIALES

Wagner Bettiol

Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, 13820-000 Jaguariúna, SP. Brasil, Bolsista do CNPq, bettiol@cnpma.embrapa.br

RESUMEN

Apesar da disponibilidade de diversos produtos biológicos e técnicas alternativas para o controle de doenças de plantas, sua utilização ainda é restrita no Brasil. Entretanto, o uso de agentes de controle biológico para a proteção de plantas vem aumentando consideravelmente, com diversos produtos disponíveis para os agricultores, e, o mais importante, com confiança dos usuários. Apresentam se informações sobre agentes de controle biológico, bem como produtos alternativos disponíveis no mercado brasileiro, destacando-se: estirpes fracas para premunização contra a tristeza dos citros e mosaico da abobrinha; Trichoderma *spp. para o controle de* Rhizoctonia, Fusarium, Pythium, Phytophthora, Sclerotinia *e* Sclerotium *em feijão, algodão, soja, milho, morango e macieira entre outros;* Trichoderma stromaticum *para o controle da vassoura-de-bruxa do cacaueiro;* Hansfordia pulvinata *e* Acremonium *para o controle do mal-das-folhas da seringueira e da lixa do coqueiro, respectivamente;* Clonostachys rosea *para o controle de* Botrytis *no morangueiro;* Trichoderma spp. *para tratamento de substratos, tanto para produção de mudas, quanto para cultivo de flores e hortaliças; leite de vaca cru para controle de Oídio; biofertilizantes (matéria orgânica fermentada), óleos e extratos de plantas para o controle de diversas doenças; extratos aquosos de matéria orgânica para o controle de diversos patógenos; quitosana para o controle de fusariose; fosfito de potássio para o controle de míldio da videira e oídios de várias culturas; casca de camarão para o controle de fusariose em gengibre; e manipueira para o controle de nematóides entre outros produtos. Vários fatores contribuem para a adoção limitada dessas técnicas, como: poucos fitopatologistas envolvidos no assunto; cultura dos agricultores, que utilizam quase que exclusivamente pesticidas; formação dos técnicos de assistência técnica e extensão rural voltada à recomendação de pesticidas para a solução dos problemas fitossanitários; e o papel das indústrias de pesticidas na assistência técnica aos produtores. Apesar do número considerável de produtos alternativos disponibilizados no mercado brasileiro, a quantidade produzida ainda não é suficiente para a demanda do mercado. O que se observa com freqüência é que os principais usuários de produtos alternativos e de agentes de controle biológico estão integrando essas técnicas com o controle físico (solarização e coletor solar para desinfestação de substrato) e outras práticas culturais para o controle de doenças e pragas, pois o aumento do uso desses produtos depende do conhecimento da estrutura e do funcionamento do agroecossistema. Esses agricultores estão buscando obter vantagens das interações de ocorrência natural, com objetivo de aumentar e sustentar as interações biológicas nas quais a produção agrícola está baseada, pois apenas a substituição de pesticidas não é suficiente para garantir uma agricultura mais limpa. Há necessidade de se redesenhar os sistemas de produção para atingir a sua sustentabilidade.*

Palabras clave: *control biológico, productos alternativos, Trichoderma* spp.

ABSTRACT

The use of biological products and alternative methods in the control of plant diseases is still bounded in Brazil, though its accessibility nowadays. However, biological control agents are being used more often in plant protection, given the variety of products available and, in particular, users' increasing confidence with those. Detailed information about agents of biological control and alternative products available are present in Brazil, highlighting mild strains of Tristeza virus of citrus for the control of Tristeza virus through premunization; Trichoderma *spp. for the control of* Rhizoctonia, Fusarium, Pythium, Phytophthora, Sclerotinia *and* Sclerotium *in soybean, bean, cotton, corn, cotton, strawberry and apple, among others;* Trichoderma stromaticum *for the control of the cacao witches' broom disease;* Dycima pulvinata *for the control of South American leaf blight (*Microcyclus ulei*) of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) associated with polyclone plantation;* Acremonium alternatum *and* A. persicinum *for the control of tar spot of coconut (*Catacauma torrendiella *and* Coccostroma palmicola); Clonostachys rosea *for the control of* Botrytis *in strawberry*; Trichoderma *spp. in container media, as well as seedlings production, in vegetable and flowers; cow milk for the control of powdery mildew in zucchini squash, cucumber and others; biofertilizers, oils and plants extracts for the control of many plant diseases, among other products. Many circumstances limit the adoption of these techniques, for instance, few plant pathologists are involved in this matter and agriculturists are generally prone to use only pesticides. Moreover, agronomists usually recommend pesticides to solve plant disease issues, and last but not least, the industries influence in technical support to producers. Despite the considerable number of alternative products available, the market still demands wider production. It is noticeable that main users of alternative products and biological control agents are combining these techniques with physical control (solarization and solar collector for substrate desinfestation) and other cultural habits to the control of diseases and pests, because the enlargement of these products usage relies on the knowledge of agro ecosystem's structure and functioning. These agriculturists aim to take advantage of natural interactions, in order to intensify and support the biological interactions in which agriculture production is based, because just the substitution of pesticides will not guarantee a cleaner agriculture. Therefore, upgrading the systems of production is crucial to achieve its sustainability.*

Key words: *biological control, alternative products, Trichoderma* spp.

INTRODUCCIÓN

La sociedad exige la producción de alimentos con la mínima degradación de los recursos naturales. Entre esos se destacan los portadores de sellos que garantizan la no utilización de pesticidas en el proceso productivo. En tal sentido se han desarrollado sistemas de cultivo sustentables y, por lo tanto, menos dependientes del uso de pesticidas. El concepto *agricultura sustentable* envuelve el manejo adecuado de los recursos naturales, evita la degradación del ambiente de forma que permita la satisfacción de las necesidades humanas de las generaciones actuales y futuras [Bird *et al*., 1990]. Ese enfoque altera las prioridades de los sistemas convencionales de agricultura en relación con el uso de fuentes no renovables, principalmente de energía, y cambia la visión sobre los niveles adecuados del balance entre la producción de alimentos y los impactos en el ambiente. Las alteraciones implican la reducción de la dependencia de productos químicos y otros insumos energéticos, y el mayor uso de procesos biológicos en los sistemas agrícolas [Bettiol y Ghini, 2003].

Uno de los principales problemas de la agricultura sustentable se refiere al control de enfermedades, plagas y malezas. Antes de las facilidades para la adquisición de pesticidas para el control de los problemas fitosanitarios, los agricultores preparaban y utilizaban productos obtenidos a partir de materiales disponibles en las proximidades de sus propiedades. Con la popularización del uso de los pesticidas, aquellos productos fueron casi totalmente abandonados, y hoy muchos de ellos son llamados *alternativos*. Debido a la concientización de los problemas causados por los pesticidas para el ambiente, la sociedad exige la reducción de su uso, de forma que la investigación prueba los más diversos productos, de los que muchos se utilizan por los agricultores desde hace décadas.

De esa forma, ese texto presentará algunas técnicas alternativas –en el sentido de alternativas a los fungicidas– de control de enfermedades de plantas, así como algunos agentes de control biológico que pueden utilizarse en los sistemas de cultivo. Detalles de esas técnicas pueden obtenerse en Campanhola y Bettiol (2003), Bettiol (2003) y Bettiol y Ghini (2003).

CONTROL FÍSICO

1. Solarización del suelo

Las enfermedades causadas por fitopatógenos habitantes del suelo son uno de los más importantes problemas fitosanitarios. Esos fitopatógenos incluyen especies de hongos, bacterias y nematodos que pueden destruir las semillas u otros órganos de propagación, causar daño en plántulas, pudrimiento y destrucción de raíces o marchitez debido a deterioros en el sistema vascular. Las principales medidas recomendadas se basan en la exclusión, y consisten en la prevención de la entrada y establecimiento del patógeno en el área. Pueden incluirse prácticas culturales en el manejo integrado como la rotación de cultivos, elección de la época de cultivo, arado profundo y dejar en barbecho, entre otras. El uso de variedades de plantas resistentes no siempre es posible debido a la inexistencia en el mercado de variedades con todas las características deseadas. El injerto de plantas suceptibles en puerta-injertos resistentes al patógeno se ha usado en algunos pocos casos. Un método físico utilizado para la desinfestación de suelo es la aplicación de vapor; sin embargo, está restricto a las pequeñas áreas debido al costo del equipamiento necesario. El tratamiento con vapor se hace por lo menos por 30 min para que el suelo alcance la temperatura mínima de 80°C. Una de las ventajas del tratamiento con vapor es la inespecificidad, pero también es uno de sus mayores problemas. De modo general, las altas temperaturas alcanzadas, que hacen el tratamiento no selectivo, resultan en la erradicación de la microbiota, y crean espacios estériles denominados *vacíos biológicos*.

La solarización del suelo es un método que utiliza la energía solar para su desinfestación, que resulta en el control de fitopatógenos, malezas y plagas del suelo. El método consiste en la cobertura del suelo, preferentemente húmedo y en precultivo, con una película plástica transparente durante el período de mayor radiación solar. La duración del tratamiento debe ser la mayor posible, es decir, el plástico debe permanecer en el suelo durante el mayor período hasta la fecha del cultivo. De modo general se recomienda la permanencia del plástico por uno o dos meses en condiciones de campo. En cultivo protegido el tratamiento puede reducirse si las paredes laterales del invernáculo permanecen cerradas durante la solarización. El área tratada con la solarización debe ser continua y la mayor posible.

La reducción en la incidencia de enfermedades puede durar varios ciclos del cultivo sin la necesidad de repetir el tratamiento de solarización. El efecto prolongado es resultado de la pronunciada reducción en la cantidad de inóculo asociada a un cambio en el equilibrio biológico del suelo, en favor de antagonistas, lo que retarda la reinfestación.

Además de los patógenos se pueden controlar diversas malezas por la solarización. En muchas huertas comerciales la solarización se utiliza en atención solo al control de las plantas invasoras, lo que significa una reducción de mano de obra. Debido a las dificultades del agricultor en monitorizar la temperatura del suelo o la población del patógeno durante la solarización, el control de malezas se constituye en un excelente indicador de la eficiencia del método.

A causa de la simplicidad y disponibilidad de plásticos, la solarización puede utilizarse en todo Brasil. Existe, sin embargo, la necesidad de conocer el mejor período para su utilización en cada región. Por ejemplo, para la región de Campinas, SP, Brasil, el mejor período es de septiembre a marzo.

2. Colector solar para la desinfestación de sustratos para la producción de posturas

Es fundamental que las posturas no presenten problemas con enfermedades de plantas causadas por patógenos habitantes del suelo, que constituyen uno de los principales problemas para la producción de posturas en viveros. El control preventivo es el más recomendable para evitar la entrada del patógeno en el vivero. Se recomienda la utilización de vapor para la desinfección de sustrato, pero existen restricciones debido al costo del equipamiento necesario.

La Embrapa Medio Ambiente y el Instituto Agronómico de Campinas (División de Ingeniería Agrícola) desarrollaron un equipo denominado *colector solar* para desinfestar sustratos utilizados en recipientes en viveros de plantas, con el uso de la energía solar. Algunos patógenos que habitan el suelo como hongos, bacterias y nematodos pueden inactivarse en el colector solar en algunas horas de tratamiento debido a las altas temperaturas alcanzadas (70 a 80ºC en el período de la tarde); sin embargo, se recomienda el tratamiento por uno o dos días de sol lleno. El colector solar no consume energía eléctrica o leña, es de fácil construcción y mantenimiento y tiene bajo costo.

El colector solar consiste de una caja de madera que contiene tubos metálicos y una cobertura de plástico transparente que permite la entrada de los rayos solares. El suelo se coloca en los tubos por la apertura superior y, después del tratamiento, se retira por la inferior a través de la fuerza de gravedad. Los colectores se instalan con exposición en la faz norte y un ángulo de inclinación semejante a la latitud local aumentada de 10º. Los detalles de su construcción son presentados por Ghini y Bettiol (1991) y por Ghini (1997).

El colector solar puede usarse durante todo el año, excepto en días de baja radiación solar. En períodos de radiación llena los colectores pueden recargarse diariamente. El Núcleo de Producción de Posturas de la CATI, situado en São Bento do Sapucaí, SP, es un ejemplo de un vivero que adoptó la técnica para tratamiento en ancha escala de sustrato para producción de posturas. En ese vivero el bromuro metílico se sustituyó totalmente por los colectores solares. De esa forma se puede afirmar que el colector solar sustituye íntegramente el uso del bromuro metílico y otros productos químicos sin la necesidad de tratamientos complementarios. Por permitir la supervivencia de microorganismos termotolerantes, el sustrato tratado en el colector presenta mayor dificultad de reinfestación por patógenos habitantes del suelo, lo que es una ventaja más del equipamiento.

3. Tratamiento térmico y desinfección de instrumentos de corte para disminuir la propagación del raquitismo de los tocones y la escaldadura de las hojas en el cultivo de la caña de azúcar

Entre las enfermedades de la caña de azúcar, las bacteriosis sistemáticas, causantes del raquitismo y de la escaldadura, presentan problemas para el control debido a que pueden ser diseminadas por la semilla agámica (trozos) y por los instrumentos de corte durante las operaciones de cultivo, cosecha y, posiblemente, durante las atenciones culturales. El raquitismo de los tocones es causado por *Clavibacter xyli* subsp. *Xyli*, que infecta el xilema de las plantas y puede provocar daños entre 10 y 30% de la productividad, en dependencia de la variedad en cuestión y del grado de infección. La enfermedad ocasiona pérdidas en todas las áreas cañeras del mundo, las cuales no siempre pueden evaluarse debido a la falta de síntomas externos. Por ese motivo también la práctica de *roguing*, adoptada con éxito en el control de otras enfermedades de la caña de azúcar, no puede utilizarse, tal como el uso de variedades resistentes debido a la ausencia de fuentes de resistencia. Tanto la escaldadura como el raquitismo se propagan a través del cultivo de material de propagación infectado e instrumentos de corte, especialmente machetes. La bacteria que causa la escaldadura es la *Xanthomonas albilineans*. El control de esas enfermedades se basa en la termoterapia o tratamiento térmico de los trozos o yemas, y en la desinfección de instrumentos de corte a fin de disminuir la propagación de esas enfermedades sistemáticas.

El tratamiento con agua caliente del material de propagación para la formación de viveros debe proporcio-

nar una reducción de las yemas infectadas y un alto porcentaje de brotación, además de una alta productividad del material en el campo. El tratamiento térmico de los trozos en agua se usa principalmente para controlar el raquitismo de los plantones, una de las principales enfermedades de la caña de azúcar. La elección de la temperatura utilizada y del tiempo de tratamiento son fundamentales para la obtención de los resultados esperados, donde la mayor eficiencia se obtiene con 52°C durante 30 min para el tratamiento de material con una yema. Este binomio tiempo-temperatura disminuye el tiempo y el costo del tratamiento, es menos perjudicial a la brotación de las yemas y controla el patógeno de manera eficiente. En este proceso se tratan semillas de una yema, con aproximadamente 8 cm de largo en tanques con capacidad para 250 L. El material usado para el tratamiento térmico debe ser el mejor posible, con óptima sanidad y vigor. La eficiencia aumenta cuando se promueve el tratamiento serial, o sea, se tratan colmos oriundos de plantas previamente sometidas al tratamiento térmico.

La desinfestación de herramientas de corte es otra práctica que contribuye a la reducción de la diseminación de enfermedades sistemáticas, como el raquitismo de los tocones y la escaldadura de las hojas. La desinfección de las herramientas de corte puede hacerse por medio de vapor de agua o agua hirviendo, productos químicos o fuego. Debido a los problemas con el uso del vapor de agua o agua caliente y productos químicos, Copersucar desarrolló la metodología de desinfección por el fuego a través de flameador acoplado a una pequeña bomba de gas. En esta práctica un machete de corte requiere como promedio 15 s para ser esterilizado con un 100% de eficiencia. La esterilización de las herramientas de corte debe realizarse en momentos específicos (inicio de la jornada de trabajo, pausas para almuerzo o café, siempre que se cambie de tajo o de variedad), y muchas unidades productoras poseen unidades móviles con todos los equipamientos necesarios para la desinfestación a fuego.

Es importante destacar que los usuarios del método deben entrenarse previamente para evitar accidentes. Esta práctica debe adoptarse tanto en el corte de viveros como de áreas comerciales. Los equipamientos aquí relatados son disponibles en el mercado brasileño.

4. Luz UVC para el control de podredumbre de manzanas en poscosecha

La podredumbre de manzanas causadas por *Penicillium expansum* en poscosecha se controla básicamente por la utilización de fungicidas químicos y/o desinfestación previa en el depósito y en los embalajes de las frutas. La técnica alternativa desarrollada consiste básicamente en la aplicación de la luz suministrada por bombillas ultravioletas (UV) germinicidas, instaladas en túnel de secado de los frutos de manzanas que giran permanentemente y reciben 180 $\mu W/cm^2$/min. Esa operación se realiza aisladamente en el momento del preembalaje. La eficiencia de la técnica gira en torno a 80 y 100% de control de la población del hongo en los frutos de manzanas. Así, la técnica tiene como objetivo reducir el uso de fungicidas en la fruta para consumo *in natura*.

La técnica se utiliza por empresas localizadas en Fraiburgo, SC y Vacaria, RS, Brasil, en las que se tratan aproximadamente 50 000 t de frutos de manzanas por cosecha. Las bombillas, así como los materiales necesarios, se pueden obtener en las reventas de bombillas UV. Se deben tomar cuidados especiales durante el mantenimiento del equipamiento, que debe hacerse en compartimento cerrado para no exponer los trabajadores a la UVC. Es interesante considerar que esa técnica podrá ser de utilidad no solo para manzanas, sino también en la desinfestación de otros frutos.

5. Eiminación de determinadas longitudes de onda para el control de hongos fitopatógenos en invernaderos

Las diversas enfermedades que ocurren en las plantas cultivadas en cultivo protegido son generalmente controladas con el uso de fungicidas químicos; sin embargo, la aplicación de pesticidas en ese ambiente merece atención especial debido a los incontables problemas que pueden ocurrir, tales como fitotoxicidad, residuos, selección de estirpes resistentes y otros.

Películas plásticas con capacidad de absorber luz ultravioleta pueden utilizarse para reducir la incidencia de enfermedades causadas por hongos de plantas cultivadas en invernadero. Filtros que limitan el pasaje de las longitudes de onda menores que 390 nm han sido eficientes en el control del moho gris (*Botrytis cinerea*) del tomate, de la podredumbre (*Sclerotinia sclerotiorum*) del pepino y de la berenjena, de la quema de las hojas (*Alternaria dauci*) de la zanahoria, de la quema de las puntas de las hojas (*Alternaria porri*) de la cebolla, y de la mancha de la hoja (*Stemphylium botryosum*) en espárrago.

Sasaki *et al.* (1985) verificaron que la producción media por planta de tomate, cultivada bajo plástico que absorbe la luz ultravioleta, fue de 3,3 kg contra 2,5 kg por

planta cultivada bajo plástico de uso común en la agricultura. La diferencia en la producción fue debida al control de la mancha de *Alternaria*. Similarmente, debido al control de este patógeno, el pimentón rojo cultivado bajo ese plástico especial produjo 1 098 g/planta contra 545 g/planta cuando se cultivó bajo plástico común. El efecto de esos plásticos con capacidad de absorber luz ultravioleta (menor de 390 nm) está relacionado con la necesidad de esas longitudes de onda para la esporulación de determinados hongos fitopatogénicos. La baja o ninguna producción de esporas en esas condiciones llevan una acentuada reducción del potencial de inóculo.

La utilización de la técnica depende exclusivamente de la disponibilidad de ese plástico en el comercio y de la relación costo-beneficio; sin embargo, como el cultivo protegido gana espacio, es una técnica con alto potencial de uso.

PRODUCTOS ALTERNATIVOS

1. Leche cruda para el control de oidios

Los oidios se sitúan entre los principales patógenos de plantas presentes en todas las regiones del mundo y en la mayoría de las especies vegetales cultivadas. Aunque raramente causen la muerte de las plantas, ellos reducen el potencial productivo de los cultivos y pueden afectar la calidad del producto [Stadnik y Rivera, 2001]. El oidio del calabacín y del pepino, causado por el hongo *Sphaerotheca fuliginea*, es una de las principales enfermedades de esos cultivos y de otras cucurbitáceas, principalmente en cultivo protegido. El control de los oidios se realiza por medio del uso de variedades resistentes y de fungicidas químicos. En el caso de los fungicidas, a pesar de la eficiencia, ocurren diversos problemas relacionados con la selección de cepas resistentes al patógeno y con la contaminación ambiental del alimento y del aplicador. Los problemas con resistencia son acentuados en cultivo protegido, principalmente para los fungicidas sistemáticos.

La pulverización de leche de vaca cruda, una vez por semana, en las concentraciones del 5 a 10%, en dependencia de la severidad de la enfermedad, controla el oidio del calabacín y del pepino de forma semejante a los fungicidas químicos recomendados para el cultivo. Bettiol *et al*. (1999) observaron que con el aumento de la concentración de leche pulverizada ocurre un aumento en el control de la enfermedad; sin embargo, desde el punto de vista práctico se recomienda la pulverización de la leche de 5 hasta 10% una vez por semana. La concentración de 10% debe utilizarse cuando la infestación de oidio es alta. Zatarin *et al*. (2005) también demostraron la eficiencia de la leche en controlar el oidio del calabacín en condiciones de campo. La leche debe utilizarse preventivamente y pulverizar toda la planta. Es preferible utilizar aplicador específico para la leche, pues esta no exige el uso de dispersante y adherente; sin embargo, los resultados son mejores con su mezcla en el caldo de aplicación.

La leche puede actuar por más de un modo para controlar el oidio. Leche fresca puede tener efecto directo contra *Sphaerotheca fuliginea* debido a sus propiedades germinicidas; por contener diversas sales y aminoácidos puede inducir la resistencia de las plantas y/o controlar directamente el patógeno; puede aun estimular el control biológico natural al formar una película microbiana en la superficie de la hoja o alterar sus características físicas, químicas y biológicas.

Pese a que los estudios se realizaron con los cultivos de pepino, calabacín, lechuga y ocra, diversos agricultores utilizan la leche con éxito para el control de oidio en viveros de eucaliptos, en pimentón y otras hortalizas, en rosal y otras plantas ornamentales, aplicado semanalmente. En dependencia de las condiciones de cada cultivo, ambiente y severidad, la concentración utilizada por los agricultores ha variado de 5 a 20%.

2. Biofertilizantes

El biofertilizante, producido por la digestión anaerobia o aerobia de diversos materiales orgánicos, se recomienda para el control de numerosas enfermedades. Ese nuevo abordaje del control pasó a ser considerada viable después de observaciones de uso práctico por agricultores orgánicos.

Bettiol (2003) describe detalladamente diversas técnicas para la producción de biofertilizante que se realizan por la digestión anaerobia o aerobia de material orgánico de origen animal y vegetal en medio líquido, suplementado o no por micronutrientes y otros aditivos. Más recientemente, diversos agricultores utilizan un fermentador con control de aereación para la producción de biofertilizante, que es realizada en 24 h. También se encuentran en el mercado diversas marcas comerciales de biofertilizantes. La composición química del biofertilizante varía conforme el método de preparación y el material del cual se obtuvo; sin embargo, el biofertilizante presenta en su composición elementos esenciales al desarrollo de las plantas.

El biofertilizante representa la adición de macro y micronutrientes, microorganismos y sus metabolitos, y de compuestos orgánicos e inorgánicos con efectos sobre la planta y sobre la comunidad microbiana de la hoja y del suelo. El control de las enfermedades puede ser debido a la presencia de metabolitos producidos por los microorganismos presentes en el biofertilizante, como por la acción directa de estos organismos sobre el patógeno y sobre el hospedero. Aun existe la acción directa o indirecta de los nutrientes presentes en el biofertilizante sobre los patógenos.

En relación con los microorganismos, las interacciones antagónicas que involucran hongos leveduriformes y filamentosos, y bacterias con los patógenos, ocurren básicamente debido al parasitismo, a la competición, a la antibiosis y a la inducción de resistencia. Como la comunidad de microorganismos en el biofertilizante es rica y diversa, con certeza todos los mecanismos de acción de un microorganismo sobre el otro ocurren simultáneamente; mas es difícil cuantificar la acción de cada mecanismo, y el más importante es justamente su acción conjunta. Se suma a esto la acción de los nutrientes existentes en el producto.

Las principales ventajas de esta técnica son el costo y la disponibilidad del producto. El costo es básicamente el relacionado con la preparación del material por el propio agricultor. Como existe relación de la eficiencia de biofertilizantes producidos con diferentes fuentes de materia orgánica, el agricultor no depende de la compra de este material, solamente del aprovechamiento de los disponibles en la propiedad; pero como se trata de una técnica en expansión, hay necesidad de realizar estudios para la determinación de los impactos en el ambiente y en la salud pública. Para minimizar los posibles problemas se sugiere el uso de materia orgánica libre de metales pesados y de agentes nocivos a la salud pública. En relación con los agentes patógenos al hombre y a los animales, el compostaje de los materiales orgánicos es suficiente para su higienización, por lo tanto se recomienda el uso de los estiércoles y residuos después de compostados.

3. Sales para el control de oidios

Está demostrado que el bicarbonato de sodio es efectivo en el control de oidio de diversos cultivos. Cuando se aplica a 2 000 ppm puede inhibir la germinación de conidios, reducir su número formados en los conidioforos, causarles ruptura de la pared celular y anomalías morfológicas, inhibir la formación de conidióforos y controlar la elongación de las hifas de *Sphaerotheca fuliginea*. Al actuar de acuerdo con esos diferentes mecanismos, se ha demostrado que el bicarbonato es efectivo en el control del oidio del pepino y del calabacín. Los bicarbonatos de sodio y de potasio son biocompatibles con aceite para el control de oidio, de manera que la mezcla de los productos es más efectiva en el control de la enfermedad que su aplicación individual. Se cree que la mayor efectividad de la mezcla sea debida tanto al efecto de los productos individualmente como a la mayor fijación del bicarbonato por el aceite.

El bicarbonato es un producto que no presenta problemas de contaminación, tiene bajo costo y es utilizado como alimento, por lo tanto sin restricciones de uso. Informaciones más detalladas sobre el uso de sales para el control de oidio pueden obtenerse en Bettiol & Stadnik (2001). En ambiente protegido el oidio del pimentón ha sido considerado una enfermedad de gran importancia, y Blat *et al*. (2005) demostraron la eficiencia de aplicaciones de fosfato monopotásico en su control.

4. Extractos de plantas

A pesar de la inexistencia de levantamientos para detallar el uso de extractos de plantas en el control de enfermedades en Brasil, son numerosos los agricultores que utilizan con éxito extractos de pimienta del reino, pimienta, ajo, helecho, eucalipto, *Bougainvillea* y otras plantas. Diversas recetas para la preparación casera de los extractos están disponibles en Abreu Junior (1998). Existen también diferentes extractos de plantas comercializados en Brasil, tales como Bioalho, Neemazal, etc. Uno de los más estudiados en el control de enfermedades de plantas es el Ecolife-40, que es el extracto de biomasa cítrica, compuesto de bioflavonoides cítricos, fitoalexinas cítricas y ácido ascórbico, que actúa por inducción de resistencia y por acción directa contra los fitopatógenos. Se ha recomendado contra bacteriosis en los cultivos de pimentón y fresa, *Botrytis* en uva, sigatoka en el banano, entre otras [Stadnik & Talamini, 2004]. El producto está registrado como fertilizante en el Ministerio de la Agricultura, y posee un sello de certificación orgánica (IBD).

Uno de los mejores ejemplos de uso comercial de extractos de plantas es el producto comercial Milsana, obtenido de *Reynoutria sachalinensis*. Daayt *et al*. (1995) y Pasini *et al*. (1997) demostraron que ese extracto fue eficiente en el control de oidio de las cucurbitáceas y del rosal.

5. Extractos de algas marinas

El uso de extractos de algas marinas en la agricultura es un campo que ha despertado el interés de la investigación en los últimos años. Uno de los motivos se debe al hecho de que las algas marinas crecen rápido, producen gran volumen de biomasa y son fuente de diversas sustancias con actividad biológica [Talamini & Stadnik, 2004].

Las especies más estudiadas son la macroalga verde *Uva fasciata*, el alga marrón *Laminaria digitata* y el alga *Ascophyllium nodosum*. Ya hay productos comerciales a base de extractos de estas algas, como por ejemplo el Phyllum en Chile y el Lodus 40 en Europa. En Brasil aún no hay productos comerciales, y los estudios realizados, principalmente por el Laboratorio de Fitopatologia de la UFSC, están concentrados en extractos de *Uva fasciata* para el control de diferentes patógenos, incluidos oidios, *Colletotrichum lindemuthianum* y otros.

6. Fosfitos

Los fosfitos son compuestos derivados del ácido fosforoso y se utilizan comercialmente como fertilizantes foliares. Hay varias formulaciones disponibles del producto en asociaciones a otros nutrientes como K, Ca, B, Zn y Mn. Hay diversos productos comerciales a base de fosfitos como Fitofos K, Phosphorus-K, Unifosfito y otros. Además del efecto nutricional, estos productos tienen la propiedad de estimular las defensas de la planta (inducción de resistencia), así como presentan efecto fungicida, con actuación directa sobre los patógenos, especialmente sobre oomicetos [Soyez, 2002].

Sonego *et al*. (2003) verificaron que los productos a base de fosfitos de potasio son una alternativa interesante para el control del mildio, principal enfermedad fúngica de la vid, especialmente en las regiones vinícolas con elevada precipitación durante el desarrollo vegetativo de la planta. El uso preventivo de los fosfitos –aplicación semanal a partir de la floración– fue altamente eficaz en el control de la enfermedad, tanto en la hoja como en la raíz, y fueron equivalentes a los tratamientos de cymoxanil + maneb y metalaxil + mancozeb, utilizados como patrón.

Los fosfitos están recomendados como fertilizantes en diversas cultivos que incluyen cítricos, manzana, pera, uva, plátanos, aguacate, papaya, mango, guayaba, café, fresa, tomate, papa, pimentón, melón, cebolla, arroz, maíz, soya, frijol, tabaco, algodón, ornamentales, frutas y hortalizas en general. En cítricos se ha referido el efecto del uso de fosfitos en la inducción de resistencia a la pintanegra, causada por *Guignardia citricarpa* [Baldassari *et al*., 2003; Goes *et al*., 2004]. En hortalizas, como el pimentón, el producto también se ha utilizado para el control de mildio.

7. Cáscara de camarón/cangrejo para el control de podredumbre de raíces

La incorporación de residuos al suelo puede inducir la supresividad por medio del estímulo de la microbiota antagónica. La aplicación de cáscara de camarón molida disminuye la incidencia de la podredumbre de raíces causada por *Fusarium* spp. y nematodos en diversos cultivos, como frijol, rábano, guisante, jengibre, pimienta y otras. Tal práctica utilizada por agricultores, inclusive en Brasil, se ha mostrado factible y eficiente. La inducción de supresividad se atribuye al estímulo del desarrollo de microorganismos antagónicos al patógeno, una vez que la dilución del suelo tratado y su plaqueamiento mostraron no solo la redución de la población de *Fusarium*, como el aumento de la comunidad de actinomicetos, los cuales actúan en el control biológico del patógeno. Benchimol & Sutton (2003) demostraron el potencial de cáscara de cangrejo para el control de la fusariosis en pimienta del reino.

8. Taninos para el control de la fusariosis de la piña

La fusariosis de la piña, causada por *Fusarium subglutinans*, es normalmente controlada con fungicidas químicos a base de benzimidazoles; sin embargo, una alternativa desarrollada por Carvalho *et al*. (2002) es utilizada por agricultores en Paraíba, Brasil. Los autores demostraron que la incidencia de la enfermedad disminuyó de 26% en el tratamiento testigo a 3,3% en el tratamiento con taninos obtenidos de acacia negra (*Acacia mearnsii*), y a 6,7% con fungicida. Los extractos de acacia negra se disuelven rápidamente en agua y se aplican sobre las plantas. Son diversos los productos comerciales que contienen taninos originarios de esa planta y cultivada ampliamente en el sur de Brasil. Según Mello & Santos (2002), citados por Carvalho *et al*. (2002), los principales mecanismos de acción de los taninos están relacionados con su capacidad de inhibir enzimas, de modificar el metabolismo celular por la actuación en las membranas, y de formar complejos con iones metálicos con la consecuente disminución de su disponibilidad para el metabolismo de los microorganismos.

9. Manipueira

La manipueira –nombre indígena para el extracto de las raíces de la yuca (*Manihot esculenta*)–, un sub-

producto de la fabricación de la harina de yuca, fue probada y aprobada como nematicida, insecticida, acaricida, fungicida y bactericida, y superó en los ensayos experimentales a los pesticidas recomendados para cada caso en diferentes cultuvos [Ponte, 2002]. La manipueira contiene un compuesto denominado *linamarina*, de cuya hidrólisis provienen la acetonacianohidrina, de la cual resultan el ácido cianídrico y los cianuros, además de aldehídos. Esos cianuros son responsables de la acción insecticida, acaricida y nematicida del compuesto, mientras el azufre presente en gran cantidad y otros compuestos ejercen actividad antifúngica [Talamini & Stadnik, 2004]. Informaciones más detalladas sobre la preparación y uso de la manipueira pueden obtenerse en Ponte (2002).

10. Orina de vaca

En la década del noventa la Empresa de Investigación Agropecuaria del estado de Río de Janeiro (Pesagro) inició investigaciones para la búsqueda de productos alternativos para el control de la fusariosis de la piña, causada por *Fusarium subglutinas*. Se probaron biofertilizantes y otros productos, y se vio que la orina de vaca presentó el mejor nivel de control y proporcionó un mayor desarrollo de las plantas [Gadelha *et al*., 2002].

La orina está recomendada por la Pesagro para la nutrición y el control de diversas enfermedades fúngicas en el cultivo de frutas, legumbres, hortalizas y también plantas ornamentales. Después de la colecta, la orina debe dejarse reposar por tres días en frasco cerrado, así está lista para el uso después de ese período. El material debe diluirse en agua inmediatamente antes del uso. Las dosis varían de 1 hasta 2,5%. En cultivos como ocra, giló (*Solanum gilo*) y berenjena, la recomendación es de una aplicación a 1% cada quince días. En el caso de la piña, se recomienda la pulverización mensual de la orina a 1% durante los primeros cuatro meses. Después se aumenta la cantidad de orina hasta 2,5%, y continuar con la aplicación mensual. El procedimiento debe suspenderse dos meses antes de la inducción de la floración, y repetir a partir del enrojecimiento del fruto. Vale acordarse que la orina de vaca presenta un índice salino elevado que puede causar fitotoxicidad en el caso de usar en altas concentraciones.

Los efectos de la orina de vaca son atribuidos a la composición del producto, que contiene nutrientes, compuestos antimicrobianos y sustancias inductoras de resistencia. La orina de vaca es rica en potasio, cloro, azufre, nitrógeno, sodio, fenol, ácido indolacético y priocatecol. Aparte de los efectos benéficos otenidos con el uso de la orina, es necesario tener cuidado cuando se utiliza; deben considerarse aspectos sobre la salud con el objetivo de evitar la contaminacion con organismos patógenos al hombre. De esa forma se recomienda que se evite el uso en verduras de consumo natural, como fresa, lechuga y otras de hoja.

11. Silicio para la supresión de enfermedades

El silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en la tierra después del oxígeno. A pesar de no ser esencial para las plantas, es un importante constituyente, variando de 0,1 hasta 10% de la masa seca de las plantas [Epstein, 1994]. Cultivos como arroz, caña de azúcar y cucurbitáceas son ricas en Si, y presentan como mínimo 10% de su peso. Ese elemento puede contribuir de forma significativa para la salud de las plantas. Diversos autores discuten el efecto del silicio soluble en el manejo de enfermedades, entre ellos Bélanger *et al*. (1995), Datnoff *et al*. (2001) y Rodrigues & Datnoff (2005). Bélanger *et al*. (1998) estiman que cerca de 60% de los productores de pepino y 30% de los productores de rosa de Europa usan regularmente silicio en esos cultivos para el control de oidio. Smith *et al*. (2005) demostraron que aplicaciones de silicato de potasio en la irrigación redujeron considerablemente la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* en algodón. Zainuri *et al*. (2005) demostraron el potencial del silicio soluble en la inducción de resistencia de frutos de mango contra la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). Rodrigues & Datnoff (2005) discuten detalladamente el efecto de silicio en el manejo de enfermedades del arroz.

12. Aceites

Se ha escrito bien sobre la eficiencia de diversos aceites –aceite de colza, JMS Stylet oil (destilado alifático de petróleo), Synertrol (aceite vegetal emulsificable), Ecolife-40 (extracto graso de cítricos)– en el control de oidios de varios cultivos (pepino, rosal, frijol) [Pasini *et al*., 1997; McGrath & Shiskoff, 1999-2000; Jaime *et al*., 1999]. Bastos [comunicación personal, septiembre 2005] relató la actividad biológica del aceite esencial y de los subproductos de *Piper aduncum* (pimienta de mono) como fungicida, bactericida, acaricida e insecticida. Dhingra *et al*. (2004) demostraron que aceite esencial de mostaza fue efectivo en el control de *damping-off* en frijol causado por *Rhizoctonia solani*. El uso de los aceites vegetales de reconocido efecto sobre fitopatógenos depende de su disponibilidad, y en los últimos años di-

versas empresas viabilizan su uso. En ese sentido uno de los mejores ejemplos es el uso de aceite de nim para el control de plagas.

13. Quitosana

La quitina es un polisacárido natural que se destaca desde el punto de vista químico por presentar un grupo acetoamido, y su desacetilación conduce a un nuevo biopolímero denominado *quitosana*. Ambos biopolímeros se asemejan químicamente a las celulosas y poseen características físico-químicas peculiares. Durante los últimos treinta años estos biopolímeros despiertan bastante interés en la comunidad científica, debido principalmente al potencial de aplicación presentado por estos materiales en diversas áreas. Este hecho se observa tanto para las formas naturales como para los derivados. El interés sobre esos biopolímeros ha aumentado en los últimos años por ser muy abundante en la naturaleza, obtenidos por síntesis natural, son los principales componentes del caparazón de crustáceos, que generalmente son detectados como residuos de procesamiento industrial, biodegradadores, biocompatibles con los órganos, tejidos y células de animales y plantas, procesados de diversas formas como copos, polvo fino y etc., efectivo para el control de patógenos.

La quitosana se ha descrito como un importante inductor de resistencia de plantas, y algunos productos se llevan al mercado con esa finalidad. Según Cavalcanti *et al*. (2004), uno de los productos que contienen quitosana, registrado en Estados Unidos para uso en el control de oidio, mildio y moho gris de la calabaza, batata, tomate, pimienta, guisante, cebolla, melón, sandía, lechuga, frijol, trigo, mora, fresa, cereza y otras fructíferas, es el Elexa 4PD, que posee 4% de quitosana. El modo de acción del producto es por la activación del sistema de defensa de las plantas. En Brasil, Gurgel *et al*. (2005) demostraron el efecto de quitosana aplicada antes de la inoculación en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en tomate.

14. Extracto acuoso de materia orgánica

Esos extractos, también denominados *té de compuesto* presentan como característica principal una compleja comunidad microbiana, posiblemente responsable por el control de los patógenos. McQuilken *et al*. (1994), al usar extractos acuosos obtenidos de la mezcla de estiércol y paja comportada, obtuvieron supresión del desarrollo de lesiones de *Botrytis cinerea* en hojas de frijol. También Elad & Shitienberg (1994) obtuvieron control de este patógeno en tomate, pimentón y uva, con la pulverización de extractos acuosos de compuestos producidos a partir de mezcla de estiércoles de vaca y gallina, y de bagazo de uva.

Además del control de patógenos existen referencias sobre su efecto nutricional en las plantas [McQuilken *et al*., 1994]; sin embargo, existe la necesidad de estudiar los posibles problemas en la salud pública. Así, para minimizarlos se sugiere el uso de materia orgánica libre de metales pesados y de agentes nocivos a la salud pública. Es necesario que los extractos deban obtenerse de materiales compostados.

AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES DE PLANTAS UTILIZADOS EN BRASIL

1. Razas débiles de CTV para la preinmunización contra la tristeza de los cítricos

La tristeza de los cítricos la causa un closterovirus (CTV) limitado al floema. El CTV es capaz de infectar muchas especies, variedades e híbridos de cítricos. Los síntomas inducidos por el CTV varían de acuerdo con el aislado del virus presente y del hospedero. La extinción de los injertos de cítricos con patrón de naranja agria, que es el síntoma clásico, causó en el pasado la muerte de aproximadamente diez millones de plantas en Brasil. Ese tipo de síntoma ya no existe en nuestras condiciones, pues no se utilizan combinaciones de cítricos con injerto sobre patrón de agria; sin embargo, aún se ocasionan daños considerables por aislados del virus de la tristeza, que inducen síntomas conocidos por el nombre de *estrías*, que son depresiones que se forman en el leño de las plantas. Esos síntomas están acompañados por raquitismo de la planta, cuyo follaje de tamaño reducido presenta clorosis, semejante a las deficiencias de zinc, manganeso y otros nutrientes. El síntoma más grave, sin embargo, es la producción de frutos menudos, de conformación defectuosa, vulgarmente conocidos como *coquitos*, sin valor comercial. La forma convencional de control del CTV es la utilización de injertos con patrones tolerantes al virus, lo que permitió la ampliación de la citricultura brasileña, principalmente la del estado de Sao Paulo, y posibilitó que se convirtiera en la mayor del mundo.

La utilización del injerto con patrón tolerante al virus de la tristeza no fue una solución satisfactoria para controlar los daños ocasionados por aislados inductores

de estriamiento. En ese caso, la solución encontrada fue el uso de la preinmunización o protección cruzada, que es la técnica de promover la infección de una planta con una raza débil de un virus que ofrezca protección contra la raza fuerte. De esta manera se lleva a un control de las manifestaciones severas de la enfermedad. En la actualidad, prácticamente todas las plantas de naranja Pera plantadas en Brasil, es decir, cerca de doscientos millones de árboles, se originaron de material preinmunizado con aislados débiles del CTV, y crecen satisfactoriamente. En el caso de otros cultivos, el uso es limitado o inexistente. El agente de control biológico se encontró naturalmente en plantas que sobresalían en campos de la variedad que se deseaba preinmunizar. La multiplicación del agente se realiza por la perpetuación de plantas matrices y lotes de vitroplantas preinmunizadas [Müller & Costa, 1991].

Normalmente, cuando los agricultores adquieren las posturas ya compran plantas preinmunizadas con aislados débiles del virus de la tristeza. De esa forma no hay costos adicionales para los productores, pues una vez preinmunizada la planta se mantendrá por toda la vida. La eficiencia de la técnica gira en torno a 90%, y está determinada por evaluaciones periódicas por los órganos de investigación. Esa técnica fue desarrollada en la Sección de Virología del Instituto Agronómico de Campinas, por Gerd W. Müller y Álvaro Santos Costa. Mayores detalles pueden obtenerse en Müller & Costa (1991) y Costa & Müller (1980).

2. Razas débiles del virus del mosaico para la preinmunización contra el mosaico del calabacín

El mosaico del calabacín, causado por el virus del mosaico de la papaya estirpe sandía (PRSV-W), es la virosis más comúnmente encontrada en cultivos de calabaza zucchini, Niña Brasileña y calabaza híbrida del tipo Tetsukabuto en el país. Ese virus se transmite de forma eficiente por numerosas especies de pulgones. Las pérdidas en la producción pueden llegar a 100%, especialmente en los casos en que las plantas son infectadas en el inicio de su desarrollo.

El control biológico del mosaico de los calabacines tipo zucchini, de la Niña Brasileña y de la calabaza híbrida del tipo Tetsukabuto, se da por medio de la preinmunización con razas débiles del virus causante del mosaico. De inicio se seleccionaron diversas razas débiles del virus del agente causal de la enfermedad a partir de ampollas, que se presentan en hojas de calabacín caserta con síntomas de mosaico. Algunas de esas razas son estables y protegen eficientemente las plantas cuando se exponen a las razas fuertes del virus. Entre ellas se seleccionaron dos razas débiles que se mantienen más estables desde su selección; y es que la mayoría de las plantas de calabaza zucchini preinmunizadas en el estadio de hoja cotiledonal y expuestas en el campo, no presentan síntomas severos de la enfermedad durante un período de 60-70 días después de la preinmunización. La producción de estas plantas es bien superior de las no preinmunizadas e infectadas con el complejo normal del virus; y la calidad de las frutas de las plantas preinmunizadas es semejante de las plantas saludables [Rezende & Müller, 1995; Rezende & Pacheco, 1998; Rezende *et al*., 1999; Dias & Rezende, 2000].

La preinmunización consiste en la inoculación de la raza débil del virus en las posturas de calabacín en el estadio de hoja cotiledonal. Para ello se maceran hojas de calabacín previamente inoculadas con la raza débil. Ese material, junto con un abrasivo, se inocula en las plantas con auxilio de una pistola de pintura.

La técnica es utilizada comercialmente por diversos productores de los calabacines zucchini y Niña Brasileña, y calabaza híbrida del tipo Tetsukabuto. Por tal motivo los productores adquieren las plantitas preinmunizadas directamente de los productores, o realizan la propia preinmunización. Una vez plantadas, el cultivo está protegido contra el mosaico durante todo su ciclo de desarrollo. Mayores informaciones pueden obtenerse con el professor Jorge A.M. Rezende, en la Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP.

3. *Trichoderma* en el control de patógenos del suelo y sustrato

Diversos productos formulados con *Trichoderma* se han comercializado en Brasil para uso en sustrato de producción de posturas, especialmente en hortalizas y ornamentales. La recomendación general es la adición del hongo vía líquida (irrigación) o sólida (incorporación del sustrato con esporas y micelio del hongo) después de la desinfestación o esterilización del sustrato y algunos días antes de la siembra o transplante.

La producción del antagonista se realiza en granos de arroz, sorghum o millo. Después de la transferencia del inóculo para los granos son necesarios 30 días para la obtención del producto final, y se pasa por las fases de incubación, secado y empaque.

En el caso del tabaco, la caída causada por los hongos de suelo *Pythium*, *Sclerotinia* y *Rhizoctonia* es muy

importante en las áreas de cultivo en el sur del país. Esos hongos pueden controlarse con *Trichoderma*. Ese antagonista actúa por parasitismo en el control de los principales hongos causantes de enfermedades en las posturas. La utilización del producto es simple. En el sistema *float* el producto se mezcla al sustrato en la proporción de 100 g/100 kg de sustrato. Ese volumen es suficiente para completar 200 bandejas con 200 células. En el sistema de producción de plántulas en canteros, el producto se disuelve en agua y se aplica en los canteros después de la siembra. Una aplicación, tanto en el sustrato como en los canteros, siempre en la siembra, es suficiente para el control efectivo de la enfermedad. *Trichoderma* se utiliza aisladamente, por lo que no debe mezclarse con otros productos o agentes. La técnica se adoptó con el fin de reducir el uso de pesticidas en el cultivo, con la consecuente reducción de riesgos para los productores y consumidores. El uso de la práctica posibilitó la sustitución del bromuro de metilo, que resulta una contribución para la protección del ambiente.

Además de la incorporación en sustrato, el hongo *Trichoderma* se utiliza en el tratamiento de semillas y en la irrigación con maquinaria en grandes cultivos en la región céntrica del país. Las enfermedades causadas por *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* son de gran importancia para los cultivos de frijol, soya, algodón y maíz cultivados en sistema con irrigación. Esos patógenos, además de causar serios problemas en la productividad, muchas veces inviabilizan totalmente el área para la agricultura. Para esos patógenos el control por medio de fungicidas químicos tiene una eficiencia baja. El bioagente se aplica en el tratamiento de semilla, en el cultivo, y también por el agua de irrigación de pivote central. Diversas empresas comercializan el hongo *Trichoderma* para uso en ese sistema.

El tratamiento de los huecos o surcos de cultivo con el antagonista también se ha realizado en diversos cultivos. Un ejemplo es el uso de *Trichoderma viride* en el cultivo de la manzana en el sur de Brasil. El hongo *Phytophthora cactorum* causa podredumbre de las raíces del manzano, por lo que en el replanteo se utiliza tradicionalmente el bromuro metílico para desinfestar los huecos. La sustitución del bromuro metílico se dio con el uso asociado de dosis baja de formaldehído (3%), esterilizante que no contamina el suelo, con propágulos de *Trichoderma viride*, organismo altamente competitivo en el suelo y antagónico a *Phytophthora cactorum*. El agente de control biológico utilizado se obtuvo de raíces de manzanas con podredumbres, en la región de Vacaria, RS. *Trichoderma* se produce en semillas, pasadas por autoclave, de sorgo dulce, en embalajes de 4 g, cantidad recomendada para un hoyo. El antagonista debe aplicarse siete días después del tratamiento con formaldehído (10 L/hoyo), inmediatamente debajo de la superficie del suelo. Después de la aplicación, el área tratada debe humedecerse con 2 L de agua para mejorar la colonización del sustrato. El replanteo debe realizarse de siete a diez días después de la aplicación de *Trichoderma* [Valdebenito-Sanhueza, 1991]. La eficiencia del producto es semejante a la obtenida con el uso de bromuro metílico, y se utiliza en plantíos de manzana en los estados de Rio Grande do Sul y de Santa Catarina. Mayores informaciones pueden obtenerse con la doctora Rosa María Valdebenito-Sanhueza en la Embrapa Uva e Vinho.

4. Antagonistas y manejo para el control de la escoba de bruja del cacaotero

El método alternativo recomendado es la remoción del material infectado por el patógeno. El ciclo de brotación de nuevos retoños foliares y de floración generalmente ocurre dentro de un mismo calendario, y puede haber alteraciones en el transcurso de variaciones climáticas. En marzo hay renovación de retoños foliares; en mayo, floración de la cosecha principal; en septiembre, renovación de retoños foliares, y en noviembre, floración de la cosecha temprana. Para obtener mejores resultados con las prácticas de remoción, el productor debe estar atento al comportamiento del ciclo vegetativo de las plantas de cacao, y buscar el cumplimiento de las recomendaciones de la Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira [CEPLAC, 1995].

Otra recomendación básica es la reducción y adecuación de la copa con la finalidad de obtener un control rápido y eficiente de la enfermedad, promoviendo el aumento de la producción individual de las plantas. Las prácticas de reducción y adecuación de la copa deben realizarse en todas las plantas de cacao, independiente de la enfermedad. Esto elimina la dominancia de una planta sobre otra, dispensa gastos por apuntalamiento, eleva la productividad, facilita tratamientos fitosanitarios, aumenta el ingreso de la cosecha, disminuye la incidencia de enfermedades y reduce los costos operacionales y materiales [CEPLAC, 1995].

Esas prácticas se asocian al control biológico. Para ello se recomienda la pulverización del hongo antagonista

Trichoderma stromaticum (cepa TVC), formulado por la CEPLAC/CEPEC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira) con el nombre de Tricovab. El producto se encuentra en proceso de registro en los órganos competentes. Castro *et al.* (2001) realizaron estudios ecotoxicológicos con *Trichoderma stromaticum*, y concluyeron que el hongo es potencialmente seguro para organismos en blanco.

El antagonista debe utilizarse en la ocasión de la poda fitosanitaria, y se recomienda la aplicación inmediata de ese hongo tanto en la copa como en las escobas secas y restos de cultivo alrededor de la planta. *Trichoderma* parasita los basidiomas de *Crinipellis perniciosa*, y reduce el potencial de reproducción del patógeno [Bezerra, comunicación personal].

Las prácticas recomendadas para el control cultural de la escoba de bruja, además de ser fundamentales para la supervivencia de los cacaoteros infectados, determinarán el aumento de producción de los árboles y consecuente elevación de productividad de las plantaciones. Es una técnica de fácil utilización, y su viabilidad depende del precio del producto, pues exige mayor disponibilidad de mano de obra.

5. *Clonostachys rosea* (*Gliocladium roseum*) para el control de *Botrytis* en fresa y plantas ornamentales

Botrytis cinerea causa podredumbre de frutos, muerte de flores y hojas en cultivos de fresa y plantas ornamentales en cultivo protegido. El control biológico se realiza con *Clonostachys rosea*. Los trabajos iniciales se hicieron con la utilización de un aislado obtenido junto con la Universidad de Guelph, Canadá; sin embargo, se obtuvieron aislados en condiciones brasileñas con eficiencia similar o superior a este. El antagonista se multiplica tanto en fermentación líquida como en semisólida y sólida en granos de trigo o arroz. El producto aplicado consiste básicamente de esporas o micelios secos del bioagente, y su aplicación se realiza con pulverizadores manuales o motorizados. La época adecuada para su aplicación es desde el inicio de la floración hasta la cosecha, en intervalos semanales. La concentración recomendada es de 10^6 a 10^7 conidios o partículas por milímetro en mezcla con dispersante adhesivo a 0,01%. La eficiencia del producto es semejante o levemente superior a la de los fungicidas químicos [Sutton *et al.*, 1997]. De esa forma permite suprimir el uso de fungicidas en los frutos para consumo. La técnica aún está restringida para áreas pequeñas y principalmente a productores de fresa de la región de Bento Gonçalves, RS y en Serra Negra, SP. También, productores de lirios y otras ornamentales en la región de Holambra, SP han utilizado el agente de biocontrol con éxito. Su producción se transfiere de los laboratorios de la Embrapa para laboratorios particulares con vistas a su aumento. Mayores informaciones pueden obtenerse con la doctora Rosa María Valdebenito-Sanhueza, en la Embrapa Uva y Vino, y con el doctor Marcelo A. B. Morandi, en la Embrapa Medio Ambiente.

PRODUCTOS ALTERNATIVOS: ADOPCIÓN FUTURA

A pesar de la disponibilidad de diversos productos biológicos y técnicas alternativas para el control de enfermedades de plantas, su utilización aún está restringida. Varios factores contribuyen para la adopción limitada de esas técnicas, donde la principal es la relacionada con la cultura de los agricultores, que utilizan casi exclusivamente pesticidas debido a la facilidad de uso y a la eficiencia de esos productos químicos. Otros factores incluyen la formación de los técnicos de asistencia técnica y extensión rural de vuelta a la recomendación de pesticidas para la solución de los problemas fitosanitarios, y el papel de las industrias de pesticidas en la asistencia técnica a los productores.

Una considerable responsabilidad para la adopción limitada de técnicas alternativas para el control de problemas fitosanitarios está asociada a las instituciones de investigaciones y a los órganos de fomento. Hay necesidad de aumentar el número de profesionales y suministrar recursos para que la fitopatologia pueda dar mayor contribución a la sostenibilidad ambiental y social de la agricultura brasileña. Existe también necesidad de establecer formas eficientes para que el conocimiento sobre las técnicas alternativas sea socializado y pase a ser utilizado por los agricultores.

El aumento del uso de métodos alternativos depende del conocimiento de la estructura y del funcionamiento del agroecosistema. El concepto absoluto de *agricultura sustentable* puede ser imposible de obtenerse en la práctica; sin embargo, es función de la investigación y de la extensión ofrecer opciones para que sean adoptados sistemas más sustentables. Para ello son de poca utilidad los proyectos de investigación puntuales y de corta duración. Solamente estudios que incluyen el seguimiento de sistemas de producción en las diferentes áreas del conocimiento suministrarán informaciones

suficientes para la comprensión de las diferentes interacciones. Así, solo la sustitución de fungicidas químicos no es suficiente para garantizar una agricultura limpia. Hay necesidad de rediseñar los sistemas de producción para alcanzar su sostenibilidad. En ese sentido, diversos ejemplos se presentan para la comunidad.

El proceso evolutivo para la conversión de los agroecosistemas en sistemas agrícolas de alto grado de sostenibilidad posee dos fases distinguidas: *1*) mejora de la eficiencia del sistema convencional, con la sustitución de los insumos y de las prácticas agrícolas; *2*) rediseño de los sistemas agrícolas. La primera fase se trabaja de forma relativamente organizada, con la reducción del uso de insumos, control y manejo integrado, técnicas de cultivo mínimo del suelo, previsión de la ocurrencia de plagas y enfermedades, control biológico, variedades adecuadas, uso de feromonas, integración de culturas, cultivos en franja o intercalados, desarrollo de técnicas de aplicación que vean solo el blanco y concientización de los consumidores, entre otros. Para el rediseño de los sistemas agrícolas es necesario conocer la estructura y el funcionamiento de los diferentes sistemas, sus principales problemas y, consecuentemente, desarrollar técnicas limpias para resolverlos. Debido a la complejidad de esa tarea se llevan a cabo esfuerzos por diferentes corrientes de investigación, pero todas con la consideración de la mínima dependencia externa de insumos, la biodiversidad, el aprovechamiento de los ciclos de nutrientes, la explotación de las actividades biológicas, el uso de técnicas no contaminantes, el reaprovechamiento de todos los subproductos y la integración del hombre en el proceso. Esa forma de agricultura es denominada *agricultura alternativa*, donde diferentes corrientes se destacan: agricultura orgánica, agricultura ecológica, agricultura natural, agricultura biodinámica, etc.

El rediseño del sistema de producción de lirio en casa de cultivo ejemplifica la importancia de la alteración del sistema de cultivo. En una propiedad de cultivo de lirio con utilización intensiva de fungicidas, insecticidas y acaricidas químicos, localizada en Holambra, SP, se eliminó la utilización de esos productos por medio de la integración de métodos alternativos para el control de plagas y enfermedades. De modo general, la producción actual se basa en la colonización de un sustrato desinfestado con vapor, con *Trichoderma*, *Metarhizium*, *Beauveria* y microorganismos presentes en biofertilizante para eliminar el vacío biológico promovido por la desinfección. Además de eso, se realiza una aplicación de biofertilizante concentrado inmediatamente después de la emergencia de los bulbos y semanalmente la aplicación en masa de *Trichoderma*, *Clonostachys*, así como leche y aceite de neen. Asociado a esos productos y de una fertilización equilibrada, se mantiene un programa de sanidad en todas las casas de cultivo. Ese ejemplo demuestra que no solo debe sustituirse un producto químico por algún producto alternativo, sino realizar la alteración de todo el sistema de producción para el éxito, pues la simple sustitución de productos podrá llevar a desequilibrios causados por los pesticidas químicos.

Agradecimientos

Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza, de la Embrapa Uva y Vino; Marcos Virgílio Casagrande, de la Copersucar; Hugo Kuniyuki, del Instituto Agronómico de Campinas; Marcelo Morandi, de la Embrapa Medio Ambiente; y Eduardo Bernardo, de la Unesp/Botucatu, por las informaciones suministradas.

REFERENCIAS

Abreu Junior, H.: *Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura: coletânea de receitas*, Campinas, EMOPI, 1998.

Baldassari, R. B.; A. Goes; L. Momesso: «Controle da mancha preta dos citros através de fungicidas e indutores de resistência associados a fosfito», *Summa Phytopathologica* 29:85-86, 2003.

Benchimol, R. L.; J. C. Sutton: «Uso de casca de caranguejo no controle da fusariose e no desenvolvimento de mudas de pimenteira-do-reino», *Fitopatologia Brasileira* 28:S346, 2003.

Bélanger, R. R.; A. J. Dik; J. G. Menzies: «Powdery Mildews: Recent Advances Toward Integrated Control», *Plant Microbe Interactions in Biological Control*, Marcel Dekker, New York, 1998, pp. 89-109.

Bettiol, W.; B. D. Astiarraga; A. J. B. Luiz: «Effectiveness of Cow's Milk Against Zucchini Squash Powdery Mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in Greenhouse Conditions», *Crop Protection* 18:489-492, 1999.

Bettiol, W.; M. J. Stadnik: «Controle alternativo de oidios», Stadnik, M. J. *Oidios*, Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2001, pp. 165-192.

Bettiol, W.: «Controle de doenças de plantas com agentes de controle biológico e outras tecnologias alternativas», Campanhola, C.; Bettiol, W. *Métodos alternativos de controle fitossanitário*, Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2003, pp. 191-216.

Bettiol, W.; R. Ghini: «Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos». Campanhola, C.; Bettiol, W. *Métodos alternativos de controle fitossanitário*, Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2003, pp. 80-96.

Bird, G. W.; T. Edens; F. Drummond; E. Groden: «Design of Pest Management Systems for Sustainable Agriculture», Francis, C. A.; Flora, C. B.; King, L. D. (ed.). *Sustainable Agriculture in Temperate Zones,* John Wiley, New York, 1990, pp. 55-110.

Blat, S. F.; L. D. D. Teixeira.; C. T. S. Dias; C. P. Costa: «Efeito de fosfato monopatássico no controle do oídio do pimentão», *Summa Phytopathologica* 31:268-270, 2005.

Bowen, P. A.; D. L. Ehret; J. G. Menzies: «Soluble Silicon. Its Role in Crop and Disease Management of Greenhouse Crops», *Plant Disease* 79:329-336, 1995.

Campanhola, C.; W. Bettiol: «Situação e principais entraves ao uso de métodos alternativos aos agrotóxicos no controle de pragas e doenças na agricultura», Campanhola, C.; Bettiol, W. *Métodos alternativos de controle fitossanitário*, Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2003, pp. 265-279.

Carvalho, R. A.; S. A. Choairy; E. F. Oliveira; J. T. Lacerda; M. Barreiro Neto; E. S. Santos:. «Controle da Fusariose do abacaxizeiro com taninos e vitaminas», João Pessoa: EMEPA-PB, (*Boletim de Pesquisa*, 11), 2002.

Castro, V.; C. Jonsson; I. Melo; F. Nunes: «Avaliação de risco ecotoxicologico de *Trichoderma stromaticum* usado como biopesticida», *Ecotoxicology and Environmental Restoration* 4(1):18-24, 2001.

Cavalcanti, L. S.; M. L. V Resende *et al*.: «Ativadores de resistência disponíveis comercialmente», II Reunião Brasileira sobre indução de resistência em plantas, Lavras, UFLA, 2004, pp. 82-97.

CEPLAC: «Manual de recomendações para o controle da vassoura-de-bruxa», Itabuna, CEPLAC, 1995.

Costa, L. A. S.; G. W. Múller: «Tristeza Control by Cross Protection: a U.S.-Brazil Cooperative Success», *Plant Disease* 64:538-541, 1980.

Daayf, F.; A. Schmitt; R. R. Bélanger: «The Effects of Plant Extracts of *Reynoutria sachalinensis* on Powdery Mildew and Leaf Physiology of Long English Cucumber», *Plant Disease* 79:577-580, 1995.

Datnoff, L. E.; K. W. Seebold; V. F. J. Correa: «Use of Silicon for Integrated Disease Management: Reducing fungicIde Applications and Enhancing Host Plant Resistance», Datnoff, L. E.; Snyder, G. H.; Korndorfer, G. H. «Silicon in Agriculture», *Elsevier Science*, 2001, pp. 171-184.

Dias, P. R. P.; J. A. M. Rezende: «Premunização da abóbora híbrida Tetsukabuto para o controle do mosaico causado pelo *Papaya ringspot vírus*-type W», *Summa Phytopathologica* 26:390-398, 2000.

Dhingra, O. D.; M. L. N. Costa; G. J. Silva Jr.; E. S. G. Mizubuti: «Essential Oil of Mustard to Control *Rhizoctonia solani* Causing Seedling Damping-off and Seedling Blight in Nursery», *Fitopatologia Brasileira* 29:683-686, 2004.

Elad, Y.; D. Shitemberg: «Effect of Compost Water Extracts on Grey Moul (*Botrytis cinerea*)», *Crop Protection*13:109-114, 1994.

Gadelha, R. S. S.; R. C. A. Celestino; A. Shimoya: «Efeito da urina de vaca na produtividade do abacaxi», *Pesquisa Agropecuária & Desenvolvimento Sustentável* 1:91-96, 2002.

Ghini, R.; W. Bettiol: «Coletor solar para desinfestação de substratos», *Summa Phytopathologica* 17:281-286, 1991.

Ghini, R.: «Desinfestação do solo com o uso de energia solar: solarização e coletor solar», Jaguariúna: Embrapa-CNPMA (Embrapa-CNPMA. Circular 1), 1997.

Goes, A.; V. Z. Rodas; T. H. Z. Rodas: «Control of Citrus Black Spot in an Organic Grove in Brazil», Proceedings of the International Society of Citriculture, 2004, pp. 90 y 91.

Gurgel, L. M. S.; S. M. A. Oliveira; R. S. B. Coêlho: «Resistência induzida contra a murcha de fusário do tomateiro com indutores abióticos», *Summa Phytopathologica* 31:158-164, 2005.

McQuilken, M. P.; J. M. Whipps; J. M. Lynch: «Effects of Water Extracts of a Composted Manure-straw Mixture on the Plant Pathogen *Botrytis cinerea*», *World J. Microbiology and Biotechnology* 10:20-26, 1994.

Müller, G. W.; A. S. Costa: «Premunização de plantas cítricas», Bettiol, W. *Controle biológico de doenças de plantas*, Jaguariúna, Embrapa-CNPMA, 1991, pp. 285-293.

National Research Council: *Alternative agriculture*, National Academy Press, Washington, 1989.

Pasini, C.; F. D'Aquila; P. Curir; M. L. Gullino: «Effectiveness of Antifungal Compounds Against Rose Powdery Mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) in Glasshouses», *Crop Protection* 16:251-256, 1997.

Ponte, J. J.: *Cartilha da manipueira: uso do composto como insumo agrícola*, 2a. ed., Secretaria da Ciência e Tecnologia do Ceará, 2002.

Rezende, J. A. M.; G. W. Müller: «Mecanismos de proteção entre vírus e controle de viroses de vegetais por premunização», *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 3:185-226, 1995.

Rezende, J. A. M.; D. A. Pacheco: «Control of Papaya Ringspot Virus-Type W in Zucchini Squash by Cross Protection in Brazil», *Plant Disease* 82:171-175, 1998.

Rezende, J. A. M.; D. A. Pacheco; A. F. Lemma: «Efeitos da premunização da abóbora 'Menina Brasileira' com estirpes fracas do vírus do mosaico do mamoeiro-estirpe melancia», *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34:1481-1489, 1999.

Rodrigues, F. A.; L. E. Datnoff: «Silicon na Rice Disease Management», *Fitopatologia Brasileira* 30:457-469, 2005.

Sasaki, T.; Y. Honda; M. Umekawa; M. Nemoto: «Control of Certains Diseases of Greenhouse Vegetables with Ultraviolet-Absorbing Vinyl Film», *Plant Disease* 69:530-533, 1985.

Smith, L. J.; W. T. O'Neil; J. K. Kochman; J. Lehane; G. Salmond: «Silicon and Fusarium Wilt of Cotton», The 15th Bienniel Australasian Plant Pathology Society Conference Handbook, 2005, p. 171.

Stadnik, M. J.; M. C. Rivera: *Oidios*, Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2001.

Stadnik, M. J.; V. Talamini: «Legislação e uso de produtos naturais em países do Cone Sul», *Manejo ecológico de doenças de plantas*, Florianópolis, CCA/UFSC, 2004, pp. 63-82.

Sönego, O. R.; L. R. Garrido; A. B. C. Czermainski: «Avaliação do fosfito de potássio no controle do míldio da videira», Bento Gonçalves: Embrapa-CNPUV (Embrapa-CNPUV, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11), 2003.

Soyez, J. L.: «Lês enseignements de la Campagne 2002 sur lê Phosphonate de Potassium PK2 em viticulture», *Progès Agricole et Viticole* 119:511-514, 2002.

Sutton, J. C.; DE-W. Li; G. Peng; H. Yu; P. Zhang; R. M. Valdebenito-Sanhueza: «Gliocladium Roseum: a Versatile Adversary of *Botrytis cinerea* in Crops», *Plant Disease* 81:316-328, 1997.

Talamini, V., M. J. Stadnik: «Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas», *Manejo ecológico de doenças de plantas*, Florianópolis, CCA/UFSC, 2004, pp. 45-62.

Valdebenito-Sanhueza, R. M.: «Possibilidades do controle biológico de Phytophthora em macieira», *Controle biológico de doenças de plantas*, Jaguariúna, Embrapa-CNPMA, 1991, pp. 303-305.

Zainuri, J. D. C.; D. E. Irving; E. K. Dann; A. W. Coke; L. M. Coates; A. H. Wearing: «Bion and Silicon Treatments Induce Mango Fruit Resistance to Anthracnose Disease», The 15th Bienniel Australasian Plant Pathology Society Conference Handbook, 2005, p. 87.

Zatarin, M.; A. I. I. Cardoso; E. L. Furtado: «Efeitos de tipos de leite sobre oídio em abóbora plantadas no campo», *Horticultura Brasileira* 23:198-201, 2005.