

y claveles). La Universidad de Talca, a través de la empresa Nativa Ltda., con el apoyo del FIA, ha colectado en gran parte del país especies de trichodermas. Las más eficientes se han multiplicado y producido comercialmente, para el control de patógenos en cultivos hortícolas. Las experiencias realizadas por INIA, a través de un proyecto FIA, en la producción de tomates bajo invernadero en Colín, Maule, han mostrado resultados promisorios en el control de hongos del suelo, en particular con la aplicación de trichodermas de la cepa Queule, complementada con la aplicación del producto químico metam sodio. Ensayos experimentales realizados en predios de agricultores, comparando los tratamientos de aplicaciones de bromuro de metilo, metam sodio (Raizan 50), y metam sodio más trichodermas, mostraron que los mayores rendimientos en tomate bajo invernadero, en cantidad y calidad, se alcanzaron con el tratamiento metam sodio más trichodermas. Una de las conclusiones importantes fue que un productor puede hacer, el primer año, una desinfección de suelos con metam sodio más trichodermas, y en los dos años siguientes sólo hacer aplicaciones de trichodermas para mantener el control de hongos del suelo. Así se reduce notablemente los costos, pues el agroquímico se requiere cada tres años. 📍



Foto 4: Aplicación de urea en dosis de 0,3 a 0,8 kg, por cada 20 a 25 kg de material picado.

Foto 5: Tapado y sellado de surcos con plástico polietileno, y posterior riego a través de las cintas localizadas previamente bajo el plástico. Colín, Talca, Región del Maule.



COMO REEMPLAZAR EL BROMURO DE METILO

② Tratamientos la desinfección

Jorge Lundstedt L.
Consultor privado

Jorge Carrasco J.
Andrea Torres P.
Sergio González M.

INIA
Rayentué, Raihuén, La Platina

Aplicación directa de calor al suelo

Para los tratamientos de esterilización con aire caliente se ha desarrollado maquinarias (Cultivit), las cuales pueden alcanzar 800°C, por 40 a 60 segundos. Este sistema de desinfección fue desarrollado en Israel en los últimos siete años. En Chile no se encuentra disponible comercialmente, por lo cual es necesario importar este equipo desde Holanda, donde se comercializa desde hace cuatro años. El método se basa en la inyección de aire extremadamente caliente en una masa de suelo que ha sido removida de su posición mediante un rotovator. Cada partícula de suelo alcanza una temperatura suficientemente alta para controlar plagas o patógenos presentes, antes de ser depositada en su sitio original. Por ser inocua para el ambiente, es una opción promisoriosa como método de desinfección de suelo en preplantación de vivero de especies frutales y forestales. Sin embargo, la textura del suelo constituye una variable de restricción, e idealmente es aplicable en suelos de texturas arenosas a francas. Además, las temperaturas altas van reduciendo la materia orgánica del suelo.

Solarización

La mayor parte de los organismos indeseables existentes en el suelo muere cuando la temperatura supera los 37°C durante un largo período. Para lograr esa

físicos y prácticas culturales para de suelos y sustratos

Las alternativas físicas al uso de bromuro de metilo (BMe) para esterilizar los suelos y sustratos se relacionan con vaporización, aplicación de calor al suelo, solarización, y prácticas culturales. Para antecedentes de la vaporización, ver artículo en la página 20, los otros tres tipos de manejo se presentan a continuación.

condición y obtener un buen control, es necesario mantener el suelo en solarización por cuatro a seis semanas, puesto que las capas superiores se calientan más rápida e intensamente que las más profundas. Por ejemplo, en Israel mantienen la solarización por 30 a 42 días para alcanzar hasta los 50 cm de profundidad y así eliminar del 90 al 100% de los esclerocios de *Verticillium dahliae*.

La solarización consiste en cubrir el suelo húmedo con un film de polietileno transparente (foto 1), en los meses de mayor temperatura (verano). La solarización induce cambios biológicos, físicos y químicos que modifican positivamente la composición microbiológica del suelo.



Foto 1. Solarización de suelos para la producción de plántulas de hortalizas. Rengo, Región de O'Higgins.

Bajo el plástico la temperatura supera los 50°C en la capa superficial durante las horas de mayor insolación.

La temperatura que se logra depende de la estructura del suelo, temperatura del aire, humedad del suelo, largo del día, intensidad de la luz solar y de la capacidad del film de polietileno para dejar pasar la luz y retener la energía transmitida (grosor). Algunos autores señalan también, como factores importantes, el contenido de materia orgánica, los tipos de patógenos e insectos presentes, el historial de cultivos del suelo tratado, y todos aquellos componentes propios de la ecología del suelo.

Para obtener un buen efecto de la solarización se recomienda lo siguiente:

Suelo: el suelo debe estar libre de malezas y restos vegetales, nivelado y lo más mullido posible, de modo que quede la mínima cantidad de aire que actúe como aislante. Así se tiene las mejores condiciones para el sellado superficial del suelo.

Humedad del suelo: la humedad es relevante en la activación de la flora y fauna del suelo, es decir, estimula la germinación de semillas de malezas y el desarrollo de los microorganismos patógenos e insectos, que quedan en un estado de mayor sensibilidad al calor. También permite una más rápida y profunda conducción del calor. Se recomienda regar hasta que la humedad alcance por lo



Foto 2. Producción de plantas de tabaco en bandejas bajo el sistema de bandejas flotantes.

menos 60 cm de profundidad y el suelo un 70% de su capacidad de campo.

Duración del día e intensidad de la luz solar: los meses de verano son los más indicados para solarizar los suelos. La variación horaria de las temperaturas del suelo sometido a solarización tiene un efecto importante. Durante el día, por efecto del calor, la humedad de las zonas más profundas sube hacia la superficie y se calienta (se evapora). Por la noche, cuando la temperatura se enfría, la humedad se condensa y baja nuevamente.

Cobertura o sello: la función del plástico es retener el calor del sol y evitar la pérdida de vapor hacia la atmósfera, para alcanzar entre los 40 y 70°C en el perfil del suelo. El plástico transparente es más eficiente que el negro, porque permite que penetre un mayor espectro de energía luminosa. Mientras más transparente, mejor, pero por razones prácticas se recomienda que el film sea de un grosor de 150 a 200 micras, de modo que no se

rompa y pueda servir para una segunda temporada.

Beneficios de la solarización: muchos organismos causantes de enfermedades son controlados hasta una profundidad de 45 cm. Resultados de investigaciones extranjeras sugieren que la reinfeción por algunos patógenos de un suelo solarizado es menor que en suelos tratados mediante otras técnicas. Un beneficio importante y adicional se refiere al efecto posterior: el tiempo que transcurre después de la solarización sin que una enfermedad se manifieste puede llegar hasta dos temporadas de cultivo.

Un amplio espectro de semillas y plantas de malezas anuales y perennes son controladas por la solarización del suelo. La sensibilidad de las malezas es variable en función de la estructura de su semilla o estado y profundidad de crecimiento. Las semillas más resistentes requieren para su control una humedad óptima, un ajuste perfecto del plástico sobre la superficie del suelo y una alta radiación por más de 40 días.

También reduce efectivamente las poblaciones de nematodos, pero es función de las temperaturas letales que se alcancen en profundidad y del grado y profundidad de infestación inicial. Los nematodos generalmente son más tolerantes al calor y su control es menos efectivo en profundidades superiores a los 30cm.

Las plantas que crecen en suelo solarizado frecuentemente se desarrollan más rápido y tienen mejores rendimientos y mejor calidad comparada con las que crecen en suelo no tratado. Otro beneficio es el aumento de la disponibilidad de nitrógeno para las plantas. Algunos microorganismos benéficos, tales como micorrizas, *Trichoderma* spp, actinomicetes y ciertas bacterias, que sobreviven al proceso, recolonizan rápidamente el suelo. Esto a su vez contribuye a un control biológico de plagas y enfermedades, estimulando adicionalmente el crecimiento y protección del cultivo.

Limitaciones: una limitante de la

solarización es su oportunidad. En un suelo solarizado en enero y febrero se obtiene un buen control de patógenos para hortalizas primores que se plantan en mayo y junio. No sucede lo mismo con los cultivos de primavera y verano, donde se debe esperar entre seis y ocho meses antes de usar el suelo solarizado. Como debe permanecer durante el otoño e invierno sin manejo, en ese período puede ocurrir una reinfestación si se utiliza agua obtenida de canales de regadío.

El uso de la solarización no se recomienda en zonas de producción intensiva, como Quillota y Limache, si se trata de obtener dos cosechas de tomate o pimiento en la temporada. Normalmente no transcurren más allá de 20 días entre la cosecha de una producción de tomate para tarde y plantación de tomate para temprano, por lo cual la solarización no es la mejor técnica dado su largo periodo de aplicación.

Prácticas culturales

Las prácticas culturales que se pueden aplicar incluyen los sistemas de bandejas flotantes, los cultivos hidropónicos, uso de portainjertos resistentes, inundación, rotación de cultivos, y aplicación de enmiendas de suelos.

Sistema de bandejas flotantes: un ejemplo de esta técnica, utilizada fundamentalmente para la producción de plantas de tabaco, es el llamado "sistema flotante", usado en Brasil, Argentina, y Cuba. Consiste en cultivar plántulas en bandejas de poliestireno expandido, colocadas en una piscina con agua, bajo un túnel plástico, que por sus características físicas flotan en el agua desde la

siembra hasta el transplante (foto 2, página 17). El sistema de flotación usa medios preparados y saneados comercialmente. El medio más común contiene corteza de pino fermentada, vermiculita expandida y perlita. Esta técnica, tiene las siguientes ventajas:

- La producción de plántulas de tabaco requiere sólo de 50 a 60 días (hasta que alcanzan una altura de 15–20 cm), mientras que en el semillero convencional se necesitan tres meses.
- Mayor número de plantas por metro cuadrado.
- Las plántulas son más uniformes, por lo cual se requiere menos selección.
- No hay estrés pos transplante.
- No es necesario el uso de bromuro de metilo.
- Disminución de la mano de obra.
- Economía en el uso del agua. El sistema es aplicable para la producción de plantas de tomate.

Cultivos hidropónicos: esta técnica ha ido en aumento. La alta inversión inicial se ve compensada por la mayor producción, debido a las densidades más altas de cultivo, y por la mejor calidad obtenida. En Francia y España la hidroponía ha sido adoptada en el cultivo de tomates y frutillas. En su implementación se deben considerar los recursos locales para ser utilizados como sustratos. La disponibilidad y calidad del agua es otro factor a considerar. En Chile se ha adoptado para hortalizas de hoja, como lechugas.

Uso de portainjertos resistentes en frutales y hortalizas: consiste en cultivar una variedad sensible a una plaga o a una enfermedad, con el sistema radicular de otra tolerante al problema que se pretende controlar. En hortalizas se utiliza el injerto en solanáceas (tomate, berenjena y pimiento) y cucurbitáceas (melón, pepino y sandía, foto 3). El injerto puede competir con el BMe en producción, seguridad y precio. La técnica se encuentra ampliamente implementada en Almería y Valencia para controlar la fusariosis vascular de la sandía. En Japón, Corea, y

Foto 3. Labores de injertación de plantas de cucurbitáceas. La Habana, Cuba.





FOTO GENTILEZA DE REVISTA RED AGRÍCOLA.

Foto 4: Aplicación de compost en un huerto orgánico de olivos.

Cuba, más del 90% de la producción total bajo invernadero utiliza plantas injertadas. Su combinación con el cultivo hidropónico se ha ido expandiendo. En Chile, se ha comenzado a utilizar esta técnica en los últimos años, particularmente en la producción de tomates bajo invernadero.

Los problemas de replantación son comunes e importantes en frutales, ya que reducen significativamente el crecimiento de las plantas. Sus causas se pueden atribuir a una serie de factores, entre los cuales se encuentran factores bióticos (hongos, bacterias y nematodos) y abióticos (toxinas, problemas nutricionales). Trabajos realizados por INIA en la Región de Valparaíso, en conjunto con la empresa privada, han permitido generar portainjertos para vid resistentes a especies de nematodos como *Xiphinema index* y *Pratylenchus* spp, entre otras. A su vez, comercialmente existen disponibles portainjertos resistentes y tolerantes a enfer-

medades, nematodos e insectos para distintas especies frutales.

Inundación: método de presiembra o preplantación muy utilizado en Japón, para el control de enfermedades del suelo y nematodos en berenjenas, tomates, frutillas, y pepinos. Parece ser una de las vías más prometedoras para el control de plagas del suelo en el futuro. La limitante de esta técnica son los suelos de texturas franco arenosas a arenosas, los cuales tienen una rápida capacidad de infiltración del agua, que complicarían la inundación.

Rotación de cultivos: consiste en el establecimiento de cultivos sucesivos no hospederos para los patógenos y plagas del suelo. Muchas rotaciones incluyen barbecho, práctica que consiste en dejar la tierra temporalmente sin producción, con lo cual se eliminan los hospederos y se expone a los patógenos a condiciones ambientales adversas. No

obstante permitir la reducción del número de plagas y del inóculo de los patógenos, raramente elimina por completo la plaga o el problema de enfermedad, ya que bajo nuestras condiciones, siempre es posible encontrar restos del cultivo sin descomponer completamente. A su vez, muchos de los hongos de suelo poseen estructuras de resistencia que les permiten sobrevivir en condiciones adversas.

En la agricultura basada en el empleo de agroquímicos, la rotación de cultivos ha perdido importancia. El uso intensivo del espacio, la necesidad de cosechas sucesivas y de comercialización de grandes volúmenes homogéneos, imposibilitan la estructuración de sistemas basados en la alternancia de cultivos en un mismo sitio. Sin embargo, dado su impacto positivo sobre el control de patógenos, insectos y malezas, se hace necesario rescatar esta práctica en todo lo que sea posible.

Enmiendas de suelo y compost:

la adición de materiales al suelo, orgánicos o minerales, reduce o suprime algunos patógenos mediante la estimulación de microorganismos antagonistas, e incrementa la resistencia de las plantas hospedantes. Además brinda nutrientes extras, altera el pH y produce efectos importantes sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Es el caso de las enmiendas orgánicas, tales como el compost de diferentes orígenes, estiércol, y residuos de cultivos, las cuales pueden ser más fácilmente aplicadas en la producción de plantas ornamentales y hortalizas. El uso de compost es recomendado para la producción de plantas en bandejas, utilizando una parte de compost maduro por una de arena, y como fertilizante orgánico aplicado al suelo, previo a la plantación.

La agricultura orgánica se basa en el mejor control de patógenos, insectos o malezas como consecuencia del fortalecimiento de la micro y meso fauna y flora del suelo, como parte de la adición continuada de compuestos orgánicos. ■