



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA
PROYECTO FHIA LA ESPERANZA

INFORME TÉCNICO 2007



La Lima, Cortés, Honduras
Marzo de 2008

CONTENIDO

| | |
|--|----------|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL 2007 | 2 |
| 1. Componente de transferencia de tecnología para frutales de altura | 2 |
| 2. Componente de transferencia de tecnología para hortalizas de clima frío | 5 |
| 3. Componente de investigación y generación de tecnología en la producción de hortalizas de clima frío | 8 |
| Efecto de niveles de encalado en tres suelos de la zona alta de Intibucá. La Esperanza, Intibucá. 2007, LAEZA 06-07 | 9 |
| Efecto de dos enmiendas orgánicas sobre la producción de coliflor en un suelo con concentraciones altas de Al ⁺³ y Mn ⁺² . La Esperanza, Intibucá. 2007, LAEZA 06-12..... | 26 |
| Evaluación de la producción de tomate bajo techo durante la época seca en la zona alta de Intibucá, 2007, LA EZA 06-03 | 35 |
| Viabilidad económica de la producción de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> , var. Sweet Charlie) en época de lluvias bajo microtúneles en la zona alta de Intibucá. 2007, LAEZA 07-02 | 41 |
| Viabilidad económica del control químico de <i>Alternaria solani</i> en etapa tardía del cultivo de papa. La Esperanza, Intibucá. 2007, LAEZA 07-05 | 48 |
| Evaluación de variedades de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. italica) en dos épocas (lluviosa y seca) en La Esperanza, Intibucá 2007, LAEZA 06-05 | 54 |
| Efecto de la desinfección presiembra en agua caliente y la aplicación de varias sustancias recomendadas como promotoras del enraice sobre el “pegue” de coronas o tallos de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> , var. Sweet Charlie) después de la siembra. LAEZA 07-08..... | 59 |
| Uso de la solarización para el control de pudrición de corona o rhizoctonias (<i>Rhizoctonia solani</i>) de la remolacha en La Esperanza, Intibucá, Honduras, LA EZA-FIT 07-07 | 64 |
| Evaluación de la respuesta de la mora silvestre al manejo agronómico. LAEZA 06-04..... | 71 |
| Evaluación de variedades de fresa. LAEZA 06-09 | 71 |

| | |
|---|-----------|
| Evaluación de cinco patrones criollos de aguacate injertados con la variedad Hass. LAEZA 06-17..... | 71 |
| Evaluación de variedades de durazno. LAEZA 06-13..... | 71 |
| Evaluación de dos variedades de pera. LAEZA 06-14 | 71 |
| Evaluación de frutales exóticos. LAEZA 06-15 | 71 |
| Evaluación de ocho variedades de membrillo. LAEZA 06-18..... | 72 |
| Evaluación del efecto de la técnica de solarización en sustratos de siembra para el control de enfermedades del suelo y desarrollo de las plántulas bajo las condiciones de La Esperanza. LAEZA-NEM 07-04 | 73 |
| Evaluación del nematodo entomopatógeno <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> para el control de gallina ciega (<i>Phyllophaga obsoleta</i>) en el Altiplano de Intibucá. LAEZA-ENT 07-06 | 80 |
| 3. MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE VIDA DE LOS PRODUCTORES | 84 |
| 1. Cambio en cultivos e ingresos | 84 |
| 2. Cambios en modo de vida: vivienda, educación y alimentación..... | 85 |
| 3. Inversión en bienes de capital..... | 86 |
| 4. Conclusión | 86 |

PROYECTO DE DESARROLLO HORTICOLA SOSTENIBLE DE LAS ZONAS ALTAS DE INTIBUCA, LA PAZ Y LEMPIRA

1. INTRODUCCION

Este proyecto inició sus actividades el 1 de Enero de 2006, con el apoyo financiero del gobierno del Japón a través del Programa 2KR administrado por la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). El proyecto tiene un periodo de duración de dos años y sirve para dar seguimiento a proyectos anteriores ejecutados en la región por la FHIA y la SAG en los últimos doce años. El objetivo general del proyecto es contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de los productores hortícolas ubicados en las zonas altas de los Departamentos de Intibucá, La Paz, y Lempira, incrementando sus ingresos económicos mediante la producción de hortalizas y frutales en forma sostenible.

El área de influencia del proyecto en los tres Departamentos mencionados, comprende los municipios siguientes: **Intibucá:** La Esperanza, Intibucá, Jesús de Otoro, Masaguara, San Juan, San Miguelito y Yamaranguila; **La Paz:** Santa Elena, Yarula, Santa Ana, Opatoro, Cabañas, San José, Chinacla, Guajiquiro, Nahuaterique y Marcala; mientras que en el Departamento de **Lempira** se incluyen los municipios de Erandique, Gualcinse y Piraera.

Durante el año 2007 se atendieron un total de 1,274 pequeños productores que en conjunto manejan una área total de 163.35 hectáreas dedicadas a la producción de hortalizas y frutales de clima templado. Como parte de las actividades del proyecto también se ejecutaron un total de 15 trabajos de investigación para la búsqueda de soluciones tecnológicas a los problemas prioritarios del proceso de producción. Así mismo, se desarrollaron 56 eventos de capacitación en los que participaron un total de 1,231 personas, que fueron capacitadas principalmente en tópicos relacionados con la producción y manejo poscosecha de frutas y vegetales frescos.

La suma por la comercialización de hortalizas y frutales asciende a **L.9,020,050.00, ingresos que mejoraron el nivel de vida e incidió positivamente para reducir la pobreza de 238 productores de hortalizas y 300 productores de frutales que cosecharon este año.**

Se ha continuado la coordinación de actividades con las alcaldías de Yarula, Santa Elena y Marcala en La Paz; Yamaranguila, en Intibuca y Erandique, en Lempira, para asistir técnicamente proyectos de hortalizas y papa y 180 productores de durazno, aguacate Hass y pera, quienes están siendo financiados directamente con fondos de la **Estrategia de Reducción a la Pobreza (ERP).**

Es preciso destacar la labor de coordinación interinstitucional de todo el equipo técnico del proyecto con instituciones como: DICTA, FUNDER, CARE, FECORAH, BANADESA, MORA LENCA, Mancomunidad de Municipios Lencas de la Sierra (MAMLESIP), Cooperativa de Mujeres de la Sierra, Cooperativa Mujeres Unidas para Progresar, Cooperativa Mixta de Mujeres Fraternidad de Intibucá (COMFRAMUL), Institución de Servicios Financieros Empresariales y de Negocios (ISEN), ESNACIFOR, UTC, CREE/Programa

Binacional, Visión Mundial, APROHFI, USAID-RED, PRESANCA (Proyecto de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centro América) y CESADE.

Se continúa trabajando intensivamente a nivel de viveros para producir plantas de aguacate Hass. Actualmente hay unos 13,000 plantas injertadas con yemas de la variedad Hass importadas de Guatemala y República Dominicana, ya se inicio la entrega de injertos de aguacate a productores asistidos por el Proyecto EDA-MCA y el Proyecto USAID/RED a quienes hasta la fecha se les ha entregado 3,323 plantas (16.61 ha) que han sido plantadas en Intibucá y en Marcala La Paz, también a finales de este periodo se inició la compra de unas 30,000 frutas de aguacate criollo las que servirán como patrones para el vivero de 2008 en La Estación Experimental Santa Catarina.

Este proyecto incluye los tres componentes que a continuación se mencionan:

Componente 1. Transferencia de Tecnología para Frutales de Altura.

Componente 2. Transferencia de Tecnología para Hortalizas de Clima Frío.

Componente 3. Investigación y Generación de Tecnología en la Producción de Hortalizas de Clima Frío.

2. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL 2007

1. Componente de transferencia de tecnología para frutales de altura

Este componente tiene como objetivo específico contribuir a mejorar las condiciones de vida de los productores de frutales de clima templado en las zonas altas de Intibucá, La Paz y Lempira, incrementando la producción de frutas en forma sostenible, mediante la transferencia de mejores alternativas tecnológicas para la producción.

La cobertura geográfica de las actividades de este componente comprende 18 municipios en los tres Departamentos. En **Intibucá**: La Esperanza, Intibucá, Masaguara, Otoro, Yamaranguila, San Juan y San Miguelito; en **Lempira**: Erandique, Gualcinse y Piraera, y en **La Paz**: Marcala, Yarula, Santa Elena, Cabañas, Nahuaterique, Santa Ana, Opatoro y Guajiquiro. En todas las comunidades intervenidas se promueve el desarrollo de siete especies de frutales: manzana, durazno, aguacate Hass, membrillo, ciruela, nectarina y pera, por su orden de importancia, respectivamente.

En este periodo le dimos seguimiento a 3 lotes demostrativos de nuevos frutales como ser: uchuva, naranjilla y tomate de árbol como nuevas alternativas de diversificación en la región.

Actualmente el cultivo de uchuva esta siendo promovido y existe gran demanda de esta fruta; respecto al cultivo de naranjilla se está efectuando una investigación de la variedad introducida injertada sobre un patrón criollo (friegaplatos) ya que en el periodo anterior de estudio resultó ser muy susceptible a los nematodos.

Durante el año 2007 se atendieron 926 pequeños productores que cultivan los siete frutales antes mencionados. El 85% de los productores disponen de sistemas de riego por goteo y los

demás utilizan riego por gravedad; cada productor maneja en promedio un área de 600 metros cuadrados, el área total asistida es de 98.18 ha.

La estrategia que se ha utilizado para lograr eficientemente el objetivo propuesto, ha sido el suministro de asistencia técnica en forma grupal, las visitas puntuales a las fincas y la realización de alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas presentes en la zona de influencia del proyecto, entre ellas: DICTA, CARE, FUNDER, INFOP, ESNACIFOR, el Proyecto de Desarrollo de Área (PDA) Yamaranguila II y el PDA Monquecagua, alcaldías de Yamaranguila, Erandique, Marcala y Santa Elena.

Capacitaciones impartidas durante el 2007

Como complemento a las actividades de transferencia de tecnologías, dentro de este componente se ejecutaron diferentes eventos de capacitación, los que se detallan a continuación:

Cuadro 1. Capacitación proporcionada a productores de frutales.

| No. | Evento | Participantes |
|--------------------------|--|---------------|
| 1 | Charla sobre producción de durazno | 42 |
| 2 | Charla producción de aguacate Hass. | 15 |
| 3 | 3 Cursos producción de durazno y manzana. | 186 |
| 4 | 15 Prácticas demostrativas | 265 |
| 5 | 3 cursos sobre producción de aguacate Hass | 80 |
| 6 | 2 cursos sobre producción de uchuva | 70 |
| 7 | 1 curso sobre propagación del aguacate | 25 |
| 8 | 1 curso sobre control fitosanitario en durazno | 33 |
| 9 | 2 días de campo en durazno y manzana | 48 |
| Total capacitados | | 764 |

Un aspecto importante de los servicios prestados a los productores han sido las visitas frecuentes a sus respectivas fincas, lo cual ha contribuido al buen establecimiento de las parcelas de producción y al buen manejo agronómico de las mismas. El Cuadro 2 muestra las visitas realizadas a nivel de finca durante el año 2007.

Cuadro 2. Visitas realizadas a las fincas.

| Cultivo | No. de visitas realizadas |
|------------------------------|---------------------------|
| Manzana | 575 |
| Durazno, nectarina y ciruela | 900 |
| Aguacate Hass | 100 |
| Pera | 50 |
| Membrillo | 75 |
| Total | 1700 |

Durante las visitas de asistencia técnica a las fincas de los agricultores se ha realizado mayor énfasis en trazos, ahoyado, llenado de hoyos, trasplante, podas de despunte, podas de formación, control fitosanitario con productos amigables con el medio ambiente y uso adecuado de agua para riego. En coordinación con CARE y Visión Mundial se han establecido alrededor de 370 pequeños proyectos de riego por goteo, principalmente para el cultivo de manzana y durazno en los tres Departamentos.



Floración en fincas de durazno.
El Pelón, Yamaranguila, Intibucá.



Sistema de riego por goteo en fincas de durazno. El Tablón, Yamaranguila, Intibucá.



Raleo de fruta de durazno en finca.
El Pericón, Intibucá.



Desarrollo del cultivo de uchuva en
Santa Catarina, Intibucá.

Actualmente se atienden 926 pequeños productores en un área de 98.18 ha (140.20 mz) de las cuales este año se cosecharon 27.46 ha (39.21 mz) con 7 cultivos en desarrollo, principalmente: manzana, pera, nectarina, ciruela, membrillo, durazno y aguacate Hass. El área de influencia de este componente comprende 19 municipios de los Departamentos de Intibucá, La Paz y Lempira.

Cuadro 3. Areas atendidas por cultivo.

| Cultivo | Área atendida (ha) |
|----------------|---------------------------|
| Manzana | 27.00 |
| Durazno | 44.89 |
| Aguacate Hass | 7.00 |
| Pera | 1.40 |
| Membrillo | 1.75 |
| Ciruella | 8.07 |
| Nectarina | 8.07 |
| Total | 98.18 |

Publicaciones técnicas

Para complementar la información técnica proporcionada a los productores, se han elaborado y distribuido documentos técnicos que facilitan el aprendizaje del manejo adecuado de los cultivos. Los documentos distribuidos en forma impresa son los que se indican en el cuadro 4. También se ha proporcionado asesoría a los productores para que mejoren los aspectos administrativos de sus respectivas fincas, lo cual permitió que a finales de 2007 se establecieran los registros contables y los costos de producción en los proyectos de 245 productores.

Cuadro 4. Documentos técnicos entregados a los productores.

| Documento | Ejemplares distribuidos |
|---|--------------------------------|
| Guía técnica sobre el cultivo de aguacate Hass en Honduras. | 80 |
| Guía técnica sobre el cultivo de manzana. | 86 |
| Guía técnica sobre el cultivo de durazno. | 100 |
| Guía sobre el cultivo de uchuva. | 70 |
| Total | 336 |

2. Componente de transferencia de tecnología para hortalizas de clima frío

Este componente tiene como objetivo específico contribuir a mejorar las condiciones de vida de los productores de hortalizas de las zonas altas de Intibucá, Lempira y La Paz, incrementando sus ingresos a través de la producción de hortalizas en forma sostenible, mediante la transferencia de mejores alternativas tecnológicas para la producción.

Este componente tiene como área de influencia 11 municipios en los tres Departamentos. En **Intibucá** se trabaja en los municipios de Intibucá, Yamaranguila y San Juan; En **Lempira** se trabaja en el municipio de Erandique siendo esta la zona No.1, mientras que en **La Paz** se han organizado dos zonas, la No.2 que incluye Santa Ana, Guajiquiro y Opatoro, y la zona No.3 que comprende Marcala, Chinacla, Yarula, San José y Santa Elena. En todos estos municipios se

promueven y se desarrollan 22 diferentes cultivos hortícolas de clima frío: brócoli, coliflor, lechuga iceberg, lechuga romana, lechuga escarola, zapallo zuchini, cilantro fino, perejil, cebollina, daikon, remolacha, zanahoria, rábano, repollo común, repollo chino, papa, habichuela, cebolla, tomate, chile dulce, apio y repollo morado, por su orden de importancia. Es de hacer notar que el mayor interés por parte de los productores está en los cultivos de mayor demanda en el mercado: brócoli, coliflor, lechuga, zanahoria, repollo común y remolacha.

Durante el año 2007 se ha brindado asistencia técnica a 348 productores quienes sembraron en forma escalonada 65.17 ha (93.06 mz) de cultivos, en los cuales hay 19 tipos de hortalizas de clima frío y 3 hortalizas de clima cálido: tomate; chile y cebolla. A la fecha, (Diciembre, 2007), se han cosechado 48.45 ha (69.18 mz) y se encuentran en el campo 16.72 ha (23.87 mz).

A los productores se les brinda asistencia técnica en forma grupal e individual, lo que incluye visitas a las fincas y el desarrollo de eventos de capacitación como cursos cortos, seminarios, días de campo, giras de comercialización y el establecimiento de lotes demostrativos a nivel de fincas, para la validación final de las tecnologías evaluadas previamente por el componente de Investigación y Generación de Tecnología del mismo proyecto.

Cuadro 5. Eventos de capacitación realizados durante el 2007.

| No. y tipo de evento | Área temática | Productores capacitados |
|--------------------------|---|-------------------------|
| 15 cursos cortos | Producción de hortalizas de clima frío. | 375 |
| 11 charlas demostrativas | Varios temas. | 80 |
| 3 días de campo | Producción de hortalizas. | 60 |
| Total 22 eventos | | 515 |

Los productores atendidos poseen un área promedio de 7,000 metros cuadrados cada uno, la que cultivan en forma escalonada durante todo el año para hacer la rotación de cultivos y mantener la variedad de rubros. El 60% de los productores de hortalizas cuentan con sistema de riego (gravedad o aspersión) y un 40% cuenta con riego por goteo.

La alianza estratégica con instituciones públicas y privadas que operan en la zona, entre ellas: CARE, VISION MUNDIAL, Centro Regional de Apoyo al Emprendedor (CREE), FUNDER, APRHOFI, Cooperativa Mujeres de la Sierra, Cooperativa Mujeres Unidas para Progresar, FECORA, Institución de Servicios Financieros Empresariales y de Negocios (ISEN), Unión de Trabajadores del Campo (UTC) y DICTA ha permitido la realización de un trabajo más eficiente.

Se han realizado 2,691 visitas a nivel de finca para observar los problemas prioritarios y brindar las recomendaciones necesarias para solucionar los mismos. Se establecieron 30 lotes demostrativos de hortalizas de clima frío (20 lotes en La Paz y 10 lotes en Intibucá) con la finalidad de validar en las parcelas de los productores las innovaciones tecnológicas a ser implementados tanto en la época de invierno como en la época de verano. En estos lotes demostrativos se realizaron en el 2007 un total de 3 días de campo con la participación de 60 productores.

La inversión del proyecto en estos lotes demostrativos fue de L.78,000.00. Hasta finales del año se han cosechado 25 lotes los que han generado L.172,496.00 para los productores.

En cuanto a comercialización se elaboró un plan de siembra en forma escalonada para los productores de hortalizas, que comprende el período de Enero a Junio de 2007, de igual manera se elaboró un plan de siembra de Julio a Diciembre de 2007, con el propósito de abastecer los mercados de San Pedro Sula y Tegucigalpa, en forma constante.

Durante el año 2007 se comercializaron las diferentes hortalizas promovidas por el proyecto a través de las Comercializadoras de APRHOFI, CREE, ISEN y otros intermediarios tanto en Intibucá como en La Paz. El ingreso recibido por los productores durante este año por concepto de comercialización de hortalizas y papa es **L.4,760,270.40 provenientes de las parcelas comerciales establecidas en Intibucá, Lempira y La Paz de un área de 48.45 ha (69.18 mz).**

Se continuó con la capacitación de los productores en el área de administración de empresas agropecuarias, haciendo énfasis en registros contables y de producción, con el propósito de determinar los costos de las diferentes hortalizas tanto en la época seca como la época lluviosa en las diferentes zonas de trabajo. En el tema de recursos naturales y medio ambiente se está promoviendo la siembra de hortalizas de clima frío en curvas a nivel, terrazas individuales y el uso de sistemas de riego por goteo para realizar un mejor uso del recurso agua.



Incorporación de mujeres, como productoras de coliflor. Azacualpa, Yamaraguila, Intibucá.



Incorporación de mujeres, como productoras de hortalizas. Grupo Los Olivos, Yamaranguila, Intibucá.



Cosecha de zanahoria variedad Esperanza F1. Productor Basilio Cruz Pérez. Mogola, Marcala, La Paz.



Parcela de lechuga del productor Santos Olayo. San José, Guajiquiro, La Paz.

3. Componente de investigación y generación de tecnología en la producción de hortalizas de clima frío

Durante el año 2007 se establecieron 13 trabajos de investigación, de los cuales se concluyeron 11. Los trabajos concluidos dan respuestas o nos indican el camino a seguir en aspectos limitantes en la productividad de la zona. Gracias a esto obtuvimos métodos de manejo para mejorar el aspecto químico de los suelos de la zona; encontramos que debemos potenciar la productividad de los cultivos bajo techo para lograr índices de rentabilidad que hagan viable el uso de las estructuras de protección. En el aspecto del control de plagas se logró la primera experiencia en la zona del uso de nematodos entomófagos para control de “gallina ciega” y se retomó el método de la solarización para control de fitopatógenos del suelo. Adicionalmente se pone a disposición de los agricultores información fidedigna respecto al desempeño de nuevas variedades en el mercado en cultivos de brócoli y papa, el desempeño de productos enraizantes para fresa y fungicidas para control de alternaria en papa. A continuación se presentan algunos detalles de los trabajos de investigación realizados.

Efecto de niveles de encalado en tres suelos de la zona alta de Intibucá. La Esperanza, Intibucá. 2007, LAEZA 06-07

Ing. Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Resumen

Entre Junio y Julio de 2007, se evaluó el efecto de 2, 4 y 8 tm/ha de CaCO_3 sobre la composición química de tres suelos representativos de la zona alta de Intibucá, Honduras. A 30 días de la aplicación, la enmienda tuvo solo un leve efecto sobre el cambio en el pH de los suelos (4 a 8 décimas de unidad), pero sí redujo significativamente los niveles de Al^{+3} . La concentración del Mn^{+2} casi no fue afectada por el encalado, mientras que el Calcio se incrementó en 85 ppm/tm.ha⁻¹ de CaCO_3 aplicado y el Magnesio en 19 ppm/tm.ha⁻¹ de CaCO_3 aplicado. Aunque de una forma leve, la concentración del Fósforo (P) tendió a reducirse con el encalado, mientras que el N, K y Fe no se afectaron por la aplicación de la enmienda.

Introducción

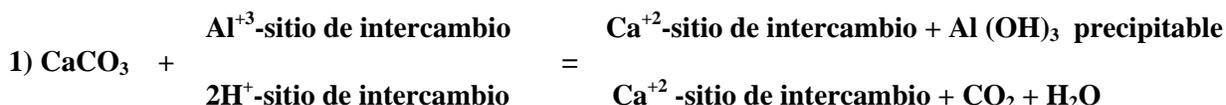
Actualmente la acidez del suelo junto con las toxicidades de Aluminio (Al^{+3}) y Manganese (Mn^{+2}) y baja disponibilidad de Calcio (Ca^{+2}) y Magnesio (Mg^{+2}), es uno de los factores más importantes reduciendo el potencial productivo en los cultivos en la zona alta de Intibucá.

Aunque de forma general se acepta que el daño más importante del Aluminio sobre las plantas es la inhibición del desarrollo radicular, también se mencionan efectos adversos sobre la pared celular, reduce la replicación del ADN, decrece la respiración de raíces, efecto negativo sobre varios procesos metabólicos, además de interferir en la absorción, transporte y uso de varios nutrientes esenciales, especialmente Ca^{+2} , Mg^{+2} , $(\text{HPO})_4^-$ y NO_3^- . (Rout, 2001; Teusscher, 1965; Fassbender, 1994; Vlamis, 1973; Salas, 1996; Donahue, 1988; Gupta, 1973). A diferencia del Aluminio, el Manganese parece afectar más la parte aérea de las plantas y no tanto a las raíces (McGrath y Rorison, 1982). El exceso de Manganese dentro de las plantas afecta varios procesos metabólicos importantes para el adecuado desarrollo en las plantas (El-Jaoual y Cox, 1998).

La acidez y toxicidad por Al^{+3} y Mn^{+2} en suelos es un problema de importancia mundial. Se estima que más del 40% de los suelos del mundo (de los cuales la mayor parte se encuentran en el trópico) son ácidos y en su mayoría con problemas por excesos de Al^{+3} y Mn^{+2} (Vitorello, 2005; Lafitte, 2001). Cuando la concentración de Al^{+3} y Mn^{+2} son altas en suelos, la toxicidad es mas pronunciada a pH menor a 5.8 y es más severo en suelos pobres en Ca^{+2} y Mg^{+2} (Vitorello, 2005; Barber, 1995; Fassbender, 1994; PPI, 1997). Sin embargo y bajo ciertas circunstancias, toxicidades por estos elementos también pueden presentarse a pH mayor. Vitorello (2005) menciona que a pH bajo se presenta toxicidad por las especies solubles de Aluminio: $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})^{+3}$ y los hidróxidos $\text{Al}(\text{OH})^{+2}$ y $\text{Al}(\text{OH})_2^+$. Bajo condiciones de pH neutro o solo ligeramente ácido (pH de 6.5 a 7) la mayor parte del aluminio se encuentra en la forma

insoluble $\text{Al}(\text{OH})_3$; pero cuando el pH alcanza valores alrededor de 7.5, formas solubles como $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ vuelven a aparecer.

En el caso del Manganese y bajo condiciones altamente reductoras, la toxicidad puede presentarse incluso a pH mayor a 7. Varios métodos son propuestos para afrontar el problema. Uno de los que más consistentemente presenta resultados aceptables es el encalado de los suelos (Gupta (1972), Holford (s.a.), Pinochet (2005), Fassbender (1994), Donahue (1977), Hue (2001), Díaz Gómez (1988)). De forma general, el encalado incrementa el pH del suelo y reduce las concentraciones de H^+ , Al^{+3} y Mn^{+2} en solución y sitios de intercambio. El efecto de la aplicación al suelo de CaCO_3 sobre el H^+ y Al^{+3} es explicado mediante las siguientes reacciones (Barber, 1995; PPI, 1997; Donahue, 1988):



En el caso del Mn^{+2} , se espera que al subir el pH (por efecto del encalado) este reaccione con el agua del suelo y se transforme en MnO_2 , forma en la que no es absorbido por las plantas y que se producirá siempre y cuando los suelos no estén bajo una condición deficiente de Oxígeno. Hue y colaboradores (2001) trabajando en Hawaii encontraron que la concentración de Mn^{+2} en suelo se redujo en una proporción de 100 veces por cada unidad de pH incrementado.

No obstante lo anterior, en la zona alta de Intibucá, a pesar de que el encalado se practica regularmente, en la gran mayoría de los casos no se obtiene resultados satisfactorios. El Cuadro 1 muestra como a pesar del encalado previo a la siembra de un cultivo de papa las plantas absorbieron el Mn^{+2} de una forma acelerada y a niveles que llegan a ser dañinos para muchos cultivos (Yost, 2000).

Cuadro 1. Concentración de Manganese en hojas de un cultivo de papa (var. Caesar) crecido en un suelo de la zona alta de Intibucá que tenía 48 ppm Mn^{+2} , 30 días antes de la siembra se aplicó 1.1 tm/ha de cal dolomítica, La Esperanza, Intibucá. 2006.

| Fecha | Mn^{+2} en hojas (ppm) |
|------------------|---------------------------------|
| 07/Febrero/2006* | 254 A** |
| 17 Marzo/2006 | 980 MA |
| 05 Mayo/2006 | 1120 MA |

* 30 días después de siembra

** A = Alto, MA = Muy alto

Consideramos que esta situación se está presentando debido a que no se está aplicando la dosis adecuada de cal, esto a pesar de que las dosis de encalado usadas son obtenidas mediante métodos de laboratorio. Esto no sería raro, pues hasta hoy se sabe que el éxito de los métodos de determinación de encalado variará de acuerdo al lugar, por lo que no pueden ser generalizados, principalmente en el contexto de los suelos del trópico (Fassbender, 1994; Ortiz, 2006).

El método para determinar la dosis de encalado óptima es el punto fundamental. Hay diversos métodos y su efectividad variará de acuerdo al tipo de suelo y condición particular en que se encuentren.

Respecto a esto Fassbender (1994) nos dice que antes los experimentos de encalado de suelos tropicales (de carga variable) se hicieron de acuerdo a modelos desarrollados para zonas templadas (suelos de carga permanente). Sin embargo, los resultados fueron negativos. De acuerdo al mismo autor, el encalado de suelos tropicales da buenos resultados cuando sus dosis se determinan en base a la proporción de Al^{+3} intercambiable y que el nivel de cal necesario para neutralizar el Al^{+3} intercambiable deberá ser multiplicado por dos o tres (factor de encalado). Esto permite un encalado adecuado sin el peligro de llegar a un sobre encalado, algo que se da frecuentemente si se trata de ajustar el pH a valores superiores a 6, como se recomienda normalmente en suelos de regiones templadas.

En congruencia con lo anterior, desde ya hace muchos años investigaciones en el sentido de determinar mejores métodos de determinación de encalamiento para suelos del trópico han sido hechos. Por ejemplo, López de Rojas (1980), trabajando en suelos de Venezuela, encontró que las dosis de encalado estuvieron más acertadas cuando éstas se determinaron mediante el criterio de sumar la cantidad de cal necesaria para neutralizar el Al^{+3} intercambiable más la cantidad de cal necesaria para neutralizar el H^+ .

No obstante, a pesar de todos los conocimientos presentes obtenidos mediante trabajos que sobre este aspecto se han desarrollado en el trópico, y como nos lo dice León (1991), y confirmado recientemente por Ortiz (2006) en un estudio con suelos de Colombia, lo más acertado es que los métodos de trabajo utilizados por los laboratorios estén respaldados por pruebas de campo en suelos de su área de influencia.

Bajo estas circunstancias, hemos desarrollado el presente estudio con los objetivos de: i) encontrar el nivel de encalado adecuado a aplicar en suelos de la zona alta de Intibucá para contrarrestar las toxicidades de Mn^{+2} y Al^{+3} ; ii) determinar el tiempo que tarda la enmienda en lograr el objetivo anterior y iii) encontrar un método de determinación de encalado que se adapte mejor a los tipos de suelo en evaluación y bajo las condiciones climáticas de la zona.

Materiales y métodos

Este trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental Santa Catarina, en la ciudad de La Esperanza, Intibucá, ubicada a 1680 msnm. Datos climáticos de la zona durante el período se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Precipitación y temperatura promedio medidos durante el período de evaluación de niveles de encalado. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Mes | Precipitación (mm) | Temperatura (°C) | | |
|------------|-----------------------|------------------|--------|----------|
| | | Mínima | Máxima | Promedio |
| Junio/2007 | 205.7 | 12.7 | 24.9 | 18.8 |
| Julio/2007 | 159.6 | 12.3 | 23.6 | 17.9 |

El estudio consistió en la aplicación de tres dosis de CaCO₃ (2, 4, y 8 tm/ha) a tres diferentes suelos representativos de la zona, todos con pH bajos y problemas de toxicidades de Al⁺³ y/o Mn⁺². Características de los suelos evaluados se presentan en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Composición química a 20 cm de profundidad de tres suelos representativos de la zona alta de Intibucá. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Lugar | pH | MO % | NT % | P ppm | K ppm | Ca ppm | Mg ppm | S ppm | Fe ppm | Mn ppm | Cu ppm | Zn ppm | B ppm | Al Meq/100 g | CIC Meq/100 g |
|----------------|-----|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------------|---------------|
| El Tabor | 4.8 | 4.96 | 0.25 | 9 | 410 | 530 | 100 | 13 | 10.9 | 52.5 | 1.92 | 1.12 | 0.68 | 1.8 | 38.6 |
| El Pelón | 4.6 | 18.0 | 0.9 | 2 | 72 | 240 | 59 | 1 | 18.6 | 1.3 | 0.24 | 0.26 | 0.96 | 2.15 | 50.4 |
| Santa Catarina | 5.4 | 5.62 | 0.28 | 6 | 307 | 860 | 166 | 9 | 17.4 | 25.2 | 2.52 | 1.6 | 0.2 | 0.80 | 36.0 |

* Nivel crítico del Al⁺³ = 1 meq/100 g.

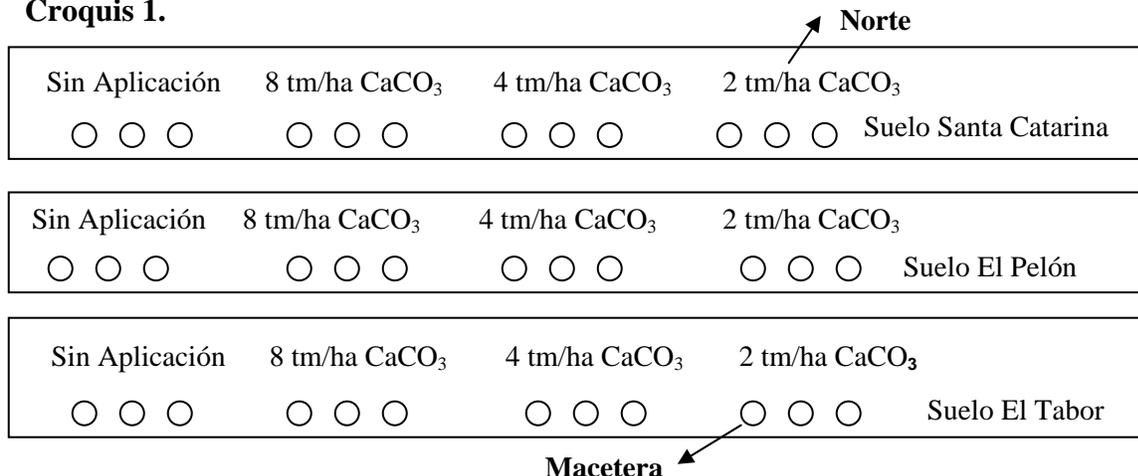
** Nivel crítico del Mn⁺² = 10 ppm

Cuadro 4. Clase textural de tres suelos utilizados en la evaluación de niveles de CaCO₃. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Lugar | Arena (%) | Limo (%) | Arcilla (%) | Clase |
|----------------|-----------|----------|-------------|----------------|
| El Tabor | 38.4 | 32.8 | 28.8 | Fco. Arcilloso |
| El Pelón | 54.4 | 38.8 | 6.8 | Fco. Arcilloso |
| Santa Catarina | 26.8 | 32.4 | 40.8 | Arcilla |

Los diferentes tratamientos de encalado se ordenaron en un DBCA, bloqueando de acuerdo a los diferentes suelos. Cada unidad experimental consistió de tres maceteras de 0.3 x 0.3 x 0.3 m (0.027 m³) cada una. Estas se dispusieron en un campo en tres hileras, cada hilera representado por un mismo suelo. Las maceteras fueron enterradas hasta el nivel del suelo y distanciadas a un metro entre las hilera y a 0.50 m entre maceteras dentro de cada hilera (Croquis 1).

Croquis 1.



Las muestras de suelo de los diferentes lugares fueron obtenidas de los primeros 20 cm de suelo y traídas hacia la Estación Experimental, donde fueron homogenizadas removiéndolas repetidas veces. Una vez aplicada cada dosis de CaCO_3 , el suelo era agitado vigorosamente dentro de un saco de capacidad de 45 kg con el fin de uniformizar la distribución de la cal en el suelo. Ya homogenizado, el suelo tratado era depositado en las respectivas maceteras.

Como fuente de cal se escogió “Nutrical”, ya que además de Ca^+ y Mg^{++} , contiene Azufre (Cuadros 5 y 6). Trabajos anteriores indican que fuentes conteniendo tanto Ca como S son más efectivos que el CaO sólo para reducir los niveles de Mn^{+2} (Hue, 2001). Sin embargo, una macetera adicional por cada suelo fue utilizada para medir el efecto de 4 tm/ha de CaCO_3 utilizando cal dolomítica como fuente de CaCO_3 .

La dosis de cal para lograr los niveles de CaCO_3 deseados se obtuvo relacionando el volumen de suelo de la capa arable a 0.3 m de profundidad, el volumen de suelo por macetera (0.022 m^3), densidad aparente, el PRTN de la cal (Cuadro 7).

Los tratamientos de encalado fueron aplicados el 20 de Junio de 2007. Las maceteras fueron mantenidas a campo abierto, con régimen de humedad suplido por las precipitaciones naturales presentadas en el Cuadro 2.

Cuadro 5. Composición química de una muestra de “Nutrical” utilizada en la evaluación de diferentes niveles de encalado. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Ca | CaCO_3 | Mg | MgCO_3 | SO_4 |
|------------|-----------------|------------|-----------------|---------------|
| 28.76% | 71.83% | 6.21% | 21.54% | 16.54% |
| 965.09 (a) | | 965.09 (a) | | 980.02 |

Método: (AOAC) Official Methods of Analysis 15th. Edition. 1990.
PRNT: 77.39

Cuadro 6. Granulometría de una muestra de la cal agrícola “Nutrical” utilizada en la evaluación de diferentes niveles de encalado. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| No Malla | Tyler Equivalente (mesh) | Abertura (mm) | % Retenido |
|----------|--------------------------|---------------|------------|
| 7 | 7 | 2.80 | 0.28 |
| 20 | 20 | 0.850 | 13.02 |
| 40 | 40 | 0.425 | 12.24 |
| 60 | 60 | 0.250 | 12.34 |
| 100 | 100 | 0.1149 | 17.99 |
| 400 | 400 | 0.038 | 40.99 |
| Fondo | | | 3.14 |

Método: (AOAC) Official Methods of Analysis 15th. Edition. 1990.
PRNT: 77.39

Cuadro 7. Dosis de “Nutrical” aplicados por macetera para lograr los niveles de CaCO₃ evaluados. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Lugar | Tratamiento (tm/ha) | PRTN | Vol. suelo/ macetera (m ³) | da* (kg/m ³) | Nutrical (g/macetera) |
|---------------|---------------------|-------|--|--------------------------|-----------------------|
| El Tabor | 2 | 77.39 | 0.022 | 1350 | 23.4 |
| | 4 | | | | 46.8 |
| | 8 | | | | 93.6 |
| El Pelón | 2 | 77.39 | 0.022 | 1350 | 23.4 |
| | 4 | | | | 46.8 |
| | 8 | | | | 93.6 |
| Sta. Catarina | 2 | 77.39 | 0.022 | 1250 | 23.2 |
| | 4 | | | | 46.4 |
| | 8 | | | | 92.8 |

* da = densidad aparente.

A 30 días después de la aplicación de la cal, se recolectó una muestra de suelo por cada una de las unidades experimentales y se llevaron al laboratorio de suelos de la FHIA, en La Lima, Cortés, para análisis químico. La muestra de suelo de cada unidad experimental consistió de tres submuestras, una por cada macetera (habían tres maceteras por unidad experimental), adecuadamente homogenizadas. Cada submuestra se compuso de tres muestras obtenidas del centro y ambos lados de cada macetera y a profundidad intermedia. Las determinaciones en el laboratorio se hicieron de la siguiente manera: El pH en agua al 2.5:1; P, K, Ca y Mg se determinó mediante NH₄OAc 1 N a pH de 4.8; Fe, Mn, Cu y Zn mediante DTPA pH: 7.3; S y B mediante CaH₄(PO₄)₂ y Al mediante KCl 1 N

Resultados y discusión

El Cuadro 8 muestra la composición química de los tres suelos un mes después de la aplicación de los diferentes niveles de CaCO₃.

1. pH

Consistente con lo encontrado en suelos del trópico, la aplicación de cal tuvo un débil efecto sobre el pH y, a 30 días de la aplicación, solo logró incrementarlo en unas décimas de unidad. La explicación típica a esto es que iones H⁺ están siendo liberados desde los puntos de intercambio a la solución del suelo a medida que éste es neutralizado por el encalado. Esto tiene más sentido si tomamos en cuenta la alta CIC de estos suelos (de 36 a 50 meq/100 g) que proporciona lugar a altos contenidos de H⁺ de reserva.

La respuesta de los suelos a los diferentes niveles de encalado respecto al pH fue variable. El suelo de El Pelón presentó el mayor incremento de pH (0.1 unidades/tm-ha⁻¹ CaCO₃) y su respuesta fue proporcional con las dosis de cal aplicadas (Figura 1). Por el contrario, el incremento del pH en los suelos de Santa Catarina (0.05 unidades/tm-ha⁻¹ CaCO₃) y El Tabor (0.025 unidades/tm-ha⁻¹) no se presentan de una forma congruente con las dosis.

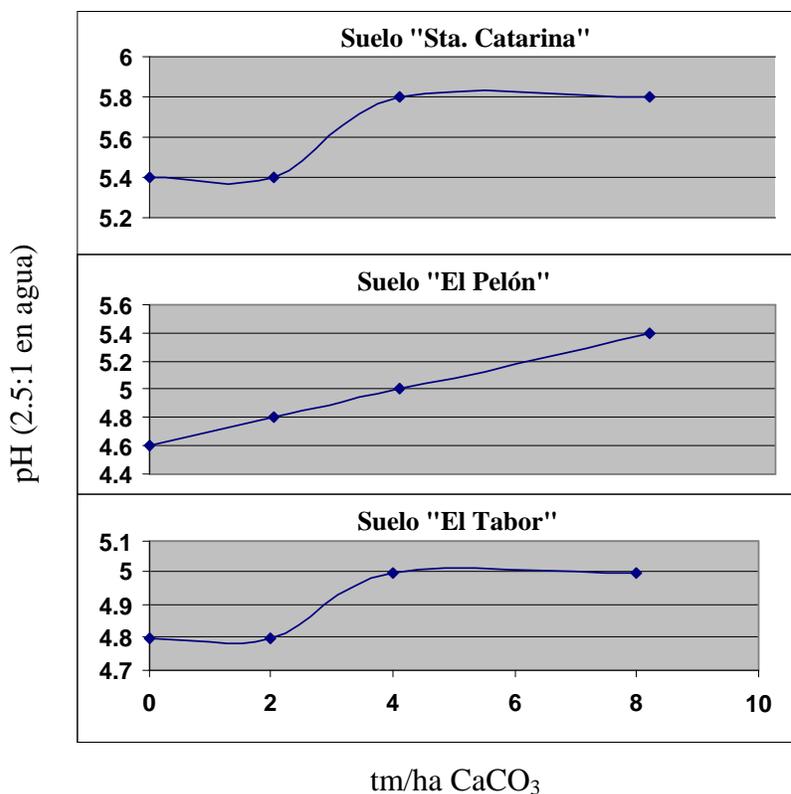


Figura 1. Efecto de diferentes niveles de encalado sobre el pH de tres suelos de la zona alta de Intibucá. La Esperanza, Intibucá, 2007.

No encontramos relación entre los contenidos de M.O., CIC y pH inicial con el movimiento del pH final de los diferentes suelos y el encalado (Cuadro 9). Una posibilidad que explique las diferencias del efecto de la cal sobre el pH entre los suelos es el contenido de arcilla, que al ser significativamente más bajo en el suelo de El Pelón, haya permitido un mejor efecto del encalado en este suelo. Llama la atención el hecho de que el suelo de El Pelón, con alto contenido de M.O. (alrededor de 17%), haya presentado el mayor incremento en pH en comparación a los restantes suelos que tienen mucho menos contenido de M.O. (5%). En términos generales se considera que a mayor concentración de M.O. haya mayor resistencia de los suelos a los cambios generados, en este caso por el encalado. Una explicación a esto podría encontrarse en el hecho que los sitios de intercambio de la M.O. estén saturados de Al y Fe (Ambos elementos altos en estos suelos) lo que limitaría la adsorción de bases generadas por el encalado (Haynes y Mokolobate, 2001).

No se observaron diferencias significativas en el pH al aplicar 4 tm/ha de CaCO₃ ya sea que utilicemos como fuente Nutrical o Dolocal (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de varios niveles de encalado sobre la composición química de tres suelos de la zona alta de Intibucá un mes después de la aplicación. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| | Sta. Catarina | | | | | El Pelón | | | | | El Tabor | | | | |
|--------------|-------------------------|------|------------------|------|-------|-------------------------|------|------|------|-------|-------------------------|-------|------|------|-------|
| | tm/ha CaCO ₃ | | | | | tm/ha CaCO ₃ | | | | | tm/ha CaCO ₃ | | | | |
| | Nut ¹ | Nut | Dol ² | Nut | | Nut | Nut | Dol | Nut | | Nut | Nut | Dol | Nut | |
| | 0 | 2 | 4 | 4 | 8 | 0 | 2 | 4 | 4 | 8 | 0 | 2 | 4 | 4 | 8 |
| pH % | 5.4 | 5.4 | 5.8 | 5.6 | 5.8 | 4.6 | 4.8 | 5 | 5 | 5.4 | 4.8 | 4.8 | 5 | 5 | 5 |
| MO % | 5.62 | 5.55 | 5.75 | 5.59 | 4.67 | 18.0 | 17.5 | 15 | 9 | 17.27 | 4.96 | 4.68 | 4.38 | 4.96 | 4.82 |
| N T % | 0.281 | 0.29 | 0.288 | 0.28 | 0.234 | 0.9 | 0.88 | 0.8 | 0.45 | 0.864 | 0.25 | 0.234 | 0.22 | 0.25 | 0.241 |
| P ppm | 6 | 4 | 5 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 9 | 8 | 7 | 7 | 6 |
| K ppm | 307 | 293 | 304 | 290 | 311 | 72 | 66 | 62 | 58 | 64 | 410 | 306 | 394 | 381 | 372 |
| Ca ppm | 860 | 900 | 1130 | 1150 | 1630 | 240 | 380 | 460 | 430 | 980 | 530 | 730 | 1010 | 790 | 1150 |
| Mg ppm | 166 | 184 | 267 | 224 | 302 | 59 | 94 | 115 | 133 | 205 | 100 | 148 | 182 | 177 | 202 |
| Fe ppm | 17.4 | 18.2 | 18.6 | 17.3 | 17.2 | 18.6 | 23.1 | 21 | 25.8 | 22.7 | 10.9 | 10.3 | 10.1 | 10 | 10.8 |
| Mn ppm | 25.2 | 23.3 | 22.9 | 21.3 | 20.2 | 1.3 | 2.1 | 0.9 | 0.1 | 0.5 | 52.5 | 39.2 | 34.6 | 36.8 | 37.4 |
| S ppm | 9 | 45 | 16 | 57 | 30 | 1 | 36 | 54 | 6 | 54 | 13 | 40 | 55 | 28 | 62 |
| Al meq/100 g | 0.8 | 0.2 | 0.1 | 0.15 | 0.05 | 2.15 | 1.6 | 0.75 | 0.75 | 0.2 | 1.8 | 1.7 | 0.6 | 0.95 | 0.3 |

1. Nutricional

2. Dolocal

Cuadro 9. Contenidos de M.O. arcilla, CIC, pH inicial y el incremento del pH/tm/ha de CaCO₃ aplicado en tres suelos de la zona alta de Intibucá 30 días después del encalado. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Suelo | M.O. (%) | Arcilla (%) | CIC Meq/100 g | pH inicial | Incremento en pH/ tm/ha ⁻¹ CaCO ₃ |
|----------------|----------|-------------|---------------|------------|---|
| El Pelón | 16.8 | 6.8 | 50.4 | 4.6 | 0.1 |
| Santa Catarina | 5.4 | 40.8 | 36.0 | 5.4 | 0.05 |
| El Tabor | 4.8 | 28.8 | 38.6 | 4.8 | 0.025 |

2. Aluminio

El encalado redujo significativamente la concentración de Al⁺³ en todos los suelos (Prob. 0.0091) (Cuadro 8). El análisis de correlación presenta que existe una estrecha relación entre los niveles de CaCO₃ aplicados y la reducción de los niveles de Al⁺³ en los tres suelos (0.79, Santa Catarina; 0.97, El Pelón y 0.92, El Tabor). En el caso de los suelos de El Pelón y El Tabor, cuyos contenidos de Al⁺³ estaban por arriba del nivel crítico (1 meq/100 g, KCl 1 N), 4 tm/ha de CaCO₃ fueron necesarios para reducirlo a niveles aceptables.

El suelo de El Pelón presentó la mayor disminución en el contenido de Al⁺³, 0.29 meq.100 gr.⁻¹/tm.ha⁻¹ CaCO₃, seguido por los restantes suelos con reducciones entre 0.19 y 0.18 meq.100 gr.⁻¹/tm.ha⁻¹ de CaCO₃ aplicado (Cuadro 10). Sin embargo, el efecto de la cal sobre el Al⁺³ no se encontró relacionado con el contenido de materia orgánica, pH inicial, contenido de arcilla, ni concentración de Al⁺³ inicial, como se puede observar en el mismo cuadro. Es posible que en el

caso de El Pelón la combinación de un bajo contenido de arcilla y una mayor concentración inicial de Aluminio se hayan conjugado para hacer que el encalado haya tenido un mayor efecto en la reducción de Al^{+3} .

Cuadro 10. pH inicial, contenidos de materia orgánica (M.O.) y arcilla, concentración de Aluminio inicial y la disminución promedio en el contenido de Al^{+3} (KCl 1N) 30 días después del encalado en tres suelos de la zona alta de Intibucá. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Suelo | pH inicial | M.O. % | Arcilla % | Al inicial meq/100 g | Reducción promedio del $Al^{+3}/tm/ha^{-1} CaCO_3$ (meq/100 g) |
|---------------|------------|--------|-----------|----------------------|--|
| El Pelón | 4.6 | 16.8 | 6.8 | 2.15 | 0.29 |
| Sta. Catarina | 5.4 | 5.4 | 40.8 | 0.8 | 0.19 |
| El Tabor | 4.8 | 4.8 | 28.8 | 1.8 | 0.18 |

Al comparar las recomendaciones de encalado mediante varios métodos y lo observado en este estudio (Cuadro 11), encontramos que el método de Saturación de Bases al 70% fue el que estuvo más alejado de la realidad, al igual que el método de llevar la saturación del Al^{+3} al 10%. El método que más se acercó a lo observado fue la ecuación de Sánchez y Salinas.

Cuadro 11. Niveles de encalado necesario para reducir la concentración del Al^{+3} KCl 1N en suelos de la zona alta de Intibucá determinado por algunos métodos *versus* lo real.

| Suelo | Al inicial ¹ Meq/100 g | Método S.B. 70 % ¹ tm/ha $CaCO_3$ | Método Sat. Al 10 % ² tm/ha $CaCO_3$ | Método de Sánchez ³ tm/ha $CaCO_3$ | Real tm/ha $CaCO_3$ |
|----------|-----------------------------------|--|---|---|---------------------|
| El Pelón | 2.15 | 0.9 | 2.62 | 4.94 | 4 |
| El Tabor | 1.8 | 0 | 1.75 | 2.97 | 3.5 |

1. Saturación de bases al 70 % = $Ca+Mg+K / Ca+Mg+K+Al$

2. Saturación de Al^{+3} al 10 %: $tm/ha CaCO_3 = (1.5 * (Sat. Al^{+3} actual - Sat Al^{+3} al 10\%) * CICE) / 100$

3. Sánchez y Salinas, 1983: $tm/ha de CaCO_3 = Meq de Al^{+3} actual * 1.65$ (si la materia orgánica < 7%)
 $tm/ha de CaCO_3 = Meq de Al^{+3} actual * 2.30$ (si la materia orgánica > 7%)

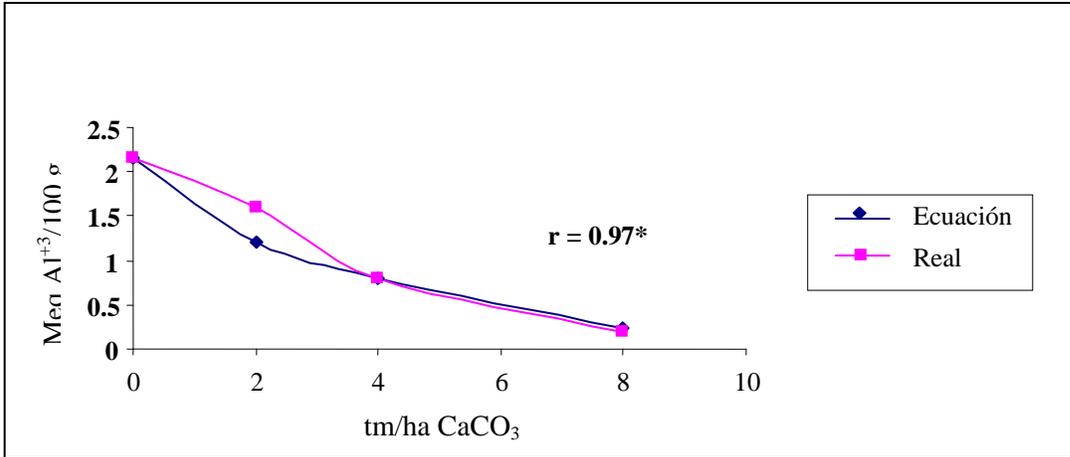
Sin embargo, relacionando los resultados de este estudio se ha encontrado que una ecuación que determina con mayor exactitud el movimiento del Aluminio con relación a la cantidad de cal aplicada en las muestras de suelos evaluados es la siguiente:

$$Meq de Al^{+3} final = Meq de Al^{+3} inicial - (Meq Al^{+3} inicial * Raíz cuadrada de (tm/ha^{-1} CaCO_3/10)).$$

De esto se deriva:

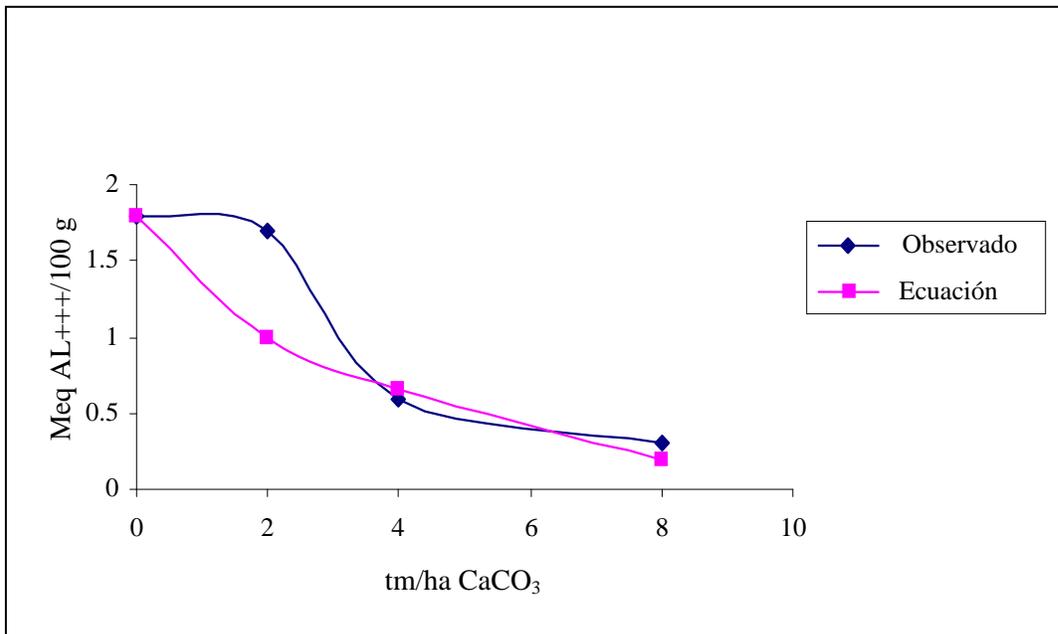
$$tm/ha CaCO_3 = ((Meq Al^{+3} inicial - Meq Al^{+3} final) / Meq Al^{+3} inicial)^2 * 10.$$

Las Figuras 2, 3 y 4 muestran la comparación entre lo observado y la ecuación antes mencionada.



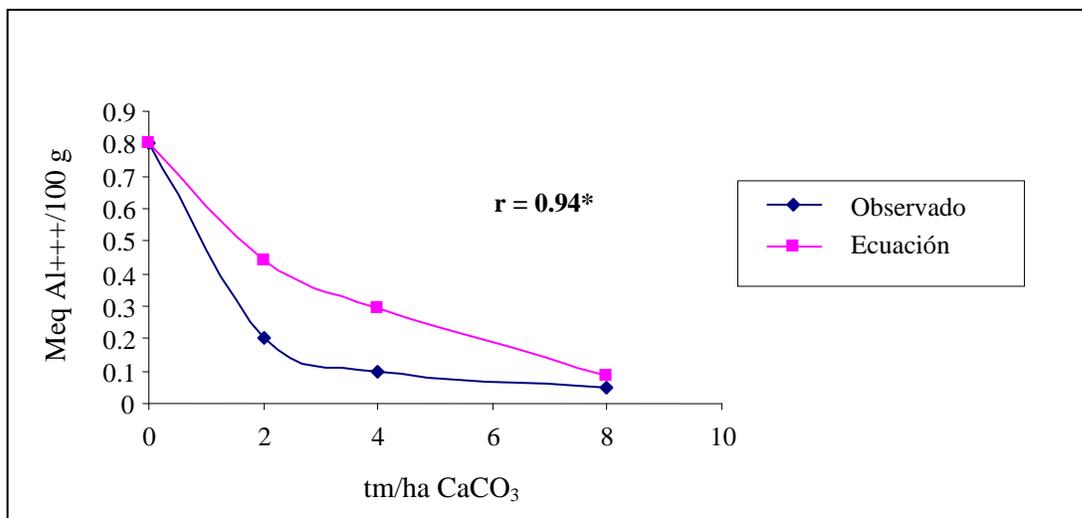
* Grado de relación entre lo observado y la ecuación.

Figura 2. Relación entre la ecuación "meq Al⁺⁺⁺final=meq Al⁺⁺⁺inicial-(meq Al⁺⁺⁺inicial*)(Raíz Cuadrada de tm/ha/10)" y lo observado en el suelo "El Pelón". La Esperanza, Intibucá. 2007.



* Grado de relación entre lo observado y la ecuación.

Figura 3. Relación entre la ecuación "meq Al⁺⁺⁺final=meq Al⁺⁺⁺inicial-meq Al⁺⁺⁺inicial* (Raíz Cuadrada de tm CaCO₃/ha/10)" y lo observado en el suelo "El Tabor". La Esperanza, Intibucá. 2007.



* Grado de relación entre lo observado y la ecuación.

Figura 4. Relación entre la ecuación "meq Al⁺⁺⁺ final=meq Al⁺⁺⁺ inicial-(meq Al⁺⁺⁺ inicial*(raíz cuadrada de tm CaCO₃/ha/10))" y lo observado en el suelo "Santa Catarina". La Esperanza, Intibucá. 2007.

No se observaron diferencias significativas en la reducción de Aluminio al aplicar 4 tm/ha de CaCO₃ ya sea que utilizemos como fuente Nutrical o Dolocal (Cuadro 8).

2. Manganeso

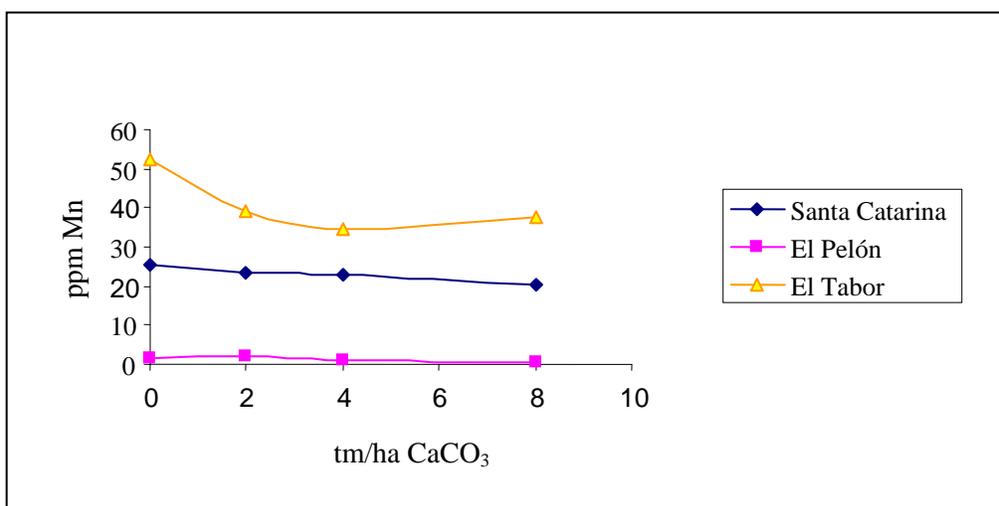
El análisis de varianza para la concentración de Manganeso no detectó diferencias significativas entre aplicar y no aplicar cal en los suelos en evaluación, no obstante que pareciera que sí las hubo (Cuadro 8). El análisis de regresión muestra una muy cercana relación entre el incremento en los niveles de encalado y la disminución del Mn⁺² para el suelo Sta. Catarina, pero no para los restantes suelos (Figura 5).

Es posible que debido al hecho de que esta reducción sea, en el caso de El Pelón y Sta. Catarina, muy leve y en otros casos, como en El Pelón y El Tabor, no muy consistente con respecto a los niveles de encalado, los métodos de análisis no lograron detectar las diferencias. A esto hay que agregar que el diseño experimental usado no tuvo suficientes elementos de precisión (reducido número de grados de libertad del error) que permitieran captar diferencias mínimas (Little y Hill, 1976; Muñoz, 1974).

En general, los datos muestran que la tendencia del Mn⁺² en los suelos es a disminuir en la medida que se incrementan las dosis de encalado. El mayor efecto se obtuvo en el suelo de El Tabor que con 4 tm/ha CaCO₃ se redujo el Mn⁺² de 52.5 a 34.6 ppm. En el caso de Sta. Catarina la reducción fue leve y con la misma cantidad de cal pasó de 25.2 a 22.9 ppm. En El Pelón el contenido de Mn⁺² antes del encalado era muy bajo (1.3 ppm) y con el encalado este se redujo aún más.

Aun así, el efecto del encalado fue reducido y en el caso de los suelos Santa Catarina y El Tabor, que aunque disminuyeron su contenido del Mn^{+2} , al final éste es aun muy alto (nivel crítico 10 ppm DTPA pH: 7.3) como para considerarlos óptimos para ser cultivados. Este resultado es congruente con el reducido efecto del encalado sobre el pH y bajo las condiciones de suelo de la zona alta de Intibucá, la mayoría con excesivos niveles de Mn^{+2} , otras medidas que potencialicen el efecto del encalado o ayuden a inmovilizar el Mn^{+2} deberán ser buscadas y evaluadas.

Sin embargo, hay que considerar el hecho que el incremento de los cationes Ca^{+2} y Mg^{+2} , por el encalado, provocarían un desbalance negativo para el Mn^{+2} en la solución del suelo, lo que limitaría hasta cierto punto su absorción por la planta. Adicionalmente, una mayor absorción de Calcio por la planta podría mitigar el efecto negativo del Mn^{+2} dentro de las plantas (Kinraide, 1998).



* Manganese extraído mediante DTPA pH: 7.3

* *Sta Catarina: $r = 0.98$ (prob. 0.015)

El Pelón : $r = 0.71$ (Prob. 0.285)

El Tabor : $r = 0.69$ (Prob. 0.300)

Figura 5. Efecto de niveles de $CaCO_3$ sobre la concentración de Mn en suelos de la zona alta de Intibucá. La Esperanza, Intibucá. 2007.

Al igual que el Aluminio, no se presentaron diferencias en el movimiento del Mn^{+2} entre la aplicación de 4 tm/ha de $CaCO_3$, ya sea con Nutrical o Dolocal (Cuadro 8).

3. Calcio y Magnesio

Como consecuencia lógica a la aplicación de cal, hubo una alta correlación entre los diferentes niveles de encalado y las concentraciones de Ca^{+2} y Mg^{+2} en los tres suelos evaluados (0.97 en El Pelón, 0.98 en Santa Catarina y 0.96 en El Tabor para Ca^{+2} y 0.99 en El Pelón, 0.95 en Santa Catarina y 0.93 en El Tabor para Mg^{+2}).

Eliminando la concentración de Calcio presentado por el suelo de Santa Catarina con 2 tm/ha de CaCO₃, que nos parece incongruente y posiblemente afectado por algún error en la metodología del estudio; se encontró que, después de los 30 días, los suelos incrementaron el nivel de Ca⁺², en promedio, 85 ppm por cada tm/ha CaCO₃ aplicado. En el caso del Magnesio, este se incrementó en cerca de 19 ppm/tm/ha de CaCO₃ aplicado (Cuadros 12 y 13). Debido a esto, los suelos presentaron incrementos en la CICE y la Saturación de Bases en la medida que se incrementaron los niveles de encalado (Cuadro 14).

Cuadro 12. Relación entre los niveles de CaCO₃/ha aplicados* y la concentración de Ca⁺² en suelo 30 días después del encalado en tres diferentes suelos de la zona alta de Intibucá. La Esperanza, Intibucá. 2007.

| | tm/ha CaCO ₃ Aplicado | | | |
|---|----------------------------------|-------|-------|------|
| | 0 | 2 | 4 | 8 |
| 1. Suelo de Santa Catarina (ppm Ca ⁺² en suelo)** | 860 | 900 | 1130 | 1630 |
| Incremento ppm Ca ⁺² en suelo/tm.ha ⁻¹ CaCO ₃ Aplicado | | 20.0 | 67.5 | 96.3 |
| 2. Suelo de El Pelón (ppm Ca ⁺² en suelo) | 240 | 380 | 460 | 980 |
| Incremento ppm Ca ⁺² en suelo/tm.ha ⁻¹ CaCO ₃ Aplicado | | 70.0 | 55.0 | 92.5 |
| Suelo de El Tabor (ppm Ca ⁺² en suelo) | 530 | 730 | 1010 | 1150 |
| Incremento ppm Ca ⁺² en suelo/tm.ha ⁻¹ CaCO ₃ Aplicado | | 100.0 | 120.0 | 77.5 |

* Como fuente de CaCO₃ se usó Nutrical con un contenido de 28% Ca⁺².

1 kg. CaCO₃ se obtiene con 1.3 kg de Nutrical.

** NH₄OAc 1 N a pH de 4.8

Cuadro 13. Relación entre niveles de Magnesio aplicados y su concentración en suelo 30 días después del encalado en tres diferentes suelos de la zona alta de Intibucá. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| | tm/ha CaCO ₃ Aplicado | | | |
|--|----------------------------------|------|------|------|
| | 0 | 2 | 4 | 8 |
| 1. Suelo de Santa Catarina (ppm Mg ⁺² en suelo) | 166 | 184 | 267 | 302 |
| Incremento ppm Mg ⁺² en suelo/tm.ha ⁻¹ Mg ⁺² Aplicado | | 9.0 | 25.3 | 17.0 |
| 2. Suelo de El Pelón (ppm Mg ⁺² en suelo) | 59 | 94 | 115 | 205 |
| Incremento ppm Mg ⁺² en suelo/tm.ha ⁻¹ Mg ⁺² Aplicado | | 17.5 | 14.0 | 18.3 |
| 3. Suelo de El Tabor (ppm Mg ⁺² en suelo) | 100 | 148 | 182 | 202 |
| Incremento ppm Mg ⁺² en suelo/tm.ha ⁻¹ Mg ⁺² Aplicado | | 24.0 | 20.5 | 12.8 |

* Como fuente de CaCO₃ se usó Nutrical con 6.21% Mg⁺².

1 kg. CaCO₃ se obtiene con 1.3 kg de Nutrical.

** NH₄OAc 1 N a pH de 4.8

Cuadro 14. Efecto de niveles de encalado sobre la CICE (Ca+Mg+K+Al) y la Saturación de Bases (Ca+Mg+K) en tres suelos de la zona alta de Intibucá. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Suelos | tm/ha de CaCO ₃ | | | |
|---------------------------------|----------------------------|-----|-----|------|
| | 0 | 2 | 4 | 8 |
| Santa Catarina. CICE, Meq/100 g | 7.3 | 7.0 | 8.7 | 11.5 |
| Saturación de Bases, % | 89 | 97 | 99 | 99 |
| El Pelón CICE, Meq/100 g | 4.0 | 4.4 | 4.2 | 6.9 |
| Saturación de Bases, % | 46 | 64 | 82 | 97 |
| El Tabor CICE, Meq/100 g | 6.2 | 7.5 | 8.1 | 8.7 |
| Saturación de Bases, % | 71 | 77 | 92 | 96 |

4. Otros nutrientes

En los suelos de Santa Catarina y El Tabor, aunque de una forma leve, el Fósforo tiende a bajar; mientras que en el suelo de El Pelón éste se mantiene (Cuadro 8). Estos resultados se pueden considerar dentro de lo esperado. La realidad es que el efecto del encalado sobre la disponibilidad de fosfatos es muy variable y contrastante en los suelos y hasta hoy parece ser que los factores que afectan esta relación aún no está del todo esclarecido (Haynes, 1982; Curtin, 2001). En los casos donde se presenta reducción en el Fósforo disponible después del encalado, varios mecanismos son mencionados para explicar el fenómeno y va desde la conversión de fosfatos a sustancias menos solubles y precipitables al formar éstos compuestos con el Ca⁺²; cambio a especies de fosfatos con más tendencia a quedarse adherido a las superficies de cambio, como el HPO₄⁻²; o también, como resultado de cambios en la química del Fósforo ocasionados por los métodos de extracción usados en los laboratorios (Haynes, 1982; Dabin, 1980).

El Azufre se incrementó con la aplicación de la cal, aunque la relación entre los niveles de cal y la concentración del S en los suelos es tan errática respecto a las dosis que deja duda sobre la efectividad del método de extracción usado para este elemento [CaH₄(PO₄)₂].

No se presentaron cambios significativos entre encalado y no encalado en lo que respecta a la concentración del N, K y Fe.

Conclusiones

En general, el efecto del encalado sobre el movimiento de los parámetros en evaluación en los suelos de este estudio no parece haber sido afectado por factores atenuantes como contenido de materia orgánica, pH inicial, contenido de arcilla, CIC. Exceptuando el pH, cuyo movimiento respecto al encalado si parece haber sido afectado por el contenido de arcilla en los suelos. Aunque hay que considerar que este estudio no permite ser concluyentes al respecto, ya que no es posible separar las interacciones que seguro se dieron entre estos factores atenuantes.

A 30 días de la aplicación, el encalado tuvo poco efecto sobre el cambio en el pH de los suelos, pero sí redujo significativamente los niveles de Al^{+3} . Consecuente con el leve incremento en el pH de los suelos por el encalado, la concentración del Mn^{+2} se redujo muy poco en relación a lo necesario.

A 30 días del encalado, en promedio, los suelos incrementaron el contenido de Ca^{+2} en 85 ppm/tm/ha⁻¹ de $CaCO_3$ aplicado. En el caso de Mg el incremento fue cerca de 19 ppm/tm/ha⁻¹ de $CaCO_3$ aplicado. Aunque de una forma leve, la concentración del Fósforo tendió a reducirse con el encalado, mientras que el N, K y Fe no se observaron afectados por la aplicación de la enmienda.

Bibliografía

- Barber, S. A. 1995. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. Segunda Edición. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA.
- Curtin, D. y Syers, J. K. Lime-induced changes in indices of soil phosphate availability. SSSAJ. 65:147-152 (2001).
- Dabin, B. 1980. Phosphorus deficiency in tropical soils as a constraint on agricultural output. En: Soil related constraints to good production in the tropics. Colloquium. Pag. 217-232. Office de la Recherché Scientifique et Technique Outre-Mer, France.
- Díaz Gómez, C. 1998. Efecto de la dosis creciente de encalado sobre la producción de seis cultivares de frijol en suelos ácidos del distrito de Pejibaye Pérez Zeledón. Universidad de Costa Rica.
- Donahue, R.L.; Millar, R.W.; Shichluna, J. 1977. Introducción a los suelos y el crecimiento de las plantas. Printice Hall Inc.
- El-Jaoal, T.; Cox, D. A. Manganese toxicity in plants. Journal of Plant Nutrition. Vol. 21, No. 2. 353-386 (1998)
- Fassbender, H.W.; Barnemisza, E. 1994. Química de suelos: con énfasis en suelos de América Latina. 2^{da} edición. IICA. Costa Rica.
- Gupta, U.C.; Macleod, J.A.; Macleod, L.B. 1973. Effects of Aluminum, Manganese, and lime on toxicity symptoms, nutrient composition, and yield of barley grown on a podzol soil. Plant and Soil. Vol. 39, No2, Oct, 1973.
- Haynes, R.J. y Mokolobate, M.S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and mechanisms involved. Nutrient Cycling in Agroecosystems. Vol. 59, No. 1/January, 2001
- Haynes, R. J. Effects of liming on phosphate availability in acid soils: a critical review. Plant and Soil. 68: 289-308 (1982).

- Holford, I.C.R. Effects of lime on yields and phosphate uptake by clover in relation to changes in soil phosphate and related characteristics. Australian Journal of Soil Research. 23(1)75-83.
- Hue, N. V.; Vega, S. y Silva, J. A. Manganese toxicity in Hawaii oxisol affected by soil pH and organic amendments. SSSA. 65:153-160 (2001)
- Kinraide, T. B. 1998. Three mechanisms for the Calcium alleviation of mineral toxicities. Plant Physiology. 118(2):513-520.
- Lafitte, H.R. Estreses abióticos que afectan el maíz. En: Paliwal, R. 2001. El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción. FAO. www.fao.org/DOCREP/003/x7650s12.htm
- León, L. A. Filosofía y conceptos del análisis de suelos. En: Centro Internacional para el desarrollo de fertilizantes (IDFC). 1991. Curso de características y eficiencia de uso de fertilizantes en el trópico. Alabama, USA.
- Little, T. M.; Hill, F. J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas, S. A. de C. V. México.
- López de Rojas. 1980. Respuesta al encalado en suelos oxisoles y ultisoles de Venezuela. Agronomía Tropical 31(1-6):37-57.
- McGrath, S. P. y Rorison, I. H. The influence of nitrogen source on the tolerance of *Holcus lanatus* and *Bromus erectus* to manganese. New Phytologist. Vol. 91(3), 443-452 (1982)
- Muñoz Orozco, A. 1974. Tamaño de la parcela, diseños y uso de los factoriales en la experimentación agrícola. Folleto misceláneo No. 25. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SAG. Chapingo, México.
- Ortiz Escobar, M. E. 2006. Soil Aluminum toxicity in the Colombian coffee growing region: Sources of acidity and methods of determination. 18th World Congress of Soil Science. Pen. USA. www.crops.confex.com/crops/wc2006/techprogram/P17131.htm
- Pinochet, D. Ramírez, F. y Suárez, D. 2005. Evaluación de la calidad agrícola de cuatro enmiendas calcáreas en un suelo ácido derivado de cenizas volcánicas. Agrosur, Vol. 33, No 1, Enero-Junio, 2005.
- PPI (Potash and Phosphate Institute). 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. GA. USA.
- Rout, G. R.; Santamantaray, S. y Das, P. Aluminium toxicity in plants: a review. Agronomie. 21 (2001) 3-21. www.edpsciences.org
- Salas, R. 1996. El aluminio en la relación suelo planta. X Congreso Nacional Agronómico/II Congreso de Suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.

Teuscher, H; Adler, R. 1965. El suelo y su fertilidad. Compañía Editorial Continental S. A. México.

Vlams, J.; Williams, D. Manganese toxicity and marginal chlorosis of lettuce. Plant and Soil. Vol. 39. No 2/Octubre, 1973.

Vitorello; V. A.; Capaldi, F. R. Stefanuto, V. A. Recent advances in Aluminum toxicity and resistance in higher plants. Brazilian Journal of Plant Physiology. Vol. 17, No. 1, 2005

Yost, R.S. 2000. Plant tolerance of low soil pH, soil Aluminum, and soil Manganese. En Silva, J.A. y Uchida, R. Plant nutrient management in Hawaii soils, approaches for tropical and subtropical agriculture.

Efecto de dos enmiendas orgánicas sobre la producción de coliflor en un suelo con concentraciones altas de Al^{+3} y Mn^{+2} . La Esperanza, Intibucá. 2007, LAEZA 06-12

Ing. Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Resumen

De Julio a Diciembre de 2007 se evaluó el efecto de dos tipos de enmiendas sobre la composición química de un suelo ácido y con concentraciones altas de Aluminio y Manganese. De los materiales orgánicos evaluados, solo la gallinaza afectó positivamente los parámetros en evaluación. La gallinaza redujo el nivel de Aluminio en el suelo a niveles aceptables, incrementó significativamente la concentración del Calcio en suelo y hojas y las plantas crecidas en suelo enmendadas con gallinaza presentaron un menor contenido de Manganese en hojas. Además, solo las plantas crecidas en suelo con gallinaza presentaron incrementos significativos en la cantidad y calidad de la cosecha de las plantas de coliflor.

Introducción

Actualmente la acidez del suelo junto con las toxicidades de Aluminio y Manganese son de los factores más importantes limitando la productividad de los suelos de la zona alta del departamento de Intibucá. Las plantas crecidas bajo estas condiciones sufren daño en sus raíces y se entorpecen procesos metabólicos internos necesarios para el buen desempeño de las mismas. Gracias a la importancia que los investigadores alrededor del mundo le han dado al problema en las últimas décadas, algunas opciones de manejo van apareciendo. Llama la atención reportes que mencionan a la materia orgánica como medio para desintoxicar los suelos de los excesos de Aluminio (Shen y Shen, 2001; Haynes y Mokolobate, 2001; Barlett y Riego, 1972).

En este aspecto, se reporta que sustancias generadas durante la descomposición de la materia orgánica, especialmente los ácidos húmicos y fúlvicos, forman compuestos insolubles de Aluminio, liberando a las plantas del efecto tóxico de éste. Además, se ha encontrado que, a corto plazo, el efecto desintoxicador de estos compuestos es superior al $CaCO_3$ (Shen y Shen, 2001).

Pero, por otro lado, también se menciona que ciertas sustancias generadas durante la descomposición de la materia orgánica pueden reducir el MnO en el suelo, incrementando la concentración de Manganese disponible para las plantas y haciendo mayor el problema en los suelos de la zona (Hue y colab. 2001).

El uso de la M O. como medio para mejorar los suelos con toxicidad de Aluminio nos parece una opción adecuada para las condiciones de la zona alta de Intibucá ya que hay acceso a ella y esta enmienda provee beneficios adicionales al sistema de producción. Sin embargo, hasta hoy la mayoría de estos estudios se han llevado a cabo en el laboratorio y más estudios bajo las condiciones de los cultivos en el campo son necesarios. Debido a lo anterior se ha desarrollado el presente estudio el que tuvo como objetivo determinar el efecto de dos

enmiendas orgánicas accesibles a los productores de la zona (gallinaza y ácidos húmicos) sobre un suelo con altos contenidos de Al^{+3} y Mn^{+2} cultivado con coliflor .

Materiales y métodos

El trabajo se desarrollo de Julio a Diciembre de 2007 en la Estación Experimental Santa Catarina ubicada en La Esperanza, Intibucá a 1680 msnm. Datos climáticos durante el período de evaluación se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Precipitación y temperatura promedio medidos en Sta Catarina, La Esperanza, Intibucá durante el período del estudio.

| Mes | Precipitación (mm) | Temperatura (°C) | | |
|------------------|-----------------------|------------------|--------|----------|
| | | Mínima | Máxima | Promedio |
| Julio, 2007 | 159.6 | 12.3 | 23.6 | 17.4 |
| Agosto, 2007 | 195 | 13.6 | 23.8 | 18.7 |
| Septiembre, 2007 | 222.5 | 13.3 | 24.1 | 18.6 |
| Octubre, 2007 | 278.5 | 13.4 | 22.1 | 17.5 |
| Noviembre, 2007 | 25.5 | 10.5 | 22.5 | 16.5 |

El trabajo consistió en comparar el efecto de dos niveles de gallinaza (10 y 20 tm/ha) y dos niveles de ácidos orgánicos (dosis comercial y el doble de la dosis comercial) comparados contra parcelas sin enmienda. Para llevar a cabo el estudio se escogió un suelo arcilloso, alto en Aluminio y Manganeso y reconocido por su bajo potencial productivo. Datos de la composición química del suelo se dan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química de los primeros 20 cm de profundidad del suelo sobre el cual se hizo la evaluación de las enmiendas orgánicas.

| pH | MO % | NT % | P ppm | K ppm | Ca ppm | Mg ppm | Fe ppm | Mn ppm | Cu ppm | Zn ppm | Al Meq/100 g |
|-----|---------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| 5.4 | 3.19 | 0.16 | 1 | 145 | 220 | 60 | 6.9 | 21.1 | 0.58 | 0.44 | 3.44 |

El pH en agua al 2.5:1; P, K, Ca y Mg se determinó mediante NH_4OAc 1 N a pH de 4.8; Fe, Mn, Cu y Zn mediante DTPA pH: 7.3; S y B mediante $CaH_4(PO_4)_2$ y Al mediante KCl 1 N

* Nivel crítico del Al^{+3} = 1 meq/100 g.

** Nivel crítico del Mn^{+2} = 10 ppm

Antes de la aplicación de los tratamientos, el suelo fue preparado mediante un pase de arado y dos pases de rastra. Luego se marcaron las unidades experimentales que consistieron de un rectángulo de terreno de 10 x 2.8 m (28 m²). Las unidades experimentales fueron ordenadas en un DBCA, bloqueado en el sentido de la pendiente.

Una vez marcadas las parcelas experimentales, se aplicaron cuatro repeticiones de los tratamientos 10 y 20 tm/ha de gallinaza (28.12 y 56.25 kg/parcela experimental respectivamente, tomando 1 ha a 20 cm de profundidad), incorporándola inmediatamente con dos pases de rotatiler. En el Cuadro 3 se presenta la composición química de la gallinaza

utilizada. Para evitar el sesgo ocasionada por el pase del rotatiler a las parcelas con gallinaza, todas las demás parcelas también fueron mullidas con dos pases del rotatiler.

Cuadro 3. Propiedades químicas de la gallinaza utilizada en el estudio. Unidades en base a materia seca.

| pH | M.O. | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Mn | Cu | Zn | B |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|------|-----|----|
| | | | % | | | | | | | ppm | | |
| 8.5 | 50.3 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 4.9 | 0.66 | 0.41 | 5147 | 487 | 49.6 | 400 | 31 |

Dos meses después de la aplicación de la gallinaza, se trasplantaron plántulas de coliflor de la variedad Minuteman (Seminis) de 25 días de edad a 0.4 m entre plantas y 0.7 m entre hileras. En cada parcela experimental se establecieron cuatro hileras de plantas con 25 plantas/hilera.

Inmediatamente después del trasplante, se aplicó en chorro dirigido al suelo, sobre cada surco de plantas, cuatro repeticiones de 80 (dosis recomendada por el fabricante) y 160 l/ha de “Bio-Abono CAT-15” (15% de extracto húmico, según el fabricante). El producto se aplicó diluido en agua con una bomba de mochila convencional. Para la dosis 80 l del producto/ha, a cada parcela experimental se le aplicó 18.224 l de solución conteniendo 0.224 l del producto en 18 l de agua y, en el caso de 160 l/ha, a cada parcela experimental se le aplicó 18.448 l de solución conteniendo 0.448 l del producto en 18 l de agua 10 días después del trasplante, las plantas fueron fertilizadas con 18 g/planta del fertilizante compuesto 12-24-12. A los 30 días después del trasplante se hizo una segunda y última fertilización aplicando 18 g/planta de 12-24-12 más 10 g/planta de Nitrato de Potasio.

La mayor parte de las necesidades hídricas de las plantas fueron suplidas por las lluvias, sin embargo, tres horas de riego se daban si pasaba un día sin llover o día de por medio en períodos sin lluvia más prolongados. Para el riego se utilizó cinta con goteros espaciados cada 0.3 m y con una descarga por gotero, según el fabricante, de 1.2 l/hora a 10 psi. Se utilizó una cinta de riego por cada hilera de plantas.

A los dos meses después del trasplante, una semana antes del inicio de la cosecha, se tomaron muestras de hojas para análisis del contenido mineral de las plantas. Para la muestra se tomó, de cada planta dentro de las dos hileras centrales de cada parcela experimental, la hoja más joven totalmente desarrollada. Las muestras de cada una de las cuatro réplicas por tratamiento se juntaron para hacer una sola muestra por tratamiento.

También y al mismo tiempo, se tomaron muestras de suelo para determinar el contenido mineral de las parcelas experimentales. Las muestras de suelo fueron tomadas a 10 cm de profundidad del surco dentro de la hilera de plantas, en los espacios entre plantas y lo suficientemente alejado del punto de aplicación del fertilizante. Se tomaron seis muestras a cada parcela experimental y al igual que con la muestra de hojas, éstas se tomaron de las dos hileras centrales. Las muestras de cada una de las cuatro réplicas por tratamiento se juntaron para hacer una sola muestra por tratamiento.

Durante la cosecha, datos de peso y diámetro de pellas de las plantas de las dos hileras centrales de cada unidad experimental fueron tomados.

Resultados

De las dos enmiendas evaluadas, solo la gallinaza presentó efecto positivo sobre los parámetros de producción y calidad de las plantas de coliflor (Cuadro 4). A mayor cantidad de gallinaza, más producción y mejor apariencia de las pellas de coliflor.

Cuadro 4. Rendimiento, peso y diámetro promedio de pella obtenidos en plantas de coliflor con diferentes tratamientos de enmienda orgánica. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Tratamiento | Primera calidad (tm/ha) | Total (tm/ha) | Peso de pella (g) | Diámetro de pella (cm) |
|----------------------|-------------------------|---------------|-------------------|------------------------|
| 20 tm/ha gallinaza | 6.60 a** | 8.33 a | 277 a | 9.02 a |
| 10 tm/ha gallinaza | 1.74 b | 3.77 b | 146 b | 7.19 b |
| 160 l/ha Cat 15* | 0.33 b | 2.03 bc | 86 c | 5.33 c |
| 80 l/ha Cat 15* | 0 b | 1.52 c | 64 c | 5.12 c |
| Sin enmienda | 0 b | 1.30 c | 48 c | 4.95 c |
| Probabilidad | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| R² | 0.90 | 0.90 | 0.92 | 0.86 |

* "Bio-Abono CAT-15" con 15 % de ácidos húmicos, según el fabricante.

** Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativas.

La gallinaza disminuyó la concentración de Al^{+3} en suelo, siendo 10 tm/ha suficiente para llevarlo a niveles considerados no tóxicos para las plantas; menos de 1 meq/100 g de suelo (Cuadro 5). La aplicación de 80 l/ha de Cat-15 también redujo la concentración del Al^{+3} en el suelo, aunque a un nivel mucho menor que el de la gallinaza y no lo suficiente para llevarlo a niveles no tóxicos.

En el caso del Manganeso en suelo, este tiende a subir con la aplicación de las enmiendas orgánicas. La gallinaza, en ambas concentraciones, duplicó el contenido de Ca^{+2} en el suelo en comparación al suelo sin enmienda. El Cat-15 a 80 l/ha también incrementó el contenido de Ca^{+2} en el suelo, aunque a un nivel menor al de la gallinaza. El pH del suelo tiende a subir con la aplicación de las enmiendas orgánicas y es especialmente contrastante en el tratamiento 20 tm/ha de gallinaza que presenta un incremento de 4 décimas de unidad en comparación a las parcelas sin aplicación de enmienda. En el caso de la materia orgánica y demás nutrientes en suelo, las enmiendas orgánicas tienden a incrementarlos, siendo este incremento más acentuado en las parcelas con 20 tm/ha de gallinaza.

En cuanto al contenido de nutrientes en las hojas de la coliflor, en general y para todos los tratamientos, la concentración de estos estuvo dentro del rango considerado adecuado para los cultivos, no obstante que la tendencia es a subir con la aplicación de las enmiendas orgánicas, especialmente para los tratamientos con gallinaza (Cuadro 6). Sin embargo, llama la atención la reducida concentración del Mn^{+2} en hojas de plantas crecidas en parcelas enmendadas con gallinaza, que es alrededor de la mitad de lo que presentan las parcelas sin aplicación o con Cat-15.

También es contrastante la concentración del Ca^{+2} en hojas, que se presenta mucho más alto en las plantas crecidas en suelo con gallinaza (alrededor del doble) que en plantas sobre suelo sin enmienda o con Cat-15.

Cuadro 5. Composición química del suelo bajo diferentes tratamientos de enmienda orgánica. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| | Gallinaza 20 tm/ha | Gallinaza 10 tm/ha | Bio-Cat 15* 80 l/ha | Sin enmienda |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| pH | 5.8 | 5.4 | 5.6 | 5.4 |
| Materia orgánica % | 4.18 | 3.32 | 3.95 | 3.13 |
| Nitrógeno total % | 0.209 | 0.166 | 0.198 | 0.157 |
| Fósforo ppm | 5.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 |
| Potasio ppm | 217.0 | 238.0 | 190.0 | 168.0 |
| Calcio ppm | 850.0 | 810.0 | 600.0 | 420.0 |
| Magnesio ppm | 143.0 | 160.0 | 140.0 | 130.0 |
| Hierro ppm | 4.1 | 5.4 | 3.2 | 3.3 |
| Manganeso ppm | 14.2 | 17.9 | 12.9 | 9.2 |
| Cobre ppm | 0.42 | 0.46 | 0.28 | 0.24 |
| Zinc ppm | 1.0 | 1.16 | 0.28 | 0.20 |
| Azufre ppm | 24.0 | 17.0 | 10.0 | 15.0 |
| Boro ppm | 0.64 | 0.70 | 0.30 | 0.23 |
| Al Meq/100 g | 0.40 | 0.60 | 1.55 | 2.05 |

* "Bio-Abono CAT-15" con 15% de ácidos húmicos, según el fabricante

** El pH en agua al 2.5:1; P, K, Ca y Mg se determinó mediante NH_4OAc 1 N a pH de 4.8; Fe, Mn, Cu y Zn mediante DTPA pH: 7.3; S y B mediante $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ y Al mediante KCl 1 N

**** Nivel crítico del $\text{Al}^{+3} = 1 \text{ meq}/100 \text{ g}$.

***** Nivel crítico del $\text{Mn}^{+2} = 10 \text{ ppm}$.

Cuadro 6. Contenido mineral de hojas de plantas de coliflor, dos meses después del trasplante, crecidas en suelo tratado con diferentes enmiendas orgánicas. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn | B | S |
|---------------------|---------------------|----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tratamientos | % de materia | | | | | Ppm | | | | | % |
| 20 tm/ha gallinaza | 5.14 | 0.62 | 3.25 | 1.63 | 0.26 | 109 | 94 | 6 | 45 | 16.59 | 1.506 |
| 10 tm/ha gallinaza | 5.91 | 0.58 | 3.12 | 0.99 | 0.27 | 116 | 115 | 6 | 46 | 11.01 | 1.199 |
| 80 l/ha CAT-15* | 5.63 | 0.56 | 2.80 | 0.67 | 0.28 | 103 | 202 | 6 | 38 | 13.61 | 0.827 |
| Sin enmienda | 5.09 | 0.50 | 2.66 | 0.61 | 0.26 | 96 | 190 | 6 | 37 | 12.49 | 0.998 |

* "Bio-Abono CAT-15" con 15% de ácidos húmicos, según el fabricante

** Rango de valores Normales:

| | % | | ppm |
|----|-----------|----|------------|
| N | 4 - 6 | Fe | 60 - 300 |
| P | 0.4 - 0.8 | Mn | 30 - 250 |
| K | 2.5 - 5 | Cu | 4 - 25 |
| Ca | 2-3 - 5 | Zn | 20 - 250 |
| Mg | 2 - 3.5 | B | 30 - 80 |

Discusión

Ya que los análisis de suelo y hojas de plantas se limitaron a una sola muestra por tratamiento (para reducir los costos) y no a uno por cada parcela experimental, no fue posible eliminar el sesgo causado por la variación natural del suelo y tejidos de plantas, ni por los métodos de recolección de muestras y de extracción en el laboratorio sobre los aspectos químicos en evaluación. Debido a esto, no nos es posible hacer conclusiones certeras en algunos de los resultados obtenidos. Por tanto, nos limitaremos a referirnos a los casos en que los resultados son tan contrastantes entre los tratamientos que resulta obvio el efecto de estos y en aquellos donde los resultados se presentan concordantes con los reportados por otros investigadores en trabajos similares.

Respecto a la reducción del Aluminio en el suelo por efecto de las enmiendas orgánicas, este resultado solo confirma una vez más lo encontrado en trabajos similares en otras partes del mundo (Wong y colab.,1995; Whalem y colab., 2000; Shen y Shen, 2001; Mokolobate y Haynes, 2002; Muhrizal y colab., 2003; Oin y Chen, 2005; Naramabuye y Haynes, 2006; Tan y colab.; s.a.). La explicación mas generalizada del fenómeno es que ácidos orgánicos de bajo peso molecular (como los ácidos cítrico, oxálico, succínico, tartárico, húmicos y fúlvicos) liberados de la materia orgánica durante su descomposición, se acomplejan con el Aluminio volviéndolo no disponible para las plantas. Resultados obtenidos por Suthipradit (1990) y Harper (1995) indican que de estos ácidos orgánicos, los húmicos y fúlvicos son los de mayor actividad en la inmovilización del Aluminio.

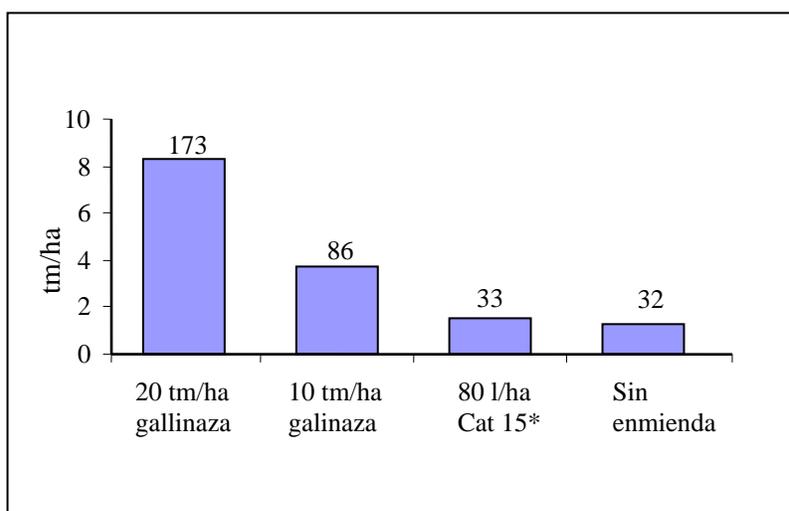
Otro factor relacionado con la insolubilidad del Aluminio en el suelo es el incremento del pH del suelo que normalmente sigue a la aplicación de la materia orgánica (Whalem y colab., 2000; Mokolobate y Haynes, 2002). A pH cercano a seis el Al^{+3} disponible es propenso a formar compuestos con otros elementos volviéndose insoluble para las plantas. La dimensión de este incremento de pH está relacionada con la composición química del material orgánico. Por ejemplo, Mokolobate y Haynes (2001) encontraron que los materiales orgánicos con mayor efecto en el incremento del pH fueron los de mayor contenido de $CaCO_3$, el cual es especialmente alto en los estiércoles de animales o subproductos de la industria de la caña.

También se considera que este incremento del pH esta asociado con la acción directa de los ácidos húmicos liberados durante la descomposición de la materia orgánica, los cuales neutralizan el H^+ presente en la solución del suelo (Mokolobate y Haynes, 2001) y con los procesos de descarboxilación de ácidos orgánicos, reacción que consume un H^+ por cada grupo carboxílico descarboxilado (Yan y colab. 1995; Naramabuye y Haynes, 2006).

Por otro lado, resulta interesante el hecho que las plantas crecidas sobre suelo enmendado con gallinaza presentaran un menor contenido de Manganeseo en hojas, sobre todo porque la gallinaza utilizada tenía un contenido alto de este elemento (Cuadro 3). Este no es un caso aislado, Mokolobate y Haynes (2002) evaluando diferentes materiales orgánicos en parcelas sembradas con maíz en Sudáfrica obtuvieron similar resultado con la gallinaza. Una explicación a esto puede estar, nuevamente, en el incremento del pH del suelo enmendado con la gallinaza. Se ha encontrado que la solubilidad del Manganeseo en el suelo disminuye 100 veces por cada unidad de pH incrementado (Hue y colab. 2001) y que, bajo circunstancias de suelos bien

aireados y concentraciones relativamente bajas del metal, el Manganeseo deja de ser tóxico a pH del suelo de 5.8 a 6 (Gupta y colab. 1973). Esto podría explicar el porque del bajo contenido de Mn^{+2} en tejidos de plantas crecidas en suelo enmendado con de 20 tm/ha de gallinaza (con pH de 5.8), pero no explica el de plantas crecidas en suelo tratado con 10 tm/ha de gallinaza, el cual presentó un pH similar a las de las parcelas sin enmienda (pH de 5.4). Sin embargo, es sabido que el incremento en el pH del suelo enmendado con materiales orgánicos es temporal y después de cierto tiempo (semanas) el mismo se vuelve a reducir (Naramabuye y Haynes, 2007). Podría ser el caso que en el momento de la toma de las muestras (4 meses después de la aplicación de la gallinaza y dos meses después del trasplante del cultivo) el pH viniera en reducción en el suelo con 20 tm/ha de gallinaza y que ya se hubiera reducido totalmente en las parcelas enmendadas con 10 tm/ha.

El suelo enmendado con gallinaza presentó una significativa mayor concentración del Calcio y, acorde con esto, las plantas crecidas en suelo enmendado con gallinaza presentaron un mayor contenido de Calcio en hojas. Esto es especialmente importante para los suelos de la zona ya que los mismos, casi en su totalidad, tienen bajos contenidos de este elemento. Además, parece ser que un mayor contenido de Calcio en tejidos confiere a las plantas una mayor tolerancia al daño causado por los excesos de Manganeseo. Hue y colaboradores (2001) en Hawai encontraron que plantas de soya crecieron mejor cuando en sus hojas la proporción del Ca^{+2} respecto al Mn^{+2} fue igual o mayor a 50. Bajo la metodología de este estudio no es posible determinar el grado de relación entre la respuesta del cultivo y la relación Ca/Mn en tejidos de plantas con un nivel de incertidumbre aceptable; sin embargo, se puede observar en la Figura 1, que la tendencia de los rendimientos es a incrementarse a medida la relación Ca/Mn se incrementa.



* "Bio-Abono CAT-15" con 15% de ácidos húmicos, según el fabricante.

Figura 1. Rendimiento de plantas de coliflor bajo diferentes dosis y tipos de enmienda orgánica al suelo y la relación Ca/Mn en hojas (presentados sobre las barras). La Esperanza, Intibucá. 2007.

No obstante del buen desempeño de las enmiendas orgánicas en mejorar el balance químico del suelo, resulta claro que esto no fue suficiente para obtener una mejor respuesta de las plantas de coliflor. El tratamiento de 10 tm/ha de gallinaza presentó un efecto casi parecido al de 20 tm/ha de gallinaza en el comportamiento de la concentración del Aluminio, Manganeso y Calcio y, sin embargo, la respuesta de las plantas en parcelas con 10 tm/ha de gallinaza fue muy deficiente en términos de rendimiento y calidad de la cosecha. Esto nos indica que la mejora de otros aspectos del suelo fueron necesarios para obtener una mejor respuesta del cultivo y lo cual solo se consiguió con el tratamiento de 20 tm/ha de gallinaza. Por ejemplo, la mejora en aspectos físicos como la porosidad del suelo y en general un mayor contenido de nutrientes son de los aspectos adicionales que tuvieron que marcar la diferencia entre los niveles de gallinaza.

Conclusiones

De los materiales orgánicos evaluados, solo la gallinaza afectó positivamente los parámetros en evaluación.

La gallinaza redujo el nivel de Aluminio en el suelo a niveles aceptables, incrementó significativamente la concentración del Calcio en suelo y hojas y las plantas crecidas en suelo enmendadas con gallinaza presentaron un menor contenido de Manganeso en hojas.

Solo las plantas crecidas en suelo con gallinaza presentaron incrementos significativos en la cantidad y calidad de la cosecha de las plantas de coliflor.

Bibliografía:

Bartlett y Riego. Effect of chelation on the toxicity of aluminum. Plant and Soil. Vol 37, No 2/ Octubre, 1972.

Harper, Edwards y Asher. Effects of organic acid fractions extracted from *Eucalyptus camaldulensis* on root elongation of maize in the presence and absence of aluminum. Plant and Soil. Vol 171, No 1/ abril, 1995. www.springerlink.com/index/j791642526840658.pdf

Haynes y Mokolobate. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residual: a critic review of phenomenon and mechanisms involved. Nutrient Cycling in Agroecosystems. Vol. 59, No 1/enero, 2001

Hue, N.V.; Vega, S. y Silva, J. Manganese toxicity in a Hawaiian oxisol affected by soil pH ad organic amendmets. SSSAJ 65:153-160 (2001)

Mokolobate, M.S. y Haynes, R.J. Comparative liming effect of four organic residues applied to an acid soil. Biol Fertil Soils (2002) 35:79-85

Muhrizal, S.; Shamshuddin, J.; Husni, M. H. A.; y Fauziah, I. Alleviation of Aluminum toxicity in an acid sulfate soil in Malaysia using organic materials. Commun. Soil Science plant anal. Vol. 34. Pag. 2993-3011 (2003)

- Naramabuye, F.X. y Haynes, R.J. Effect of organic amendments on soil pH and Al solubility and use of laboratory indices to predict their liming effect. *Soil Science*. 171(10):754- 763, Oct. 2006.
- Naramabuye, F.X. y Haynes, R.J. The liming effect of five organic manures when incubated with an acid soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. Vol. 170, Issue 5, Pag. 615-622 (2007).
- Qin, R. y Chen, F. Amelioration of aluminum toxicity in red soil through use barnyard and green manure. *Communications in Soil Science end Plant Analysis*. 2005, vol. 36; No 13-14. www.cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=16965318
- Shen y Shen. Effects of pig manure and wheat straw on growth of mung bean seedlings grown in aluminum toxicity soil. *Bioresour Technol*. 2001. feb; 76(3):235-40
- Suthipradit, Edwards y Asher. Affects of aluminum on tap-root elongation of soybean, cowpea and green gram grows in the presence of organic acids. *Plant and Soil*. Vol 124, No 2/ Junio, 1990.
- Tang, Y.; Zhang H.; Schoder, J.L.; Payton, M.E. y Zhou, D. Animal manure reduces aluminum toxicity in an acid soil. *Soil Science Journal* 71(6):1699.
- Whalem, J.K.; Chang, C.; Clayton, G.W.; Carefoot, J.P. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soil. *SSSAJ*. 64:962-966 (2000)
- Wong, Akyeampong, Nortcliff, Rao y Swift. Initial responses of maize and beans to decreased concentrations of monomeric inorganic aluminum with application of manure or tree prunings to an Oxisol in Burundi. *Plant and Soil*. Vol 171, No 2/ abril, 1995.
- Yan, F.; Schuber, S. y Mengel, C. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. *Soil Biogical and Biochemistry*. Vol. 28, Abril – Mayo, 1996.

Evaluación de la producción de tomate bajo techo durante la época seca en la zona alta de Intibucá, 2007, LA EZA 06-03

Ing. Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Resumen

De Septiembre de 2006 a Marzo de 2007 se evaluó, en la zona alta de Intibucá (1680 msnm), el efecto sobre la producción de cultivar sunpride de tomate bajo techo. Para esto, se comparó un lote de plantas crecidas al aire libre con un lote de plantas crecidas bajo un invernadero. El invernadero consistió de un macro túnel de 5 m de ancho, 30 m de largo y 3 m en la parte más alta; con plástico uv de 4 milésimos de grosor en el techo y sarán en las paredes.

Las plantas protegidas produjeron 70% (108 tm/ha) más rendimiento total en comparación a las plantas al aire libre (65.1 tm/ha). De esto, las plantas bajo techo produjeron 37% más frutos de primera calidad (64.9 tm/ha). Las diferencias en rendimiento se debió al daño provocado por la alta infección, en follaje y frutos, del tizón tardío (*Phytophthora infestan*) y a un menor número de frutos producidos en las plantas al aire libre.

Introducción

El cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum*) en Honduras está experimentando la necesidad de ampliar aun más el número de zonas productoras dedicadas a esta hortaliza. Durante muchos años, se ha estado produciendo dicho cultivo en zonas relativamente bajas (500-800 msnm) en donde los problemas de virosis, transmitida por mosca blanca, ha ejercido una fuerte presión sobre el cultivo, poniendo en riesgo su continuidad en estas zonas.

Las zonas altas podrían representar una alternativa, ya que, por la condición de bajas temperaturas, se espera una escasa o menor presencia de la mosca blanca, especialmente *Bemisia tabaci*. Sin embargo, y debido a las mismas bajas temperaturas de estos lugares, es predecible que las temperaturas no serán las idóneas para un cultivo cuyos híbridos y variedades usados actualmente han sido desarrollados para condiciones de clima caliente. Una alternativa a corto plazo para esta situación es el uso de invernaderos, los cuales se espera provean al cultivo de una condición climática más benigna.

No obstante del obvio resultado, es necesario evaluar experimentalmente el uso de esta tecnología, mas que todo, con el objetivo de determinar la viabilidad económica del cultivo bajo esta situación.

Materiales y métodos

El presente estudio fue llevado a cabo en la Estación Experimental Santa Catarina, ubicada a 1680 msnm en La Esperanza, Intibucá, Honduras durante los meses de Septiembre de 2006 a

Marzo de 2007. En el Cuadro 1 se presentan datos climáticos del lugar durante el período de estudio.

Cuadro 1. Precipitación y temperatura promedio medidos durante el período de evaluación de la producción de tomate bajo techo. Estación Experimental Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá. Honduras, 2007.

| Mes | Precipitación (mm) | Temperatura promedio (°C) |
|----------------|--------------------|---------------------------|
| Octubre/2006 | 208 | 18.9 |
| Noviembre/2006 | 42 | 16.4 |
| Diciembre/2006 | 64 | 15.3 |
| Enero/2007 | 1.7 | 15.6 |
| Febrero/2007 | 5.6 | 15.7 |
| Marzo/2007 | 2.8 | 16.6 |

El 20 de Septiembre de 2006, plántulas de la variedad Sunpride fueron trasplantadas sobre un suelo arcilloso, en camas (eras o bancos) de 0.25 m de altura, 0.7 m de ancho y 0.3 m entre cama y cama. En el centro de cada cama se estableció una hilera de plantas distanciadas a 0.4 m, lo que hizo una densidad de siembra de 25,000 plantas/ha.

La fertilización consistió en la aplicación manual, durante el período del cultivo, de 250-260-350 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O. Se aplicó todo el P y la mitad del N y K a los 10 días después del trasplante (ddt). El resto del N y K se aplicó a los 2, 3 y 4 meses ddt. Un mes, previo al trasplante, se aplicó cal dolomítica en dosis de 0.5 lb/m².

El riego se hizo por goteo, aplicándolo de acuerdo a la necesidad. En el período seco, se obtenía un adecuado grado de humedad aplicando alrededor de tres horas de riego día de por medio. Se utilizaron cintas de 16 mm de diámetro, con goteros separados cada 30 cm y, según el fabricante, con capacidad de descargar 1.2 l/hora/gotero. Respecto al manejo fitosanitario, se hicieron aplicaciones al follaje de Thiodan (endosulfan) y Actara (tiametoxan) para control de la mosca blanca (no esta claro que especie) y áfidos; aplicaciones al suelo y follaje de Vidate (oxamil) para el control de nemátodos; aplicaciones al follaje de Fore (mancozeb), Knick (clorotalonil), Curzate (cymoxamil) Captan y Rovral (iprodione) para el control de tizón tardío (*P. infestans*) y moho gris (*B. cinerea*). El control de malezas se hizo de forma manual, utilizando azadón.

Las plantas protegidas se establecieron bajo un guarda lluvias, tipo macro túnel, de 30 m de largo, 5 m de ancho (150 m²) y 3 m de altura en la parte más alta. El techo se cubrió con plástico uv, de 4 milésimas de grosor. Los laterales se cubrieron con sarán negro con aberturas de alrededor de 2.5 x 2.5 mm. A la par del guarda lluvias, se establecieron las plantas sin protección, al aire libre, a dimensiones similares a las plantas protegidas (150 m²).

Para la toma de datos, en cada uno de los dos lotes (con y sin protección), se establecieron cinco unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió de 15 metros de hilera (37

plantas). Las unidades experimentales se ordenaron como “parcelas apareadas”, donde, a cada unidad experimental de plantas protegidas, se comparó con otra similar (en cuanto a desarrollo y daño de plagas) de plantas sin protección. El análisis de los datos se hizo mediante la prueba de “t” para muestras apareadas.

Resultados y discusión

En ambas parcelas, los primeros botones florales aparecieron 30 ddt y la cosecha comenzó 100 ddt y se prolongó por 3 meses.

Hubo un considerable efecto positivo de producir tomate bajo techo en comparación a la producción al aire libre. Las plantas bajo techo produjeron cerca de un 67% más rendimiento total, 37% más en frutos de primera calidad y más del doble en frutos de segunda calidad (Cuadro 2). No se presentaron diferencias en cuanto al peso promedio de frutos que fue de 138 gr en promedio.

Cuadro 2. Rendimientos obtenidos en la evaluación de la producción de tomate bajo techo (var. Sunpride) en la época seca en la zona alta de Intibucá. 1680 msnm, 2007.

| Tratamiento | Rendimiento (tm/ha) | | | Peso de fruto (g) |
|-------------------------|---------------------|-----------------|--------------|-------------------|
| | Primera calidad | Segunda calidad | Total | |
| Dentro | 64.9 a* | 35.5 a | 108.7 a | 127 a |
| Afuera | 47.2 b | 15.4 b | 65.1 b | 149 a |
| Sig. Prueba de t | 0.043 | 0.007 | 0.026 | ns |

* Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativas (p<0.05).

La producción de frutos en plantas al aire libre fue afectado básicamente por dos factores, por un lado, hubo una menor cantidad de frutos totales en comparación a las plantas crecidas bajo techo (Cuadro 3) y, por otro, una gran cantidad de la producción fue afectada por el hongo *Phytophthora* sp. (Cuadro 4).

Cuadro 3. Numero de frutos totales en la evaluación de la producción de tomate bajo techo (var. Sunpride) en la época seca en la zona alta de Intibucá. 1680 msnm. 2007.

| Tratamiento | Número total de frutos/15 m ² * |
|-------------------------|--|
| Dentro | 1,298 a** |
| Afuera | 887 b |
| Sig. Prueba de t | 0.013 |

* Incluye los frutos dañados por plagas y enfermedades.

** Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativas (p<0.05).

Cuadro 4. Efecto de enfermedades y plagas sobre frutos de tomate producidos bajo techo en la época seca en la zona alta de Intibucá. 1680 msnm, 2007.

| Tratamiento | <i>Phytophthora</i> sp. (%) | <i>Botrytis</i> sp. (%) | Larvas de Lepidóptera (%) |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Dentro | 0.03 a* | 0.6 a | 0.32 a |
| Fuera | 15.55 b | 0.3 b | 1.04 b |
| Sig. Prueba de t | 0.001 | 0.007 | 0.008 |

* Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativas (p<0.05)

No se contabilizaron las flores, pero es posible que el menor número de frutos, en plantas al aire libre, se deba a una menor apertura de flores; esto debido a las relativamente bajas temperaturas imperantes durante el período de producción del cultivo (Diciembre a Marzo). En el Cuadro 5 se puede observar que las temperaturas mínimas (noche y madrugada) en el aire, en el período en que las plantas estuvieron en floración y producción, estuvieron entre 7 y 12 °C promedio mensual. Es un hecho conocido que a temperaturas nocturnas debajo de 13 a 15 °C se reduce la cantidad de flores que llegan a abrir (Menéndez do Santos, 1992; Biamontes y otros, 1988, Folquer, 1975; Jones 2001). Estos autores coinciden en que, para que haya un buen desarrollo y producción de frutos, las temperaturas nocturnas deben oscilar entre 15 y 22 °C. Aunque no fue posible medir las temperaturas en el interior del invernadero, seguramente estas estuvieron por encima de la temperatura al aire libre.

Cuadro 5. Datos de temperatura medidos en La Estación Experimental Santa Catarina en La Esperanza, Intibucá. 1680 msnm durante la evaluación de la producción de tomate bajo techo, 2007.

| Mes | Temperatura (°C) | | |
|----------------|------------------|--------|----------|
| | Mínima | Máxima | Promedio |
| Octubre/2006 | 14.4 | 23.4 | 18.9 |
| Noviembre/2006 | 12.3 | 20.5 | 16.4 |
| Diciembre/2006 | 12.6 | 17.9 | 15.2 |
| Enero/2007 | 9.9 | 21.3 | 15.6 |
| Febrero/2007 | 6.7 | 24.8 | 15.7 |
| Marzo/2007 | 9.2 | 24.0 | 16.6 |

También fue notoria la susceptibilidad de este cultivar a la infección por *Phytophthora* sp. Esto fue observado durante todo el ciclo del cultivo en las plantas cultivadas al aire libre, tanto en el follaje como en los frutos. Esto debido a la condición climática de la zona, donde perdura la alta humedad relativa (cerca del 100% durante la noche) que, junto con las bajas temperaturas, proveen de la condición ideal para que se de la infección por *Phytophthora* sp. El Dr. Agrios (1989) menciona que *Phytophthora* sp. muestra una mayor esporulación a temperaturas entre 16 y 22 °C y humedad relativa cercana o igual a 100%. La germinación de los esporangios solo se dará cuando hay rocío o humedad sobre la parte aérea de la planta y dentro del rango de temperatura de 10 a 15 °C y la penetración se producirá a temperaturas entre 15 y 25 °C.

De acuerdo a esto, con solo proteger las plantas del rocío es suficiente para detener la infección de *Phytophthora* sp. como lo demuestra el hecho de que, en las plantas protegidas, la infección de este hongo fue prácticamente nula, tanto en follaje como en frutos. Aunque en general la infección de frutos por *Botrytis* sp. fue baja, hubo mayor incidencia en plantas crecidas bajo techo, 0.6 % del total de frutos producidos, que en las plantas crecidas al aire libre, 0.3 % del total de frutos producidos.

En cuanto al porcentaje de frutos afectados por gusanos lepidópteros, se presentó mayor daño en las plantas crecidas afuera, 1.04%, que en las plantas crecidas adentro, 0.32 %. También hay que mencionar que hubo presencia de la mosca blanca en altas poblaciones, sin embargo, esta especie difiere morfológicamente con *Bemisia tabaci* y, por otro lado, no se observó síntomas de virosis en las plantas en estudio.

Rentabilidad

A pesar de que se obtuvo una mayor producción bajo techo, las plantas al aire libre produjeron más rentablemente. En el análisis económico, presentado en el Cuadro 6, se puede observar que las plantas al aire libre produjeron a una rentabilidad del 158%; casi el doble de la rentabilidad obtenida en plantas bajo techo, 85%. El factor que afectó la rentabilidad de la producción bajo techo fue el costo de estructura de protección (L. 114.00/m²).

Por lo tanto, estos datos indican que, bajo las condiciones climáticas en que se desarrolló este estudio (época seca), resulta mejor producir al aire libre. Sin embargo, hay que mencionar que durante este período suelen ocurrir heladas y granizadas, que casualmente no ocurrieron durante el período del estudio, y que en un momento podrían destruir todo el cultivo. Esto es un importantísimo factor de riesgo en las zonas altas. Entonces podemos decir que, para plantaciones que se cosecharán en la época seca (Noviembre a Junio) y en lugares sin antecedentes de heladas ni granizadas, es mejor producir el tomate al aire libre. Caso contrario, se deberá usar el techo.

Cuadro 6. Análisis económico de la producción de tomate bajo techo en la zona alta de Intibucá, 2007.

| Aspecto | Con techo | Sin techo |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| | (L/ha) | |
| Egresos | | |
| Costo de producción | 140,000.00 | 140,000.00 |
| Costo guarda lluvias* | 142,500.00 | 0.00 |
| Total | 282,500.00 | 140,000.00 |
| Ingresos | | |
| Fruta primera (L. 7.00./kg) | 454,300.00 | 330,400.00 |
| Fruta de segunda (L. 2.00/kg) | 71,000.00 | 30,800.00 |
| Total | 525,300.00 | 361,200.00 |
| Ingreso neto | 242,800.00 | 221,200.00 |
| Rentabilidad (%) | 85 | 158 |

* US\$ 6.00/m², depreciado en 4 años. 2 ciclos/año = 8 ciclos durante la vida útil del guarda lluvias.
US\$ 1.00 = L. 19.00.

Conclusión

Las plantas bajo techo produjeron cerca de 70% más frutos que las plantas al aire libre, sin embargo y debido al costo del guarda lluvias, las plantas al aire libre presentaron casi el doble de rentabilidad que las plantas bajo techo.

Bibliografía

Agrios. George. 1989. Fitopatología. Editorial Limusa. México. p. 255.

Biamonte, p. y otros. 1988. Olericultura. EUNED. San José, Costa Rica.

Folquer, F. 1975. El Tomate: Estudio de la planta y su producción comercial. Editorial Hemisferio Sur. Argentina.

Jones, J.B. y otros. 2001. Plagas y Enfermedades del Tomate. Ediciones Mundi-Prensa. España.

Menéndez do Santos, J. R. Producción de tomate en América Latina y el Caribe. En “Producción, Poscosecha, Procesamiento y Comercialización de Ajo, Cebolla y Tomate”. J. Izquierdo, G. Paltrinieri y C. Iriaz. FAO. Chile, 1992.

Viabilidad económica de la producción de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie) en época de lluvias bajo microtúneles en la zona alta de Intibucá. 2007, LAEZA 07-02

Ing. Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Resumen

Durante la época de lluvias del 2007 (Junio a Noviembre) se llevó a cabo un estudio para determinar la factibilidad económica de producir fresas con plantas protegidas de la lluvia mediante microtúneles.

El uso del microtúnel redujo notablemente la cantidad de frutos dañados por hongos, sin embargo y debido al alto costo de la estructura, la rentabilidad de la producción en plantas protegidas resultó mucho menor que las plantas sin protección.

Introducción

Actualmente casi la totalidad de las plantaciones de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie) que se siembran en la zona alta de Intibucá son para producción en época seca (Diciembre a Mayo). Por tanto hay casi un total desabastecimiento del producto en la época de lluvias (Junio a Noviembre). Ya existen alternativas para producir fresa en esta época. La FHIA desarrolló un tipo de guarda lluvias tipo macro túnel que podría ser utilizado con éxito (Informe técnico FHIA-La Eza, 2000), pero para los productores el costo actual de éste (alrededor de US\$ 6.00/m²) resulta aun inaccesible.

Tratando de encontrar alternativas para los productores, creemos que el uso de microtúneles podría ser una opción económicamente más viable. Los microtúneles consisten de arcos de hierro, con alturas entre 0.5 a 0.7 m, puestos a través de las hilera de plantas y sobre los cuales se extiende una lámina de polietileno transparente la cual viene a proteger el cultivo de algunas condiciones climáticas extremas, como bajas temperaturas y excesivas lluvias. En muchas partes del mundo esta estructura es utilizada para proteger la fresa y otras hortalizas, como una alternativa más barata a los invernaderos y guardalluvias. Sin embargo, consideramos que bajo las condiciones de intensas lluvias imperantes en la época en la zona, el sistema podría tener algunos inconvenientes, principalmente los causados por la salpicadura de las gotas de lluvia en la parte inferior de los bordos del microtúnel que causaría que los frutos y partes de las plantas en los bordes se humedezcan y salpiquen de tierra. También y dada la limitada cobertura de protección del sistema, se pueden dar encharcamientos en los espacios entre hileras o camas de siembra que no quedan protegidos lo que crearía condiciones apropiadas para la multiplicación de hongos fitopatógenos, además de dificultarse las labores de cultivo. Por otro lado, el uso de este sistema conlleva un incremento en el número de jornales para su manejo (tapar y destapar los túneles). No obstante, será necesaria la evaluación científica para determinar objetivamente hasta que punto el uso de esta técnica resulta apropiada para el cultivo en la zona.

Materiales y métodos

El experimento consistió en comparar parámetros de producción y calidad de plantas de fresa en parcelas protegidas de la lluvia mediante microtúneles *vs.* parcelas sin protección. Este se estableció en la Estación Experimental Santa Catarina ubicada en La Esperanza, Intibucá a 1680 msnm. Datos climáticos de la zona durante el período de producción del cultivo (Agosto a Octubre) se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Precipitación y temperatura promedio medidos en Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá de Julio a Octubre de 2007.

| Mes | Precipitación (mm) | Temperatura (°C) | | |
|-----------------|-----------------------|------------------|--------|----------|
| | | Mínima | Máxima | Promedio |
| Julio/2007 | 159.6 | 12.3 | 23.6 | 17.4 |
| Agosto/2007 | 195 | 13.6 | 23.8 | 18.7 |
| Septiembre/2007 | 222.5 | 13.3 | 24.1 | 18.6 |
| Octubre/2007 | 278.5 | 13.4 | 22.1 | 17.5 |

El estudio fue llevado a cabo sobre plantas de fresa de la variedad Sweet Charlie, previamente desinfectadas por sumersión en agua caliente a 43 °C/30 minutos, sembradas en el mes de Febrero de 2007 sobre un suelo arcilloso. Previo a la siembra, se aplicaron enmiendas consistentes en cal dolomítica en una dosis de 0.5 lb/m² y gallinaza en dosis de 0.7 lb/m². Posteriormente el suelo fue preparado mediante un pase de arado y tres pases de rastra. Las plantas fueron sembradas a doble hilera a 0.3 m entre plantas y 0.4 m entre hilera sobre camas o eras o tabloncillos de 0.7 m de ancho y 0.3 m entre camas para una densidad de unas 66,666 plantas/ha. Polietileno negro de una milésima de grosor fue utilizado como cobertura del suelo.

La fertilización consistió en la aplicación de 250-250-250 kg/ha de N-P₂O₅ y K₂O respectivamente, aplicando todo el P, mitad del N y K en banda al centro de las camas al momento de la siembra. El resto del N se aplicó a través del riego en dosis semanales por cinco meses partiendo del segundo mes después de la siembra. El resto del K se aplicó, también a través del riego, a intervalos semanales durante el período de cosecha, comenzando a partir del quinto mes después de la siembra. Como fuentes se utilizó 12-24-12, Nitrato de Calcio y Cloruro de Potasio.

Durante el período seco los riegos se hicieron por tres horas todos los lunes, miércoles y viernes de cada semana. Para el riego se utilizó cinta con goteros espaciados cada 0.3 m y con una descarga por gotero, según el fabricante, de 1.2 l/hora a 10 psi. Se utilizó una cinta de riego al centro de cada cama. Se hicieron seis aplicaciones de acaricidas durante el periodo, cuatro con Thiodan (endosulfan) en dosis de 4 ml/l y dos con Danitol (denprothrin) en dosis de 1.4 ml/l, con el objetivo de controlar el ácaro ciclamino *Poliphagotarsonemus latus*. Durante el período de cosecha (dos meses) se hicieron dos aplicaciones de fungicida, una con Captan (captan) en dosis de 2.25 g/l y otra con Benlate (benomil) en dosis de 0.5 g/l. A mediados de Junio se hizo una aplicación manual de 30 kg/ha de Thimet (forato) para el control de la gallina ciega (*Phyllophaga obsoleta*).

Las parcelas experimentales se ordenaron en un DBCA con cinco repeticiones. Cada parcela experimental consistió de tres camas de 19 m de largo que totalizaba un área de 57 m². Los datos se tomaron de la cama central, 19 m², que contenía 126 plantas.

Los microtúneles fueron hechos con arcos de alambre calibre 12, de 2.2 m de longitud, con trenzado doble (para darles más resistencia), enterrados al suelo unos 10 cm, distanciados a 1.5 m y asegurados unos a otros y al suelo con cuerda de polietileno (Figuras 1 y 2). Sobre los arcos se estableció una lámina de polietileno transparente uv, de 4 milésimas de grosor y de 2 m de ancho. La lámina de polietileno fue asegurada mediante amarres con cabuya al pie de cada arco y a estacas de madera en los extremos (Figura 2). Los túneles tenían una altura de 0.6 m contados a partir de la superficie de la cama.



Figura 1. Arcos de alambre calibre 12 con trenzado doble, para darles más resistencia. Un hilo de cuerda de polietileno los conecta unos para mantener la estructura rígida.



Figura 2. Para cubrir una cama de 0.7 m de ancho y para lograr un túnel de 0.6 m de altura se usó una lámina de polietileno uv de 4 milésimas de grosor y dos metros de ancho.

Las plantas eran protegidas por la noche, de 4:00 p.m. a 7:00 a.m., y en el día solo cuando llovía. El resto del tiempo las plantas eran descubiertas para evitar el sobrecalentamiento. La protección de las plantas se inició con la entrada de la temporada de lluvias, a partir de Junio, y se mantuvo así hasta el final de la cosecha.

La cosecha se hizo en la época en que normalmente las lluvias se vuelven más intensas, Agosto y Septiembre, por lo que ésta se inició el 9 de Agosto y concluyó el 1 de Octubre. Durante el período de cosecha, los cortes de frutos se hicieron todos los lunes y jueves de cada semana.

Durante cada corte, la cantidad de frutos dañados por hongos (casi en su totalidad por *Botrytis cinerea*), insectos, fruto con salpicaduras de suelo, frutos deformes y el rendimiento comercial: de primera calidad (frutos con diámetro ecuatorial igual o mayor que 2.5 cm) y segunda calidad (todo lo que no pasa como primera) fueron cuantificados *in situ*.

Resultados

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para el rendimiento total (tanto en peso como en número de frutos), ni para frutos salpicados por suelo y tampoco para frutos deformes (Cuadros 1 y 2). Sin embargo, si hubo diferencias en la proporción del rendimiento de frutos de primera y segunda calidad y en la cantidad de frutos con daño por hongos e insectos. Las plantas protegidas produjeron cerca de un 16% más frutos de primera y cerca de un 26% más frutos de segunda en comparación a las plantas al aire libre. Las plantas crecidas al aire libre presentaron tres veces más frutos con daño por hongos que las plantas protegidas con los microtúneles.

Sin embargo, las plantas bajo microtúneles presentaron un 20% más frutos con daño por insectos (principalmente por larvas de lepidóptera).

Cuadro 2. Rendimientos obtenidos en plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie) protegidas de la lluvia mediante microtúneles. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Tratamiento | Rendimiento Total (tm/ha) | Número frutos totales/m ² | Frutos primera calidad (%) | Frutos segunda calidad (%) |
|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Protegidas | 18.6 a* | 223 a | 42.7 a | 35.9 a |
| Sin protección | 19.4 a | 218 a | 36.9 b | 28.5 b |
| Prob. t, una cola | 0.1927 | 0.34 | 0.0192 | 0.0008 |

* Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativas (p<0.05).

Cuadro 3. Cantidad de frutos de rechazo producidos por plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie) protegidas de la lluvia mediante microtúneles. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Tratamiento | Frutos con daño por hongos (%) | Frutos con daño por insectos (%) | Frutos salpicados de suelo (%) | Frutos deformes (%) |
|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Protegidas | 7.8 a* | 11.9 a | 1.5 a | 0.3 a |
| Sin protección | 23.2 b | 9.9 b | 1.2 a | 0.3 a |
| Prob. t, una cola | 0.0008 | 0.0077 | 0.23 | 0.37 |

* Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativa (p<0.05).

Discusión

Debido a que en ambos tratamiento el número de frutos producidos por las plantas fue similar, podemos considerar que los microtúneles no tuvieron efecto adverso sobre la floración de las plantas. Esta es una condición que puede darse si la temperatura promedio dentro de la estructura se incrementara significativamente; pero debido a la forma en que se llevó a cabo la protección de las plantas, cubriéndose solo por la noche y en el día solo cuando llovía, esto pudo evitarse.

Tampoco se observó que las plantas bajo el microtúnel y bajo las condiciones de manejo antes dichas, tuvieran efecto adverso sobre la polinización. Esto se demuestra por el bajo número de frutos deformes obtenidos.

Sin embargo, el microtúnel no fue efectivo para evitar que los frutos se salpicaran de tierra. Esta situación se da debido a que, por efecto de los cambios de temperatura en el día, el plástico tiende a moverse dejando desprotegido los primeros cinco u ocho cm a partir de la superficie del suelo. Esto es suficiente para que las salpicaduras de las gotas de agua de las lluvias y del torrente de agua que desciende por el plástico a los bordes del microtúnel salpiquen partículas de suelo a los frutos que cuelgan en los bordes de la cama.

Por otro lado, parece ser que el microtúnel favoreció, aunque levemente, el desempeño de insectos dañinos. En términos generales se sabe que la actividad de muchos insectos es desfavorecida por las lluvias intensas. Este pareciera ser el caso aquí. La mayoría del daño observado en frutos fue ocasionado por larvas de Lepidóptera y una menor parte por saltamontes y babosas.

No obstante que las plantas bajo el microtúnel presentaron una significativa menor proporción de frutos con daño por hongos, esto no se tradujo en un incremento significativo del rendimiento. Las plantas protegidas solo rindieron 0.7 tm/ha más frutos de primera y 1.8 tm/ha más frutos de proceso en comparación a las plantas sin protección. Bajo este diferencial de producción entre ambos tratamientos no resulta mejor, en términos de utilidades, producir fresa en la época de lluvias bajo los microtúneles. De hecho, en el primer año, las utilidades se muestran aceptables solo en parcelas al aire libre. Los Cuadros 4 y 5 muestran los costos y las relaciones económicas.

Cuadro 4. Costo de establecimiento de microtúneles en una hectárea de plantación de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie). La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Aspecto | Cantidad | Unidad | L/unidad | Total (L) | L/año* |
|--|----------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
| 1. Insumos | | | | | |
| 1.1. Alambre galvanizado calibre 12 | 4,667 | lb | 15.00 | 70,005.00 | 8,750.63 |
| 1.2. Plástico transparente uv de 4 mil. | 20,200 | m ² | 15.00 | 303,000.00 | 75,750.00 |
| 1.3. Cuerda | 4 | rollos | 250.00 | 1,000.00 | 1,000.00 |
| 1.4. Estacas de madera de 0.7 m de alto | 800 | estacas | 8.50 | 6,800.00 | 6,800.00 |
| Sub total | | | | 380,805.00 | |
| 2. Mano de obra | | | | | |
| 2.1. Trenzado y corte del alambre | 25 | jornal | 70.00 | 1,750.00 | 218.75 |
| 2.2. Establecimiento de los microtúneles | 150 | jornal | 70.00 | 10,500.00 | 10,500.00 |
| 2.3. Tapado y destapado | 40 | jornal | 70.00 | 2,800.00 | 2,800.00 |
| Sub total | | | | 15,050.00 | |
| Total | | | | 395,855.00 | 105,819.38 |

* Alambre depreciado en ocho años, Polietileno en cuatro años, costo de trenzado y corte de alambre en ocho años.

Cuadro 5. Relación económica entre la producción de una ha de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie) *** protegida con microtúneles *vrs* sin protección. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Aspecto | Protegido* | | Sin protección** | |
|------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Total año 1 | Total año 2 | Total año 1 | Total año 2 |
| 1. Ingresos | | | | |
| 1.1 Fresa de primera calidad | 267,750.00 | 267,750.00 | 231,375.00 | 231,375.00 |
| 1.2 Fresa de procesamiento | 145,068.00 | 145,068.00 | 117,040.00 | 117,040.00 |
| Total | 412,818.00 | 412,818.00 | 348,415.00 | 348,415.00 |
| Egresos | | | | |
| 1.1 Costos de producción | 242,000.00 | 137,000.00 | 242,000.00 | 137,000.00 |
| 1.2 Costo de microtúneles | 105,819.00 | 105,819.00 | 0 | 0 |
| Total | 390,819.00 | 242,819.00 | 242,000.00 | 137,000.00 |
| Ingresos neto | 21,999.00 | 169,999.00 | 106,415.00 | 211,415.00 |

* Para plantación protegida corresponden 17,850 lb de frutos de primera x L. 15.00 y 20,724 lb. Frutos de proceso (incluye frutos de segunda, salpicados por suelo, deformes y dañados por insectos) x L. 7.00.

** Para plantación sin protección corresponden 15,425 lb de frutos de primera x L. 15.00 y 16,720 lb de frutos de proceso x L. 7.00.

*** Para ambas situaciones se asume un rendimiento total de 19 tm/ha.

Estos resultados están en oposición a los obtenidos evaluaciones anteriores y donde se concluyó que en la zona no es posible obtener utilidades con plantaciones de fresa produciendo al aire libre en época de lluvias (Toledo, 2000 y 2001). Pero ¿porqué los resultados obtenidos en el 2000 y 2001 variaron con respecto a éstos? La respuesta posiblemente esté en la química de los suelos donde se llevaron a cabo los trabajos. El estudio del 2001 y 2001 consistió en comparar una parcela totalmente cubierta (Guardalluvias) *vrs*. una parcela sin protección. Se sabe que el suelo donde se llevó a cabo esa prueba tenía concentraciones altas de Mn^{+2} (38.5 ppm). A pesar de que el pH de ese suelo oscilaba en 6 (lo que teóricamente vuelve al Mn^{+2} no disponible), es posible que el exceso de humedad (por las lluvias) junto con el pobre drenaje interno de estos suelos provocara una condición fuertemente reductora que ocasionó que mucho Mn^{+2} fuera liberada a partir del MnO. Esto pudo ocasionar que el potencial productivo de las plantas en parcelas al aire libre fuera disminuido por una toxicidad de Mn^{+2} más que por el efecto de fitopatógenos. Obviamente, las plantas bajo techo, al no estar sometidas a esta condición de encharcamiento, no sufrieron el efecto adverso del exceso de Mn^{+2} .

En el actual estudio, ambos tratamientos estuvieron expuestos más o menos a las mismas condiciones de humedad (los túneles solo protegen el 70% del área cultivada y al final toda el agua va a dar a los espacios entre camas por lo que, al igual que en las parcelas sin protección, habrá encharcamiento) y fue una mejor condición para medir el efecto de los patógenos sobre la producción.

Conclusión

La protección de plantas de fresa para producción en época de lluvias con microtúneles redujo notablemente la cantidad de frutos dañados por hongos. Sin embargo, y debido al alto costo de la estructura, resultó más rentable la producción en plantas al aire libre.

Revisión bibliográfica

Toledo, M. Efecto de los guardalluvias sobre la producción de fresa en época de lluvias. La Esperanza, Intibucá. Informe técnico FHIA-La Esperanza, 2000.

Toledo, M. Efecto de los guardalluvias sobre la producción de fresa en época de lluvias. La Esperanza, Intibucá. Informe técnico FHIA-La Esperanza, 2001.

Viabilidad económica del control químico de *Alternaria solani* en etapa tardía del cultivo de papa. La Esperanza, Intibucá. 2007, LAEZA 07-05

Ing. Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Introducción

El hongo *Alternaria solani* provoca la enfermedad de la papa (*Solanum tuberosum*) denominado tizón temprano¹. Esta enfermedad se desarrolla principalmente sobre las hojas, en las cuales provoca lesiones en forma de manchas secas oscuras, con tamaños que van desde 1 mm hasta 2 cm de diámetro^{2, 3, 4}. Inicialmente son angulares y limitadas por las venas, y que al ir creciendo se pueden volver redondeadas y con un halo amarillo alrededor (Figura 1).



Figura 1. *Alternaria solani* en hoja de papa.



Figura 2. Anillos concéntricos en manchas de *Alternaria solani*.

Frecuentemente las manchas desarrollan anillos concéntricos, lo cual es un signo muy característico de este hongo (Figura 2). Normalmente la infección se inicia en las hojas de abajo, pero a medida que se incrementa la presión del hongo o la edad de la planta (las plantas jóvenes son relativamente resistentes⁵), las infecciones van presentándose paulatinamente, en las hojas de más arriba. Cuando la infección es severa, las manchas crecen y se unen. Esto, de inicio, reduce sustancialmente el área fotosintética de las hojas, y, en los casos más extremos, se presenta la defoliación².

La infección inicial se presenta cuando las esporas del hongo infestan la planta a partir de residuos de cosecha depositados sobre el suelo y contaminados con el hongo o esporas diseminadas por el viento desde otros campos cultivados^{3, 4}. *Alternaria* puede desarrollarse sobre el tejido a temperaturas entre 10 y 35 °C, y siempre que la condición de humedad rebase el 90%^{3, 4}. La formación de esporas se lleva a cabo en la oscuridad a temperaturas entre 5 y 30 °C, con el óptimo a 20 °C, y siempre en condición de alta humedad³.

Las infecciones a los tubérculos se pueden dar sólo después de la cosecha y en tubérculos con daño mecánico o inmaduros. *Alternaria solani* no percola dentro del suelo y no penetra la piel de los tubérculos maduros^{2,3,4}.

En el altiplano de Intibucá *Alternaria solani* no es considerado el problema número uno limitando la producción. Bajo condición normal del cultivo, infecciones de *Alternaria* comienzan a aparecer al inicio o durante la floración, alrededor de los 60 días después de la siembra. No obstante que en ciertas épocas y en ciertos lugares el ataque del hongo puede ser severo, principalmente cuando la infección comienza a edad temprana del cultivo. Cuando las infecciones se dan después de los 60 días desde la siembra, los productores no le dan importancia al daño que puede provocar el hongo y no hacen ningún control. Se argumenta que estas infecciones ya no tienen efecto sobre los rendimientos (Comunicación personal con productores locales). Sin embargo, aun existe la incertidumbre sobre el verdadero efecto en los rendimientos de estas infecciones tardías de *Alternaria solani* en el cultivo de papa en la zona alta de Intibucá.

Con el objetivo de determinar la viabilidad económica del uso de fungicidas para el control de las típicas infecciones de *Alternaria solani* en plantas de papa en la zona (a partir de los 60 días dds) se diseñó y desarrolló este estudio.

Materiales y métodos

El experimento consistió en la aplicación a plantas de papa infectadas de cuatro fungicidas normalmente utilizados para el control de esta enfermedad en la zona, midiendo posteriormente el efecto de éstos sobre el número de pústulas del hongo en hojas. Al final se relacionó el número de pústulas/hoja/planta final y el rendimiento de cada planta.

El ensayo se estableció en una plantación comercial ubicada en la comunidad de Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá, a 1680 msnm. Datos climáticos de la zona durante el período del cultivo se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Precipitación y temperatura promedio medidos en Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá de Abril a Julio de 2007.

| Mes | Precipitación (mm) | Temperatura (°C) | | |
|-------|-----------------------|------------------|--------|----------|
| | | Mínima | Máxima | Promedio |
| Abril | 44.7 | 9.6 | 27.1 | 18.4 |
| Mayo | 125.2 | 9.6 | 25.3 | 17.5 |
| Junio | 205.7 | 12.7 | 24.9 | 18.8 |
| Julio | 159.6 | 12.3 | 23.6 | 17.9 |

Para llevar a cabo el estudio se marcaron parcelas de 10 x 3.6 m (4 hileras de 10 m de largo y 0.9 m entre hileras, con 13 plantas por hilera) sobre una plantación de papa (var. Baraka) de 60 días de edad y que presentaba infección por *Alternaria solani*. Las parcelas fueron ordenadas en un DBCA sobre las cuales se aplicaron, de forma randomizada, cuatro repeticiones de cada tratamiento de fungicida.

Antes de iniciar la evaluación se determinó el porcentaje de incidencia de la enfermedad, esto con el objetivo de encontrar el lugar dentro de la plantación con mayor presencia del hongo, y además para detectar algún gradiente en el nivel de infección para, de acuerdo a esto, escoger el diseño experimental más adecuado. Se muestrearon cinco plantas por hilera de plantación y una hilera por cada 5 hileras. En cada planta se contabilizó el número de hojas totales y el número de hojas con signos de *Alternaria*.

Un día antes de cada aplicación de los tratamientos, se determinaba el grado de severidad de la infección. Para esto se marcaron tres hojas intermedias en dos plantas en cada parcela experimental. A cada hoja se les hacían conteos del número de pústulas por hoja. Durante la cosecha, a estas mismas plantas se les contabilizó la cantidad de tubérculos producidos, lo cual se utilizó posteriormente para relacionarlo con el grado de severidad.

El grado de severidad se obtuvo relacionando la cantidad de área foliar atacada del total del área foliar de cada hoja muestreada. Para esto se promedió el diámetro de las pústulas en una muestra representativa (n= 35 pústulas). Solo se tomaban las pústulas de diámetros de alrededor de 2.5 mm para arriba. Aunque en los estados iniciales de la infección, las pústulas de *Alternaria* pueden ser muy pequeñas, hasta 1 mm, decidimos no tomarlas para evitar confusiones con otros tipos de daños.

Para obtener el área foliar se promedió el peso de 1 cm² de hoja de muestras obtenidas de hojas intermedias y de la parte basal, distal y del centro de cada hoja (n= 70 hojas). La relación entre el peso/cm² y el peso total de la hoja nos permitió obtener el área por hoja.

En total se hicieron tres aplicaciones; 27 de Junio y 4 y 11 de Julio de 2007. Como tratamientos se utilizaron, en dosis comercial; Clorotalonil (Bravo 50, 2.75 cc/l); Azoxystrobin (Amistar, 0.335 gr/l); Mancozeb (Dithane 80 WP, 2.25 gr/l); Iprodione (Rovral, 4.15 gr/l); comparados contra parcelas sin tratar.

Para la aplicación de los fungicidas se utilizó una bomba de mochila manual de uso convencional y con capacidad de 18 l. Muestreos del caudal de la bomba hechos antes de cada aplicación promediaron 700 ml/minuto. No fue posible determinar la presión de trabajo de la bomba. La aplicación de los fungicidas a cada parcela experimental (36 m²) promedió un gasto de 4.5 l de solución.

Resultados

Una debilidad de este estudio es lo relacionado con el tamaño de la muestra para obtener el grado de severidad, que parece ser muy pequeña, 2 plantas y tres hojas por planta por parcela experimental. Inicialmente estaba programado un tamaño de muestra mucho mayor, pero el muestreo requería una cantidad de tiempo mayor a lo disponible. Sin embargo y ante el hecho de que los resultados se presentan dentro de lo esperado, consideramos que los mismos pueden ser de utilidad para el manejo de este hongo en plantaciones bajo las mismas circunstancias de este estudio o como punto de partida para futuros estudios.

En general, la infección se incrementó en el tiempo a pesar de las aplicaciones de los fungicidas (Cuadro 2). Las parcelas “sin aplicación” presentaron un rápido incremento en la severidad de la enfermedad con respecto al resto, aunque esto pudo ser causado por el hecho de que las mismas iniciaron con un nivel de infección mucho más alto.

Cuadro 2. Incremento en el número de pústulas/hoja de *Alternaria solani* sobre hojas de papa (*Solanum tuberosum*, var. Baraka), siete días después de cada aplicación de fungicidas. Sta. Catarina, La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Tratamiento | Inicial | Primera aplicación | Segunda aplicación | Tercera aplicación |
|---------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Clorotalonil | 4.05 | 5.90 a* | 8.53 a | 15.03 a |
| Azoxystrobin | 2.95 | 3.43 a | 6.28 a | 11.90 a |
| Mancozeb | 1.90 | 3.28 a | 6.68 a | 17.08 a |
| Iprodione | 2.83 | 4.50 a | 9.05 a | 14.65 a |
| Sin tratar | 6.10 | 6.78 a | 21.93 b | 45.10 b |
| Probabilidad | - | 0.0968 | 0.0194 | 0.0001 |
| C.V | - | 40 | 58 | 31 |

* Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativa (p<0.05)

Con el objetivo de eliminar el sesgo ocasionado por la variación en el número de pústulas iniciales en las parcelas experimentales, se hizo un análisis de varianza utilizando el grado de incremento por pústula inicial después de cada aplicación mediante:

$$\frac{\text{No. de pústula final} - \text{No. de pústula inicial}}{\text{No. de pústula inicial}}$$

De esta forma encontramos que hubo una significativa reducción en el nivel de infección con los tratamientos Clorotalonil, Azoxystrobin e Iprodione. Esto solo después de una tercera aplicación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Incremento en el número de pústulas por hoja/pústula inicial de *Alternaria solani* sobre hojas de papa (*Solanum tuberosum*, var. Baraka) medidos siete días después de cada aplicación de fungicidas. Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Tratamiento | Inicial | Primera aplicación | Segunda aplicación | Tercera aplicación |
|-------------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Clorotalonil (Bravo 50) | 4.05 | 0.49 a* | 1.31 a | 3.05 b |
| Azoxystrobin (Amistar) | 2.95 | 0.22 a | 1.26 a | 3.30 b |
| Mancozeb (Dithane) | 1.90 | 0.71 a | 2.46 a | 9.64 a |
| Iprodione (Rovral) | 2.83 | 0.60 a | 2.19 a | 3.88 b |
| Sin tratar | 6.10 | 0.10 a | 3.06 a | 6.91 ab |
| Probabilidad | - | 0.4754 | 0.6166 | 0.0529 |
| C.V | - | 126.00 | 90 | 59 |

* Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativa (p<0.05)

No se encontró relacionado el grado de severidad de *Alternaria solani* alcanzado en este estudio a los 81 días después de siembra con los rendimientos obtenidos (Figura 1).

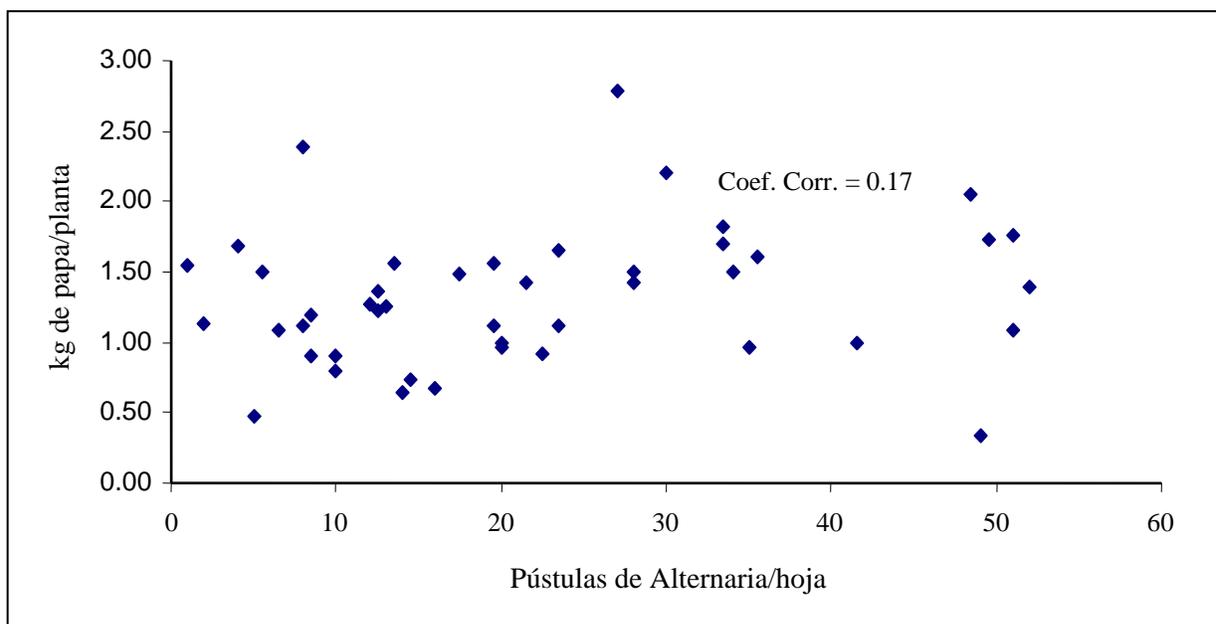


Figura 1. Relación entre el número de pústulas de *A. solani* en hojas, a los 81 días después de siembra, y los rendimientos en plantas de papa (*Solanum tuberosum* Var. Baraka). Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá. 2007.

El tamaño de las pústulas de *Alternaria solani* varió entre 0.25 a 1 cm de diámetro, con un promedio de 0.58 cm, lo que equivale a un área promedio de 0.26 cm². El promedio de área por hoja fue de 39.66 cm². Relacionando estos datos con el promedio de pústulas iniciales (3.5) y el promedio de pústulas finales (20.75), obtenidos del Cuadro 2, tenemos que la severidad del daño fue de 2.3% a los 60 días y 14% a los 81 días. Tomando en cuenta que el rendimiento de las plantas no fue afectado por el número de pústulas, podemos decir que a niveles de severidad, medidos en hojas intermedias, de 2.3% (3 a 4 pústulas/hoja) a los 60 días después de siembra, y 14% (20 pústulas/hoja) a los 81 días después de siembra, no ameritaba el control químico en la plantación en estudio.

Conclusión

Productos a base de Clorotalonil, Azoxystrobin e Iprodione, aplicados semanalmente, redujeron el nivel de incremento de *Alternaria solani* en hojas de papa a partir de la tercera aplicación.

Niveles de severidad del 2.3% a los 60 días después de siembra y 14% a los 81 días después de siembra no tuvieron efecto sobre la producción de tubérculos.

Revisión bibliográfica

1. Asscheman y colaboradores. Potato diseases: Diseases, Pest and Defects. 1996. Publicaciones Nivaa. Holanda.
2. CIP. Manual de enfermedades más importantes de la papa en El Perú.
www.cipotato.org/training/Materials/HTorres/HTorresTTem.pdf
3. Holm, A.L. Early Blight. Department of Plant Pathology. North Dakota State University.
www.ndsu.nodak.edu/instruct/gudmesta/lateblight/blight1/blight1.html
4. Stevenson y colaboradores. Compendium of potatoes diseases. Sda Edición. 2001. The American Phytopatological Society. USA.
5. Zitter y colaboradores. Departamento de fitopatología, Universidad de Cornell.
www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/Zitter%20Español.pdf

Evaluación de variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en dos épocas (lluviosa y seca) en La Esperanza, Intibucá 2007, LAEZA 06-05

Ing. Milton Toledo,
Proyecto 2KR, FHIA

Doris Arriaga
(Pasante Ingeniería Agronómica, UNA)

Resumen

Durante la época seca y lluviosa del 2007 se evaluaron siete variedades de brócoli en La Esperanza, Intibucá, con el objetivo de determinar el desempeño de éstas bajo el clima de la zona. Las variedades evaluadas fueron Tiburón (Bejo), Coronado (Bejo), Lucky F1 (Bejo), Avenger (Zacata) y Domador (Seminis) comparadas con las variedades más utilizadas por lo productores locales Marathon (Zacata) y Legacy (Seminis).

Ninguna de las variedades evaluadas superó a las testigos Legacy y Marathon. Solo las variedades Avenger (Zacata) y Domador (Seminis) presentaron consistentemente rendimientos comparables a las variedades antes mencionadas.

Introducción

El brócoli es una de las hortalizas más sembradas en el altiplano de Intibucá. A través de los últimos 12 años la FHIA y otras instituciones han venido ayudando a los productores en el implemento de prácticas de manejo más eficientes con el objetivo de incrementar la producción en la zona y mejorar la rentabilidad para el productor. Gracias a eso, actualmente el brócoli se produce todo el año y con rendimientos económicamente aceptables. Una de las actividades de las Estaciones Experimentales de la FHIA es la de evaluar periódicamente las nuevas variedades que las empresas productoras de semillas ponen a disposición de los productores en el mercado. La intención de esto es proveer al productor de información fidedigna sobre el desempeño de éstas bajo el clima de la zona y preferencia en el mercado. De esta forma se evitan pérdidas de dinero y tiempo causadas por el uso de variedades de poca adaptación o de rechazo en el mercado.

Con este objetivo, durante el período seco y lluvioso del 2007, se llevó a cabo esta evaluación en donde se probaron 2 nuevas variedades de brócoli disponibles en el mercado local (Avenger de la casa Zacata y Domador de la casa Seminis), comparadas contra Marathon y Legacy, dos variedades que en evaluaciones anteriores han presentado superioridad en rendimiento y calidad y que actualmente son preferidas por los productores. Otras variedades como Lucky F1, Coronado y Tiburón, con mayor tiempo de permanencia en el mercado, fueron incluidas con el fin de confirmar el pobre desempeño que han presentado en evaluaciones anteriores.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Santa Catarina, en La Esperanza, Intibucá, ubicada a 1680 msnm, sobre un suelo arcilloso. Datos climáticos de la zona durante los períodos de evaluación se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Precipitación y temperatura promedio medidos durante el período de evaluación de variedades de brócoli en época seca. La Esperanza, Intibucá. 1680 msnm, 2007.

| Mes | Precipitación (mm) | Temperatura (°C) | | |
|----------------|--------------------|------------------|--------|----------|
| | | Mínima | Máxima | Promedio |
| Diciembre/2006 | 64.4 | 12.6 | 17.9 | 15.3 |
| Enero/2007 | 1.7 | 9.9 | 21.3 | 15.6 |
| Febrero/2007 | 5.6 | 6.7 | 24.8 | 15.7 |
| Marzo/2007 | 2.8 | 9.3 | 24.0 | 16.6 |

Cuadro 2. Precipitación y temperatura promedio medidos durante el período de evaluación de variedades de brócoli en la época lluviosa. La Esperanza, Intibucá. 1680 msnm, 2007.

| Mes | Precipitación (mm) | Temperatura (°C) | | |
|-------------|--------------------|------------------|--------|----------|
| | | Mínima | Máxima | Promedio |
| Junio/2007 | 205.7 | 12.7 | 24.9 | 18.8 |
| Julio/2007 | 159.6 | 12.3 | 23.6 | 17.9 |
| Agosto/2007 | 195 | 13.6 | 23.8 | 18.9 |

Plántulas de las diferentes variedades de 25 días de edad previamente producidas en bandejas (celdas cónicas de 2.5 x 2.5 cm en la parte superior y 7 cm de profundidad) llenadas con sustrato, una parte de suelo por dos partes de turba de bosque de encinos, y fertilizadas mediante sumersión por un minuto en una solución de 1 kg 18-46-0/22 galones de agua a los 10 y 20 días después de la siembra.

Una misma parcela fue utilizada para la evaluación de las variedades en las dos épocas. Previo al trasplante y para cada época en evaluación, el suelo fue preparado mediante un pase de arado, tres pases de rastra y dos pases de rotatiler. Previo a la mecanización del suelo se aplicó cal dolomítica en una dosis de 0.5 lb/m² y gallinaza en dosis de 0.7 lb/m².

El trasplante para la evaluación durante el período seco se hizo el 19 de Diciembre de 2006 y para el período lluvioso se hizo el 18 de Junio de 2007. Las plantas fueron trasplantadas sobre camas, bancos o eras de 0.6 m de ancho y 0.25 m de altura. La separación entre camas fue de 0.3 m. En cada cama, las plantas fueron puestas a doble hilera a 0.35 m entre plantas y 0.40 m entre hileras para una densidad de 63,270 plantas/ha.

La fertilización consistió en la aplicación de 250-250-150 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O. Se aplicó todo el P₂O₅ y la mitad del Nitrógeno y K₂O a los 10 días después del trasplante y el

resto a los 30 días después del trasplante. La fertilización se hizo de forma manual al pie de la planta. Como fuentes se utilizó 18-46-0, Nitrato de Potasio y Cloruro de Potasio.

El riego se hizo por goteo aplicando 3 horas de riego todos los lunes, miércoles y viernes de cada semana durante la época seca. En la época de lluvias solo algunos riegos fueron hechos y solo cuando transcurrían más de dos días sin llover.

En la época seca y durante todo el ciclo del cultivo se hizo una aplicación de Curzate (Cymoxamil) en dosis de 4 g/ l para el control de Mildiu (*Peronospora parasitica*). En el período lluvioso, previo al trasplante se aplicó el equivalente a 30 kg/ha de Thimet 10 GR para el control de larvas de gallina ciega (*Phyllophaga obsoleta*). Para contrarrestar un severo ataque de hongos del suelo que ocasionó ahogamiento de plántulas se hizo una aplicación de 2.25 g/l de Captan (Captan) + 3 g/l de Ridomil (Metalaxil) y, una semana después, una nueva aplicación con 0.30 g/l de Amistar (Azoxystrobin); ambas aplicaciones dirigido al pie de cada planta. Las plantas perdidas fueron resembradas.

En la época seca se evaluaron siete variedades mientras que en la época lluviosa se evaluaron seis variedades. La diferencia en el número de variedades evaluadas se debió a que en la época lluviosa no fue posible germinar la semilla de la variedad Lucky F1, aún después de varios intentos. El Cuadro 3 muestra las variedades evaluadas, de las cuales Marathon y Legacy sirvieron como testigos.

Cuadro 3. Variedades de brócoli evaluadas durante la época seca en La Esperanza, Intibucá (1680 msnm), 2007.

| Nº | Variedad | Casa Productora |
|----|----------|-----------------|
| 1 | Tiburón | Bejo |
| 2 | Coronado | Bejo |
| 3 | Lucky F1 | Bejo |
| 4 | Avenger | Zacata |
| 5 | Domador | Seminis |
| 6 | Marathon | Zacata |
| 7 | Legacy | Seminis |

Las parcelas experimentales se ordenaron en un DBCA con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental consistió de cuatro camas de 5 m de largo que totalizaba un área de 18 m². Los datos se tomaron de las dos camas centrales, que hacían un área de 9 m² y que contenían 58 plantas. Las variables evaluadas fueron rendimientos, peso de pella, diámetro de pella y tallo hueco (solo en época de lluvias) y días a inicio de la cosecha.

Resultados

En todas las variedades y en ambas épocas se comenzó la cosecha a la novena semana después del trasplante, exceptuando a la variedad Lucky F1 que comenzó a la octava semana después del trasplante. Las cosechas se hacían los lunes y jueves de cada semana. En la época seca y en todas las variedades la producción se obtuvo en seis cosechas (menor temperatura

promedio durante la época), mientras que en la época lluviosa la producción se obtuvo en cinco cosechas (mayor temperatura promedio).

En general, las variedades fueron cerca de unos 30% más productivas en la época de lluvias que en la época seca (Cuadros 4 y 5). Lo más probable es que esto tenga que ver con una mayor disponibilidad del agua por las plantas durante la temporada de lluvias lo que significaría que la cantidad de riego suministrada a las plantas en la época seca estuvo por debajo de lo requerido. Consistente con los rendimientos, el peso promedio de pellas también fue 30% mayor en el período de lluvias.

Ninguna de las variedades evaluadas superaron a las testigos Legacy y Marathon, sin embargo las variedades Domador y Avenger presentaron rendimientos similares a las testigos en ambos períodos de evaluación. La variedad Tiburón fue inconsistente en cuanto a los rendimientos presentando un mejor desempeño en el período seco. Coronado, en ambas épocas y en especial en rendimiento de primera calidad, presentó una producción por debajo del resto de las variedades evaluadas. Lucky F1 solo fue evaluada en el período seco y mostró rendimientos similares a las variedades testigos, sin embargo la reducida compactación de su pella, en comparación al resto, la vuelve de menor valor para el mercado.

En general todas las variedades presentaron un adecuado diámetro de pella (arriba de 12 cm). Respecto a la incidencia de tallo hueco, una deformidad propia de brócoli y coliflor que en el pasado se ha señalado de importancia pero que actualmente parece que no es el caso, llama la atención la baja proporción presentada por la variedad Avenger (33%) en comparación al resto de variedades (Cuadro 5).

Cuadro 4. Rendimientos, peso y diámetro promedio de pella obtenidos con siete variedades de brócoli evaluadas en la época seca (Diciembre a Marzo) en La Esperanza, Intibucá (1680 msnm), 2007.

| Variedad | Rendimiento de Primera calidad (tm/ha) | Rendimiento Total (tm/ha) | Peso de Pella (gr) | Diámetro de pella (cm) |
|----------------------|---|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Legacy | 14.2 a | 15.5 a | 270 a | 12.65 a |
| Marathon | 14.4 a | 15.5 a | 270 a | 12.64 a |
| Domador | 14.7 a | 16.1 a | 270 a | 12.69 a |
| Avenger | 12.7 ab | 13.8 a | 220 ab | 12.74 a |
| Lucky F1 | 12.4 ab | 13.8 a | 220 ab | 12.04 a |
| Tiburón | 11.0 ab | 13.2 ab | 210 b | 13.04 a |
| Coronado | 9.1 b | 10.8 b | 190 b | 13.05 a |
| Significancia | 0.0200 | 0.0110 | 0.0079 | 0.55 |
| C.V. % | 18.0 | 12.9 | 13.6 | 5.8 |

Medias acompañadas de diferentes letras difieren significativamente ($p < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Fisher.

Cuadro 5. Rendimientos, peso y diámetro promedio de pella y porcentaje de tallo hueco obtenidos en seis variedades de brócoli evaluadas en la época lluviosa (Junio a Septiembre) en La Esperanza, Intibucá (1680 msnm), 2007.

| Variedad | Rendimiento de primera calidad (tm/ha) | Rendimiento total (tm/ha) | Peso de pella (g) | Diámetro de pella (cm) | Tallo hueco (%) |
|----------------------|--|---------------------------|-------------------|------------------------|-----------------|
| Legacy | 17.6 a | 19.1 a | 339 a | 12.9 a | 81.4 a |
| Marathon | 17.1 ab | 18.4 a | 315 a | 13.6 a | 74.2 ab |
| Avenger | 16.9 abc | 18.4 a | 324 a | 13.1 a | 33.1 d |
| Domador | 16.0 abc | 17.6 a | 304 a | 13.4 a | 74.5 ab |
| Tiburón | 14.5 bc | 17.5 a | 285 a | 13.3 a | 54.4 c |
| Coronado | 14.2 c | 16.9 a | 293 a | 13.7 a | 61.2 bc |
| Significancia | 0.0689 | 0.6398 | 0.8986 | 0.4109 | 0.0001 |
| C.V. % | 10.9 | 10.7 | 11.7 | 11.0 | |

Medias acompañadas de diferentes letras difieren significativamente ($p < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Fisher

Conclusión

Ninguna de las variedades evaluadas superó a las testigos Legacy y Marathon. Solo las variedades Avenger (Zacata) y Domador (Seminis) presentaron consistentemente rendimientos comparables a las variedades antes mencionadas.

Efecto de la desinfección presiembra en agua caliente y la aplicación de varias sustancias recomendadas como promotoras del enraice sobre el “pegue” de coronas o tallos de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie) después de la siembra. LAEZA 07-08

Ing. Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Resumen

Con el objetivo de determinar el efecto sobre el enraice del material vegetativo de fresa (coronas) se evaluaron varios productos recomendados en el mercado local como enraizadores (“Raizal”, fertilizante 18-46-0 en agua, “Raiz Siner plus” y “Algapron”). Adicionalmente se comparó el efecto sobre el enraice de coronas desinfectadas mediante sumersión por 30 minutos en agua a 43 °C (para control de ácaros) y coronas sin desinfectar.

El tratamiento presiembra a coronas de fresa con los productos evaluados no tuvo efecto en el “pegue” de las coronas de fresa después de sembradas. La desinfección presiembra del material vegetativo de fresa por 30 minutos en agua a 43 °C tampoco tuvo efecto sobre el “pegue” de las coronas. El grosor y presencia de raíces de las coronas sembradas si tuvo efecto, siendo mayor el porcentaje del “pegue” en coronas con diámetros superiores a 9 mm.

Introducción

En la zona alta de Intibucá, el material vegetativo para las siembras de las nuevas plantaciones de fresa consiste de los tallos o coronas obtenidos de plantas que terminan su ciclo de producción. Este método de propagación resulta mucho más barato que el recomendado uso de material certificado libre de plagas y enfermedades y el cual habría que comprar a viveros especializados, casi siempre ubicados en los Estados Unidos de América. No obstante que esta forma de propagación conlleva el incremento de problemas de sanidad en la futura plantación, la mayor queja de los productores locales es la reducida capacidad de enraice de las coronas, con niveles típicos de pérdida de plantas postsiembra de entre 30 y 60%.

Para remediar este problema, los productores están haciendo uso de productos comerciales recomendados para mejorar el enraice de plantas. Sin embargo, hasta hoy el efecto de esos productos es desconocido debido a que bajo las condiciones de sus fincas no es posible separar otros factores, directos o indirectos, que también influyen el “pegue” de las coronas.

Además se menciona que el método de desinfección del material vegetativo de fresa “sumergimiento por 30 minutos en agua a 43 °C”, puesto a disposición de los productores recientemente como una herramienta para combatir ácaros, incrementa aún más el porcentaje de pérdida de coronas después de la siembra.

Se desarrolló el presente estudio con el objetivo de determinar el efecto de este método de desinfección y productos vendidos en el mercado local como inductores del desarrollo radicular de plantas sobre el “pegue” de las coronas de fresa.

Materiales y métodos

El trabajo fue realizado en los meses de Junio a Agosto de 2007 en la Estación Experimental Santa Catarina en La Esperanza, Intibucá, ubicada a 1680 msnm, con una temperatura promedio anual de 17.4 °C.

Tallos o coronas de plantas de fresa obtenidos de una plantación que había concluido su ciclo de producción fueron acondicionados para ser sembrados, podándole todas las hojas excepto la mas nueva (aún no totalmente desarrollada). Luego se clasificaron según su diámetro y contenido de raíces (**1**= 10 a 11 mm, **2**= 9 a 10 mm, **3**= 7 a 8 mm y **4**= sin raíz).

Inmediatamente antes de la siembra, las coronas fueron sumergidas por un minuto en solución en agua de diferentes sustancias promotoras del crecimiento radicular, como se muestra en el Cuadro 1. De los productos evaluados, solo el Raíz-Siner Plus es presentado por los fabricantes como un enraizante. Algapron es recomendado para ser aplicado al suelo en etapas de floración de varios cultivos y se considera que su efecto sobre el enraizamiento es indirecto ya que, según el fabricante, mejora las condiciones físicas y biológicas de los suelos. Raizal no contiene estimulantes de la emisión radicular y no es más que un fertilizante compuesto, sin embargo es presentado como un producto potencializador del crecimiento radicular, lo cual podría ser cierto si los suelos están deficientes en nutrientes. La aplicación al trasplante del fertilizante compuesto 18-46-0 diluido en agua al pie de cada trasplante lleva como objetivo suministrar Fósforo y Nitrógeno fácilmente disponible a las plantas. Esta práctica se basa en los resultados de diversas investigaciones que muestran que mayores niveles de Fósforo en etapas iniciales de los cultivos estimulan a las plantas a emitir raíces.

Cuadro 1. Sustancias promotoras del enraice evaluadas y la concentración usada.

| No | Nombre | Ingredientes | Concentración |
|----|-----------------|---|---------------|
| 1 | Raizal 400 | N-P-K-Mg-S | 10.0 g/l |
| 2 | 18-46-0 | N-P | 12.0 g/l |
| 3 | Raiz-Siner plus | N-P-Acidos húmicos y fúlvicos, vitaminas y auxinas (2.7%) | 1.0 g/l |
| 4 | Algapron | N-P-K-Ca-Mg-Fe-Zn-Mn-Cu-B-Citocininas (80 ppm)-Auxinas (2.7 ppm)-Giberelinas (60 ppm)-Enzimas | 9.0 ml/l |

Una vez tratadas, las coronas fueron sembradas a 7 cm unas de otras sobre un suelo arcilloso, en una cama de siembra de 0.25 m de altura y 0.70 m de ancho. Después de sembradas y cuando no se presentaban las lluvias por un día, el suelo era irrigado con una regadera manual.

Cada unidad experimental consistió de una hilera de 10 coronas. Las unidades experimentales se ordenaron en un DBCA con 4 repeticiones y bloqueado de acuerdo al diámetro y contenido de raíces de las coronas.

A los 15 y 30 días después de la siembra, se contabilizó el número de coronas establecidas. Una vez concluida esta evaluación, una nueva repetición de la misma se hizo agregando una nueva variable: la desinfección presiembra de las coronas por sumersión por 30 minutos en agua a 43 °C. En este caso el ordenamiento de las unidades experimentales se hizo en parcelas divididas, donde la parcela principal fue la desinfección de las plantas y la parcela menor fueron los tratamientos enraizantes.

Resultados y discusión

No hubo efecto de las sustancias enraizantes evaluadas sobre el enraice de las coronas (Cuadro 2). El porcentaje de “pegue” 30 días después de la siembra osciló entre 52 y 70%. En el caso de los productos Raizal 400 y el fertilizante 18-46-0 no sorprende que no hayan mejorado el nivel de “pegue” de las coronas, ya que los mismos son solo fertilizante y no contienen sustancias promotoras del desarrollo radicular; como las auxinas (principalmente los ácidos indolbutírico, indolacético y naftalenacético) reconocidas por fomentar la producción de raíces en plantas (Crane y Mallah, 1952; Weaver, 1976; Alvarez y colaboradores, 1989; Carpenter y Cornell, 1992). Para que estos fertilizantes produzcan alguna ayuda a la planta es necesario que la misma los absorba, pero como las coronas de la fresa al ser sembradas no tienen raíces activas (las raíces que lleva no son funcionales) no hay forma de que esto suceda. En el caso de Raiz-Siber plus y Algapron, con supuestos contenidos de auxinas, se esperaba que mejoraran el nivel de “pegue” de las coronas; sin embargo, no fue así.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación presiembra de varias sustancias recomendadas como enraizantes de plantas sobre el “pegue” después de la siembra de coronas o tallos de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie). La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Enraizante | Plantas enraizadas 15 días después de siembra (%) | Plantas enraizadas 30 días después de siembra (%) |
|---------------------|---|---|
| Raizal | 65.0 a* | 60.0 a |
| 18-46-0 | 65.0 a | 70.0 a |
| Raiz Siner plus | 37.0 a | 57.0 a |
| Algapron | 65.0 a | 52.0 a |
| Agua | 62.0 a | 52.0 a |
| Probabilidad | 0.1337 | 0.4489 |
| CV % | 27 | 20 |

* Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativas (p<0.05).

Tampoco hubo efecto de la desinfección en agua caliente sobre el “pegue” de las coronas de fresa (Cuadro 3). En algún momento se ha considerado que la desinfección de las coronas en agua caliente las predispone a una condición de más difícil enraice, sin embargo este no parece ser el caso.

Cuadro 3. Efecto de la desinfección presiembra del material de siembra en agua caliente sobre el “pegue” medido 30 días después de la siembra de coronas o tallos de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie). La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Tratamiento | Plantas enraizadas 30 días después de siembra (%) |
|----------------------------|---|
| 30 minutos en agua a 43 °C | 44.6 a* |
| Sin desinfección | 42.5 a |
| Probabilidad | 0.6599 |
| CV | 41 |

* Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativas (p<0.05).

Si hubo efecto del diámetro de las coronas sobre el porcentaje de “pegue” (Cuadro 4). Las coronas con diámetros mayores (10 a 11 mm y 9 a 10 mm) presentaron mayores porcentajes de pegue (entre 50 y 57%) en comparación a las coronas con menores diámetros (entre 32 y 35%).

Cuadro 4. Efecto del diámetro de las coronas o tallos de fresa (*Fragaria x ananassa*, var. Sweet Charlie) sobre el “pegue” de éstos medido un mes después de la siembra. La Esperanza, Intibucá, 2007.

| Diámetro de coronas (mm) | Plantas enraizadas 30 días después de siembra (%) |
|-----------------------------|--|
| 10 - 11 | 57.1 a* |
| 9 - 10 | 50.0 a |
| 7 - 8 | 35.0 b |
| Sin raíz | 32.5 b |
| Probabilidad | 0.0014 |
| CV | 41 |

* Medias seguidas por la misma letra indican que no existen diferencias significativas (p<0.05).

Este resultado solo reafirma el hecho ya conocido de la importancia que tiene la cantidad de reserva almacenada en las coronas sobre el desempeño de éstas después de la siembra. Los productores de Intibucá no hacen una clasificación de las coronas de acuerdo al grosor ni cantidad de raíces antes de la siembra. En la mayoría de los casos esto es así por que ellos siempre están incrementando sus áreas de producción lo que implica que cada vez necesiten más coronas.

En la zona, una corona de fresa lista para ser sembrada consiste del tallo (o corona), raíces (2 a 5 cm de longitud) y una hoja aun no totalmente desarrollada. Cuando la corona es sembrada y bajo un adecuado régimen de humedad, ésta continúa el proceso normal de producción de hojas, por lo que en una o dos semanas es común ver que las mismas tengan por lo menos una hoja totalmente desarrollada. Para este proceso la planta utilizará la energía de reserva que en forma de almidones esta almacenada en el tallo y las raíces viejas. Esta primera hoja producirá fotoasimilados que serán utilizados, entre otras cosas, para comenzar el

desarrollo de nuevas raíces. Si las raíces son producidas antes de que la energía de reserva se agote, la corona se establecerá, de lo contrario morirá.

Por otro lado, llama la atención el bajo porcentaje de “pegue” que en general se obtuvo, aún en las coronas con mayor grosor. Esto se debe al desgaste de las coronas usadas, ya que provenían de una plantación que recién había concluido un período de 5 meses de cosecha.

Conclusión

El tratamiento presiembra a coronas de fresa con productos recomendados en la zona para estimular el enraice de plantas (Raizal, 18-46-0 en agua, Raíz Siner plus y Algapron) no tuvo efecto en el “pegue” de las coronas de fresa después de sembradas.

La desinfección presiembra del material vegetativo de fresa por 30 minutos en agua a 43 °C tampoco tuvo efecto sobre el “pegue” de las coronas.

El grosor y presencia de raíces de las coronas sembradas si tuvo efecto, siendo mayor el porcentaje del “pegue” en coronas con diámetros superiores a 9 mm.

Bibliografía

Alvarez, R. Nissen, S. J. Sutter, E. G. Relation ship between IAA in apple rootstocks cultured *in vitro* and adventitious root formation in the presence of IBA.

Carpenter W. J.; Cornell, J. A. Auxin application duration and concentration govern rooting of *Hibiscus* stem cutting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 6-196 (1992).

Crane, J. C. y Mallah, T. S. Varietal root and top regeneration of Pig cuttings as influenced by the application of IBA. Plant Physiology. 27 (2): 309 (1952).

Weaver, R. J. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial Trillas. México.

Uso de la solarización para el control de pudrición de corona o rhizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*) de la remolacha en La Esperanza, Intibucá, Honduras, LA EZA-FIT 07-07

Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA
José C. Melgar
Departamento de Protección Vegetal

Resumen

La remolacha (*Beta vulgaris* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia en la zona alta del Departamento de Intibucá. Cuando este cultivo se siembra durante la época lluviosa es severamente atacado por enfermedades, entre las que destaca la pudrición de corona o rhizoctoniasis, causada por el hongo deuteromicete *Rhizoctonia solani* Kühn. Para el control de *R. solani* en remolacha y otros cultivos se han evaluado productos químicos, productos biológicos y prácticas culturales. Entre las prácticas culturales, la solarización ha sido la que mejores resultados ha tenido en varios países.

El objetivo de este estudio fue determinar si la solarización del sustrato de germinación y del suelo de la cama de siembra en el campo definitivo reduce la incidencia y severidad de pudrición de corona de la remolacha bajo las condiciones de La Esperanza, Intibucá.

Se diseñó un experimento de parcelas divididas en el cual el Factor A fue el tratamiento al suelo en el campo definitivo con tres niveles: 1) Suelo solarizado por diez semanas, 2) Suelo tratado con el fungicida Banrot (Etridiazole + Tiofanato metílico) en dosis de 2.7 kg/ha de ingrediente activo aplicado como drench al transplante, y 3) Suelo no tratado. El Factor B fue el tratamiento al sustrato donde germinaron las plántulas con dos niveles: 1) Solarizado por seis semanas, y 2) No solarizado. El tratamiento al sustrato de germinación (Factor B) no afectó incidencia y severidad de enfermedad ni rendimiento. En el campo definitivo el tratamiento de solarización del suelo no tuvo efecto significativo sobre la incidencia de pudrición de la corona, pero si redujo significativamente su severidad y ello afectó positivamente la calidad. Ello se tradujo en que el rendimiento total y comercial de remolacha superara significativamente a la aplicación de químicos y a no aplicar ningún tratamiento. La solarización del terreno de siembra entre Abril-Julio colateralmente determinó reducción del daño por gallina ciega al ser impedida la ovoposición de los adultos por la barrera constituida por el plástico.

Introducción

La remolacha (*Beta vulgaris* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia en la zona alta del Departamento de Intibucá. A pesar de que existe una demanda nacional sostenida de esta hortaliza todo el año, su producción se concentra durante la época seca, debido a que cuando se siembra en la época lluviosa ocurren severos ataques de enfermedades, entre las que destaca la pudrición de corona o rhizoctoniasis causada por el hongo deuteromicete *Rhizoctonia solani* Kühn (fase anamórfica de *Thanatephorus cucumeris*). Esta

enfermedad causa daños severos debido a que ataca las raíces reduciendo la cantidad y calidad del producto mercadeable. Para el control de *R. solani* en remolacha y otros cultivos se han evaluado productos químicos, productos biológicos y prácticas culturales. De acuerdo con estudios realizados en Estados Unidos el control con productos químicos es aceptable si se hace en forma integrada con prácticas culturales (Kiewnick, *et al.* 2001). En un estudio realizado por la FHIA en La Esperanza, Intibucá, en el 2005 evaluando productos químicos y biológicos no se obtuvieron resultados satisfactorios con ninguno de ellos (Flores *et al.*, 2005). Entre las prácticas culturales, la solarización ha sido la que mejores resultados ha tenido en varios países, incluyendo Estados Unidos, Chile, Egipto y otros (Keinath, 1995; Montealegre, *et al.* 1998; Osman y Sahab, 1984; Rodríguez *et al.* 2004; Schneider y Whitney, 1986). El objetivo de este estudio fue determinar si la solarización del sustrato de germinación y del suelo de la cama de siembra definitiva en el campo de cultivo reduce la incidencia y severidad de pudrición de corona de la remolacha bajo las condiciones de La Esperanza, Intibucá.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Estación Experimental Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá. El tratamiento de solarización en las camas de siembra duró diez semanas, iniciándolo el 13 de Abril de 2007 y se finalizó el 25 de Junio. El trasplante se realizó el 25 de Junio y la última cosecha el 10 de Septiembre del mismo año. Se diseñó un experimento de parcelas divididas, en el cual el Factor A fue el tratamiento aplicado al suelo en el campo definitivo de siembra con tres niveles: 1) Solarizado por diez semanas, 2) Tratado con el fungicida Banrot (Etridiazole + Tiofanato metilico) en dosis de 2.7 kg/ha de ingrediente activo aplicado como drench al trasplante, y 3) No tratado. El Factor B fue el tratamiento al sustrato donde germinaron las plántulas con dos niveles: 1) Solarizado por seis semanas, y 2) No solarizado. El sustrato utilizado era suelo superficial con alto contenido de materia orgánica obtenido de zonas boscosas de la vecindad. Cada uno de los tratamientos se describe en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos en ensayo de solarización para el control de pudrición de corona o rhizoctoniasis de la remolacha. La Esperanza, Intibucá. 2007.

| Tratamiento | Factor A | Factor B | Descripción del tratamiento |
|--------------------|-----------------------------|------------------------|--|
| 1 | Suelo solarizado | Sustrato solarizado | Plantas producidas en sustrato solarizado por seis semanas y transplantadas a suelo solarizado por diez semanas. |
| 2 | Suelo solarizado | Sustrato no solarizado | Plantas producidas en sustrato no solarizado y transplantadas a suelo solarizado por diez semanas. |
| 3 | Suelo tratado con fungicida | Sustrato solarizado | Plantas producidas en sustrato solarizado por seis semanas y transplantadas a suelo tratado con el fungicida Banrot en dosis de 2.7 kg/ha de ingrediente activo aplicado como drench al transplante. |
| 4 | Suelo tratado con fungicida | Sustrato no solarizado | Plantas producidas en sustrato no solarizado y transplantadas a suelo tratado con el fungicida Banrot en dosis de 2.7 kg/ha de ingrediente activo aplicado como drench al transplante. |
| 5 | Suelo no tratado | Sustrato solarizado | Plantas producidas en sustrato solarizado por seis semanas y transplantadas a suelo no solarizado ni tratado con fungicida. |
| 6 | Suelo no tratado | Sustrato no solarizado | Plantas producidas en sustrato no solarizado y transplantadas a suelo no solarizado ni tratado con fungicida (Testigo absoluto). |

Las unidades experimentales fueron parcelas de dos camas de 10 m de longitud, 70 cm de anchura en la corona y espaciadas a 40 cm entre sí para un área total por parcela de 22 m². En cada cama se sembraron dos hileras de plantas a una distancia de 25 cm entre hilera y 25 cm entre plantas. Cada tratamiento se replicó cuatro veces. El riego, fertilización, control de malezas, control de enfermedades aéreas y control de plagas se hizo conforme a las prácticas que normalmente realizan los productores de la zona. Las variables medidas fueron: temperatura del suelo, incidencia y severidad de pudrición de corona, rendimiento total, rendimiento comercial y peso promedio de raíces. Para evaluar severidad se usó una escala de 0 a 4 donde: 0 = raíz sin síntomas de pudrición negra y 4 = rajaduras y tejido corchoso cubriendo más del 50% de la raíz. A los datos de rendimiento se les practicó el análisis de la

varianza utilizando el modelo para un diseño de Bloques Completos al Azar, separación de medias usando la Diferencia Mínima Significativa (DMS). Durante la solarización se registró la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad a intervalos de una hora. La información de temperatura fue luego promediada.

Resultados

Se registraron diferencias de temperatura entre el suelo solarizado y el suelo no solarizado en el campo definitivo. Las temperaturas más altas ocurrieron entre 3:00 y 5:00 p.m. con registros promedios de 40 °C en suelo solarizado y 26 °C en suelo no solarizado (Figura 1). La temperatura más alta se registró el 22 de Mayo con 43.5 °C en suelo solarizado y 28 °C en suelo no solarizado.

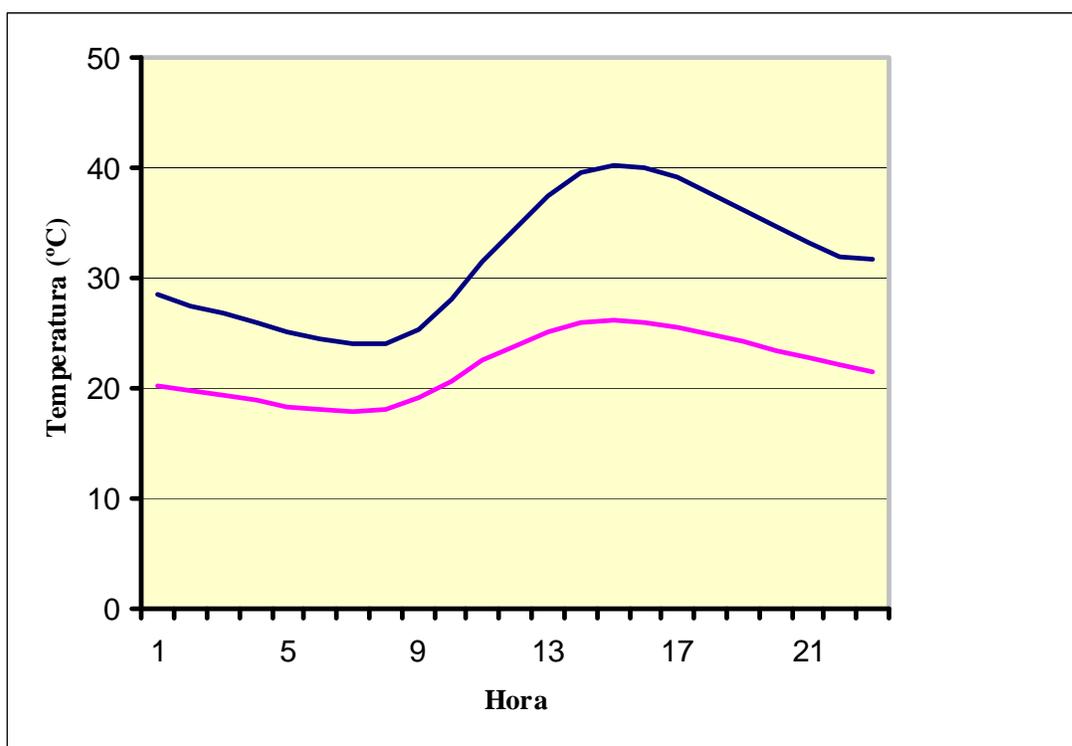


Figura 1. Temperaturas promedio registradas diariamente a 10 cm de profundidad en suelo solarizado y no solarizado entre el 13 de Abril y el 25 de Junio. La Esperanza, Intibucá. 2007.

No se detectó efecto ninguno de la solarización del sustrato de germinación (Factor B) sobre ninguna de las variables medidas y/o observadas en las plantas de remolacha. Al hacer los análisis estadísticos tampoco se encontró interacción significativa entre los dos factores estudiados, por lo que a continuación solo se discuten los efectos de los niveles del Factor A (Tratamiento al suelo en el campo definitivo).

Aunque no se hicieron mediciones sobre vigor de las plantas, se observó que las plantas creciendo en suelo solarizado eran más vigorosas y alcanzaron tamaño de cosecha en promedio seis días antes que las plantas en suelo no solarizado. El peso promedio de las raíces de plantas crecidas en suelo solarizado fue de 243.5 g/raíz, significativamente superior al de las raíces de plantas en el tratamiento testigo y el tratamiento químico, cuyo peso fue de 163.7 g y 152.8 g, respectivamente. En las parcelas solarizadas se observó menor incidencia de gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), que en las parcelas no solarizadas, posiblemente porque el plástico sirvió como barrera física durante el período de oviposición del insecto, el cual ocurre entre Mayo y Junio de cada año, coincidiendo con el inicio de la época lluviosa. El rendimiento total en el tratamiento de solarización fue de 16,268 kg/ha, significativamente superior al testigo y al tratamiento químico que produjeron 10,528 kg/ha y 9,254 kg/ha, respectivamente (Figura 2). El rendimiento comercial del tratamiento de solarización obtuvo un rendimiento de 13,917 kg/ha, fue significativamente mayor que el rendimiento de los tratamientos testigo y químico (8,810.8 y 7,513.64 kg/ha, respectivamente).

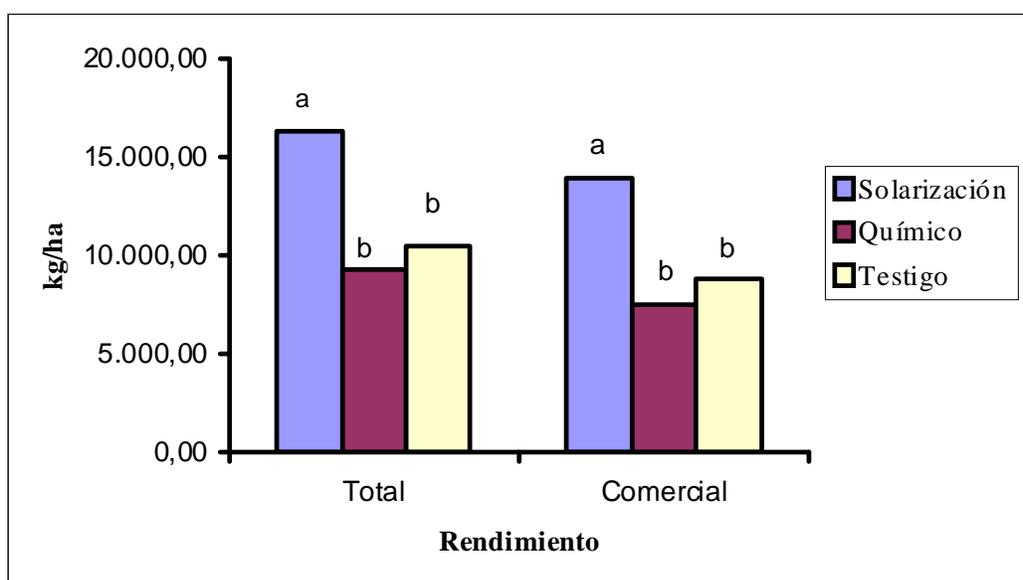


Figura 2. Rendimiento total y comercial de remolacha en ensayo sobre control de rhizoctonias. La Esperanza, Intibucá, 2007.

La incidencia de raíces con síntomas de rhizoctonias fue similar en todos los tratamientos: 26.54% en el tratamiento químico, 27.56% en el Testigo y 29% en el tratamiento solarización (Figura 3). Sin embargo, se registraron diferencias significativas en lo que respecta a severidad del daño registrado. El porcentaje de raíces con severidad leve (Grado 1) fue mayor en el tratamiento de solarización, mientras que el porcentaje de raíces con severidad intermedia y alta (Grados 2 y 3 y 4) fue similar en los tres tratamientos pero se observó una tendencia hacia un menor número de raíces con severidad alta en el tratamiento de solarización.

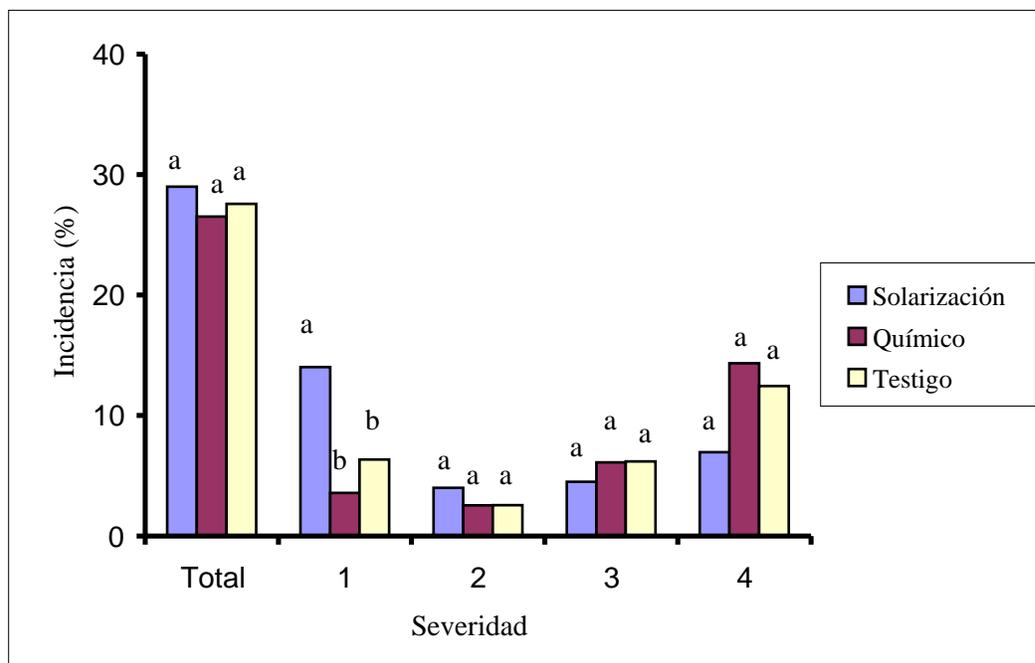


Figura 3. Incidencia y severidad de rhizoctonias de la remolacha. La Esperanza, Intibucá, 2007.

Evidentemente el tratamiento de solarización tuvo un efecto positivo en rendimiento comercial de remolacha; sin embargo, el uso de plástico para solarizar determina en un incremento en el costo de producción que hay que considerar para determinar si es económicamente práctico incorporar esta práctica dentro de un plan de manejo del cultivo. En el Cuadro 2 se presentan los datos de costos parciales e ingresos de cada tratamiento evaluado. El tratamiento de solarización, aún con el incremento de costo de producción resultó ser la mejor opción para obtener beneficios económicos cultivando remolacha al determinar un beneficio neto de L.15,058.75/ha.

Cuadro 2. Rendimiento comercial, beneficio y costo variable en el control de la rhizoctonias de la remolacha en La Esperanza, Intibucá, 2007.

| | Tratamiento | | |
|-------------------------------|-------------|--------------|----------------------------------|
| | Testigo | Solarización | Etridiazole + Tiofanato metílico |
| Rendimiento (kg/ha) | 8,810.80 | 13,917.61 | 7,513.64 |
| Beneficio bruto (L/ha) | 58,415.60 | 92,273.75 | 49,815.43 |
| Costo variable | | | |
| Manejo agronómico del cultivo | 48,146.0 | 48,146.00 | 48,146.00 |
| Costo fungicida | 0.00 | 0.00 | 3,600.00 |
| Plástico | 0.00 | 28,000.00 | 1,600.00 |
| Mano de obra | 0.00 | 1,800.00 | 60.00 |
| Total costo variable | 48,146.0 | 77,946.00 | 53,406.00 |
| Beneficio neto parcial | 10,269.60 | 15,058.75 | -3590.57 |

Conclusiones

El tratamiento de solarización del suelo no tuvo efecto significativo sobre la incidencia de pudrición de la corona, pero si redujo significativamente la severidad de la enfermedad. Ello se tradujo en que el rendimiento total y comercial de remolacha superara significativamente a la aplicación de químicos.

Recomendación

Repetir el ensayo para confirmar los resultados obtenidos.

Bibliografía

- Flores, J. L., Zelaya, W. y Melgar, J. C. 2005. Evaluación de fungicidas para el manejo de la Pudrición negra (*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de remolacha en la Estación Experimental Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá, Honduras. 2006. Informe Técnico Anual. Proyecto FHIA, La Esperanza. FHIA, La Lima, Cortés, Honduras.
- Keinath, A. P. 1995. Reduction in inoculum density of *Rhizoctonia solani* and control of belly rot on pickling cucumber with solarization. Plant Dis. 79: 1213.
- Kiewnick, S., Jacobsen, B. J., Braun-Kiewnick, A., Eckhoff, J. L. A. y Bergman, J. W. 2001. Integrated control of *Rhizoctonia* crown and root rot of sugar beet with fungicides and antagonistic bacteria. Plant Dis. 85:718-722.
- Montealegre, J., Díaz, R., Sepúlveda, G. y Sackenheim, R. 1998. Uso de la solarización en el control de *Rhizoctonia solani* Kühn en el valle de Azapa, I región de Chile. Investigación Agrícola 18.
- Osman, A. R. y Sahab, A. F. SF. 1984. Control of *Rhizoctonia solani* by soil solarization. http://www.actahort.org/books/152/152_26.htm
- Rodríguez Pérez, A., Díaz Hernández, S. y Gallo Llobet, L. 2004. Eradication of *Phytophthora nicotianae* and *Rhizoctonia solani* by double layer solarization in tomato seedbeds. http://www.actahort.org/members.showpdf?booknrnrnr=698_28
- Schneider, C. L. y Whitney, E. D. 1986. *Rhizoctonia* Root and Crown Rot. En Compendium of Beet Diseases and insects. APS Press. St. Paul, MN USA.
- Steel, R. G.D., y Torrie, J. H. 1980. Principles and Procedures of Statistics; a Biometrical Approach. McGraw Hill. New York, USA

Evaluación de la respuesta de la mora silvestre al manejo agronómico. LAEZA 06-04

Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Este experimento se encuentra actualmente en el campo en proceso. Se esperan los resultados para finales de Junio de 2008.

Evaluación de variedades de fresa. LAEZA 06-09

Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Este experimento se encuentra actualmente en el campo en proceso. Se esperan los resultados para finales de Junio de 2008.

Evaluación de cinco patrones criollos de aguacate injertados con la variedad Hass. LAEZA 06-17

Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Este experimento se encuentra actualmente en el campo en proceso. Los resultados se presentarán hasta dentro de tres años.

Evaluación de variedades de durazno. LAEZA 06-13

Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Este experimento se encuentra actualmente en el campo en proceso. Los resultados se presentarán hasta dentro de dos años.

Evaluación de dos variedades de pera. LAEZA 06-14

Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Este experimento se encuentra actualmente en el campo en proceso. Resultados se presentarán hasta dentro de dos años.

Evaluación de frutales exóticos. LAEZA 06-15

Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Este experimento se encuentra actualmente en el campo en proceso. Resultados se presentarán hasta finales de 2008.

Evaluación de ocho variedades de membrillo. LAEZA 06-18

Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Este experimento se encuentra actualmente en el campo en proceso. Los resultados se presentarán hasta dentro de dos años.

Evaluación del efecto de la técnica de solarización en sustratos de siembra para el control de enfermedades del suelo y desarrollo de las plántulas bajo las condiciones de La Esperanza. LAEZA-NEM 07-04

Francisco Javier Díaz
Departamento de Protección Vegetal
Milton Toledo
Proyecto 2KR FHIA, La Esperanza

Resumen

Los tratamientos evaluados incluyeron solarización de sustrato de siembra con una capa de plástico, con doble capa de plástico separadas 0.2 m, un Testigo absoluto y un Testigo comercial (Basamid[®]). Se usó plástico transparente de 0.08 cm de grueso y las camas solarizadas permanecieron cubiertas por seis semanas; Basamid[®] fue aplicado a la cuarta semana. La mayor diferencia en la temperatura máxima promedio entre solarizado con capa doble y única de plástico fue 7.0 °C registrada en horas de la mañana; mientras que durante el resto del día las diferencias de temperatura fluctuaron entre 4.4 y 6.8 °C, siempre mayor en el solarizado con capa doble. No se observaron diferencias en la sobrevivencia de plántulas de remolacha y lechuga entre los tratamientos solarizados, Basamid[®] y el Testigo absoluto. Diferencias significativas ($p = 0.05$) en altura de plántulas fueron observadas en el tratamiento solarizado con doble capa comparado con los demás tratamientos; sin embargo, el mayor peso de plántulas de remolacha y lechuga se observó en el tratamiento con el desinfectante Basamid[®].

Introducción

Tradicionalmente, el uso de pesticidas químicos representa la táctica más frecuentemente usada para combatir plagas; sin embargo, restricciones económicas y ambientales se convierten en las mayores limitantes de esta táctica, por lo que la búsqueda de prácticas no-químicas de manejo es necesaria como alternativa en el manejo de plagas. La solarización constituye un método no-químico que ha probado ser efectivo en el control de plagas del suelo en varios cultivos hortícolas (Katan 1981), especialmente en zonas tropicales donde la prevalencia de altas temperaturas y lluvias constantes favorecen el crecimiento y multiplicación de plagas del suelo.

Se ha demostrado la efectividad de la solarización en el control de hongos (Klein 2007), malezas (Horowitz *et al.* 1983) y nematodos (Stapleton y De Vay 1986). La solarización es un proceso natural hidrotérmico en el cual la radiación solar al pasar a través de plástico transparente incrementa la temperatura del suelo o sustrato húmedo a niveles letales para la plaga. Un aspecto importante dentro del proceso de solarización es la humedad del suelo o sustrato debido a que la transferencia de calor hacia las semillas de malezas y plantas y de microorganismos del suelo está altamente relacionada a la humedad (Klein *et al.* 2007). Muchos de los patógenos del suelo son mesofílicos (no pueden desarrollarse en ambientes con temperaturas superiores a los 31-32 °C) (De Vay *et al.* 1991); sin embargo, los organismos que no son inactivados por la acción de la temperatura pueden ser debilitados y ser vulnerables a los

cambios en el ambiente y/o a los cambios en las poblaciones de otros organismos que pueden convertirse en antagonistas. Efectos adicionales del uso de la solarización fueron reportados por Stapleton y De Vay (1986) quienes observaron que suelos sometidos a tratamiento de solarización mostraron niveles más altos de nutrientes solubles y provocaban cambios en la biota del suelo que favorecen su colonización por microorganismos benéficos. Carías y Ramírez (1998) observaron en su estudio una menor incidencia de damping-off en plántulas de repollo desarrolladas en camas de siembra solarizadas que en las no-solarizadas.

La tecnología de solarización ha sido conocida y estado disponible por años; sin embargo, es prácticamente desconocida en Honduras a pesar de su efectividad, simpleza, bajo costo de implementación y de la posición geográfica ventajosa en que se encuentra Honduras al estar situada en una zona tropical donde los rayos solares directos y cielos despejados prevalecen a lo largo del año. El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la solarización de sustratos artesanales de germinación sobre la incidencia de enfermedades del suelo y el consecuente efecto en el desarrollo de plántulas de remolacha (*Beta vulgaris* L) y lechuga (*Lactuca sativa*) bajo las condiciones de La Esperanza, Intibucá.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la Estación Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá del 20 de Marzo al 4 de Mayo de 2007. El área utilizada comprendió cuatro camas de 0.6 m³ (1 x 2 x 0.3 m) conteniendo sustrato artesanal de siembra conformado por una mezcla de 2/3 partes de suelo de montaña colado + 1/3 parte de tierra negra. Las camas fueron acomodadas en un diseño de parcelas independientes donde cada tratamiento fue asignado aleatoriamente a una cama. Los tratamientos consistieron en la solarización de sustrato de siembra en dos modalidades: capa sencilla y capa doble de plástico separadas a 0.2 m entre sí en comparación a un Testigo absoluto sin solarizar y un Testigo comercial, Basamid[®] (dazomet). Se utilizó plástico transparente (0.08 cm de grosor) y una vez colocado sobre las camas estas permanecieron cubiertas por seis semanas.

Para la conformación de cada cama se utilizó una estructura de madera con las dimensiones descritas arriba, colocada sobre plástico y seguidamente llenada con el sustrato de siembra (Figura 1). Seguidamente, el sustrato fue humedecido a su capacidad máxima a medida se iba llenando el molde usando una manguera previo a la colocación del plástico (Figura 2); el mantenimiento de humedad apropiada del sustrato durante las seis semanas que estuvo colocado el plástico se hizo colocando cintas de goteo bajo el plástico. Para el tratamiento con dos capas de plástico, se ajustó una separación de 0.2 m entre la primera y segunda capa de plástico en toda el área de la cama utilizando arcos de varilla de hierro de ¼ de pulgada (Figura 3). El Testigo comercial Basamid[®] fue aplicado en la cuarta semana utilizando la dosis de 50 g/m², luego la cama fue cubierta con plástico negro y dejado por dos semanas más para así destapar todos los tratamientos al final de las seis semanas del período de solarización. La temperatura del sustrato a dos profundidades (10 y 20 cm) fue registrada a intervalos de una hora utilizando un sensor electrónico (WatchDog[®], modelo 450, Spectrum Technologies, Plainfield, IL, USA, Figura 4).



Figura 1. Llenado de sustrato en el molde de madera de 0.6 m³.



Figura 2. Humedecimiento inicial del sustrato con agua.

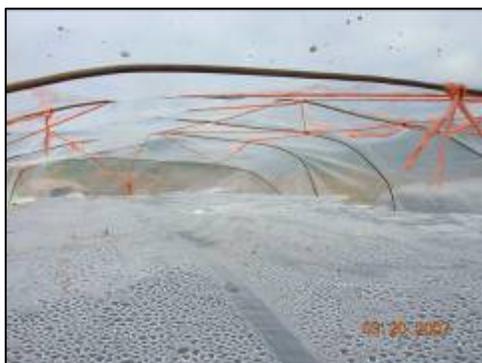


Figura 3. Estructura metálica para separación de las capas de plástico.



Figura 4. Instalación de sensor electrónico DogWatch para medición de la temperatura a 10 y 20 cm de profundidad.

Al finalizar el período de solarización, se procedió a retirar el plástico y con el sustrato tratado que se obtuvo de cada tratamiento se llenaron seis bandejas de germinación de 200 celdas, de las cuales tres se sembraron con semilla de remolacha y tres con lechuga; seguidamente las bandejas fueron colocadas dentro de una estructura de madera para protección contra el viento donde el total de las 24 bandejas fueron distribuidas al azar en tres bloques conteniendo ocho bandejas/bloque.

Para medir el desarrollo de las plántulas se determinó su peso fresco tomando 40 plantas de cada cultivo/tratamiento a los 25 días después de la siembra (dds) de las semillas. Adicionalmente al finalizar el período de solarización se recolectó una muestra de 0.3 kg de sustrato formado por cinco sub-muestras tomadas al azar de cada uno de los sustratos tratados y se utilizó para hacer determinaciones en el laboratorio de que tan favorable era el sustrato tratado para el desarrollo de enfermedades de acuerdo a la actividad microbiana observada. Para ello se utilizó la clasificación de suelo propuesta por APNAN, en la cual suelo clase 1 son desfavorables y se caracterizan por predominancia de colonias de especies del hongo *Fusarium* (>15-20%), y suelos clase 2, 3 y 4 son favorables, en los cuales *Fusarium* es bajo y otras especies de hongos (*Aspergillus*, *Penicillium*,

Trichoderma, etc.) y ciertas bacterias predominan, lo cual genera un ambiente desfavorable a los organismos patógenos.

Análisis estadístico

Los datos de temperatura, sobrevivencia, altura y peso fresco fueron analizados mediante análisis de varianza y seguidamente con la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS).

Resultados y discusión

Efecto de la solarización sobre la temperatura del suelo

La temperatura máxima promedio registrada ocurrió en sustrato bajo capa doble de plástico, cuyo valor fue de 52.94 °C a 10 cm de profundidad a las 16:00 horas (4:00 p.m.); en sustrato bajo una capa de plástico el máximo registro promedio fue de 48.26 °C también a 10 cm y a las 16:00 horas (4:00 p.m.). Estas diferencias registradas durante las horas más calientes del día (11:00-18:00; 11:00 a.m. a 6:00 p.m.) fueron estadísticamente significativas (p= 0.05). La mayor diferencia en temperatura entre los tratamientos solarizados fue de 7.0 °C registrada a las 16:00 a 10 cm de profundidad y 3.45 °C registrada a las 18:00 y a profundidad de 20 cm; el resto del día las diferencias de temperatura fluctuaron entre 4.43 y 6.8 °C a 10 cm y entre 0.85 y 2.5 °C a 20 cm de profundidad, respectivamente (Figura 5).

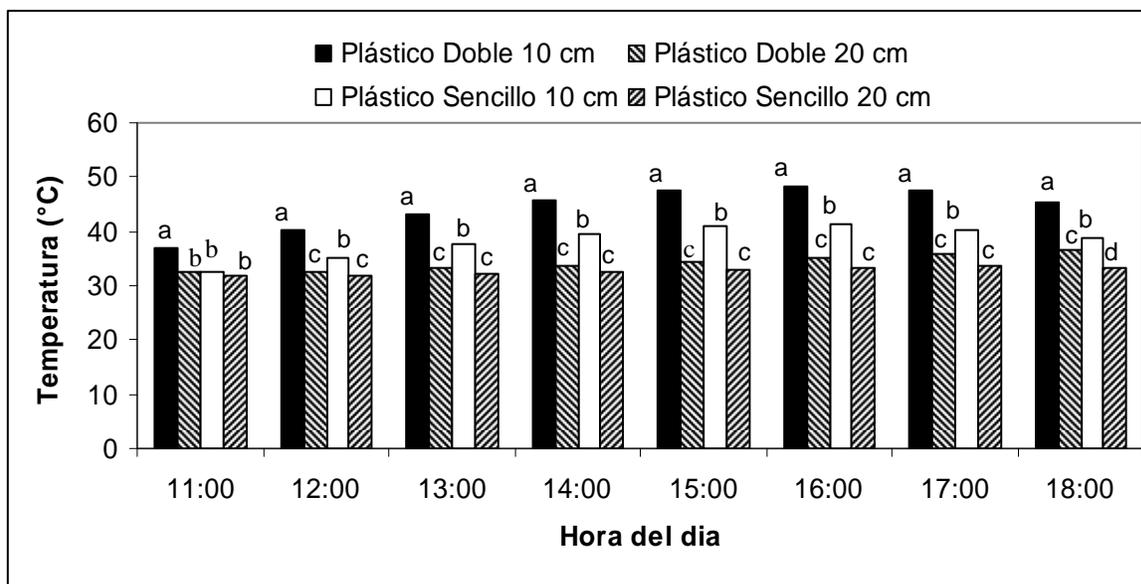


Figura 5. Temperaturas (°C) promedio registradas diariamente a profundidad de 10 y 20 cm en sustratos sometidos a solarización. FHIA, La Esperanza, Intibucá, Honduras. 2007.

Sobrevivencia de plántulas en el semillero

En el muestreo de sobrevivencia hecho a los 25 dds, no se observó diferencias significativas en ninguno de los cultivos en el número de plantas desarrolladas en sustratos diferentes. Todos los porcentajes de sobrevivencia alcanzaron valores por encima del 95% de la población original de semilla sembrada (n= 200).

Efecto de la solarización sobre el crecimiento de las plántulas

Diferencias en altura de plántulas fueron observadas en el muestreo a los 25 dds entre los cultivos evaluados. Plantas de remolacha (Cuadro 1) desarrolladas sobre sustrato solarizado con doble capa de plástico registraron una altura de 2.8 cm, superando estadísticamente a los demás tratamientos. La longitud de raíz de dichas plantas no mostró diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, el promedio mayor fue observado en plántulas desarrolladas sobre suelo desinfectado con Basamid[®]. El peso fresco de raíz y de follaje mostraron los mayores valores en plántulas desarrolladas sobre suelo desinfectado con Basamid[®], con promedios de 0.44 y 1.2 g/planta, respectivamente; le seguían plantas del tratamiento solarizado con una capa de plástico (0.3 y 0.8 g/planta), respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Desarrollo registrado 25 días después de la siembra de la semilla en plántulas de remolacha desarrolladas en bandejas germinadoras con sustrato sometido a tratamientos desinfectantes. FHIA, La Esperanza, Intibucá. 2007.

| Tratamiento | Altura de planta (cm) ¹ | Longitud de raíz (cm) ¹ | Peso fresco de raíz (g) ¹ | Peso fresco de follaje (g) ¹ | Peso seco de raíz (g) ¹ | Peso seco de follaje (g) ¹ |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| Plástico doble capa | 2.8a | 7.7a | 0.25b | 0.6bc | 0.05ab | 0.1b |
| Plástico capa sencilla | 2.3b | 7.35a | 0.26ab | 0.8b | 0.04b | 0.1b |
| Basamid [®] | 2.25b | 8.2a | 0.44a | 1.2a | 0.07a | 0.2a |
| Testigo | 2.05b | 7.1a | 0.19b | 0.4c | 0.03b | 0.06b |

¹ Promedios en una misma columna con letra distinta son estadísticamente diferentes según la prueba DMS (p = 0.05)

En un estudio similar desarrollado por Díaz y Toledo en el 2006, los mayores pesos de plántulas de remolacha fueron observados en el sustrato solarizado con doble capa seguido por el Testigo absoluto y Basamid[®], y los menores pesos fueron registrados en plántulas desarrolladas sobre suelo solarizado con una capa de plástico.

En lechuga (Cuadro 2) la mayor altura de planta se registró en el tratamiento con doble capa de plástico (3.1 cm), y los menores y estadísticamente diferentes (p= 0.05) en los tratamientos con Basamid[®] (2.25 cm) y Testigo absoluto (225 cm), respectivamente. Aunque no mostró la mayor altura de plántulas, el Testigo absoluto produjo plántulas con mayor peso total (raíz + follaje), con valor promedio de 3.65 g/planta, seguido por el tratamiento con Basamid[®] (3.03 g) y el solarizado con doble capa (2.7 g), respectivamente (Cuadro 2).

Los resultados difieren con los obtenidos en el 2006 en el cual las plantas con mayores pesos fueron observados en los tratamientos solarizados y el menor en el Testigo absoluto. Una explicación podría ser que la calidad del sustrato usado en este estudio fue de mejor calidad (menor incidencia de patógenos) comparada con el sustrato usado en el 2006 y por ende no se observó un efecto de los demás tratamientos.

Cuadro 2. Desarrollo registrado 25 días después de la siembra de la semilla en plántulas de lechuga desarrolladas en bandejas germinadoras con sustrato sometido a tratamientos desinfectantes. FHIA, La Esperanza, Intibucá. 2007.

| Tratamiento | Altura de planta (cm) ¹ | Longitud de raíz (cm) ¹ | Peso fresco de raíz (g) ¹ | Peso fresco de follaje (g) ¹ | Peso seco de raíz (g) ¹ | Peso seco de follaje (g) ¹ |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| Plástico doble capa | 3.1a | 7.9a | 0.3b | 2.4ab | 0.07b | 0.33ab |
| Plástico una capa | 2.6ab | 6.5b | 0.33b | 1.77b | 0.07b | 0.24b |
| Basamid® | 2.25b | 7.0ab | 0.7a | 2.33ab | 0.11 ^a | 0.29b |
| Testigo | 2.25b | 7.4ab | 0.69a | 2.96a | 0.11 ^a | 0.4a |

¹ Promedios en una misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes según la prueba DMS (p = 0.05).

Microorganismos aislados en el laboratorio a partir de muestras de sustrato

Las diluciones obtenidas de sustrato solarizado con doble capa de plástico que fueron sembradas en medio artificial de cultivo en el laboratorio mostraron ausencia de crecimiento alguno de hongos; en cambio, a partir de las diluciones provenientes de sustrato sometido a los demás tratamientos si ocurrió crecimiento de hongos (Cuadro 3). Presencia de colonias de especies (no identificadas) del hongo *Fusarium* ocurrieron solamente en el Testigo; en las suspensiones obtenidas de los demás tratamientos crecieron especies de *Aspergillus*, *Penicillium* y otros hongos no identificados. Bacterias no identificadas crecieron a partir de las suspensiones obtenidas de todos los tratamientos sin excepción. Con base a la literatura consultada (APNAN 1995), se interpreta que, exceptuando al Testigo, los tratamientos de solarización y con Basamid determinaron condiciones desfavorables a los microorganismos patógenos, siendo ello más notorio cuando se solarizó utilizando doble capa de plástico.

Cuadro 3. Número de colonias de microorganismos contadas en medio cultivo a partir de diluciones seriadas de suspensiones de los sustratos representativos de los tratamientos desinfectantes evaluados. FHIA, La Esperanza, Intibucá. 2007.

| Tratamiento | Dilución | | | | | |
|------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----|------------------|------|
| | 1/100 | | 1/1,000 | | 1/10,000 | |
| | Ho ¹ | Ba ¹ | Ho | Ba | Ho | Ba |
| Plástico doble capa | 0.0 | 5.7 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.33 |
| Plástico capa sencilla | 5.0 ² | 5.0 | 0.0 | 2.7 | 0.0 | 0.7 |
| Basamid® | 8.0 ³ | 7.0 | 2.0 ⁴ | 3.0 | 0.0 | 0.0 |
| Testigo | 4.0 ⁵ | 6.7 | 0.0 | 3.3 | 4.0 ⁶ | 1.3 |

¹ Promedio de tres repeticiones expresado en UFC: Unidades Formadoras de Colonias. Ho: Hongos; Ba: Bacterias

^{2,3,4} *Aspergillus* spp.; ⁵ *Fusarium* spp. (1), sin ID (3); ⁶ *Penicillium* spp. (1), *Aspergillus* spp. (1), sin ID (2).

Conclusiones

La solarización con una y dos capas de plástico tuvo un efecto general positivo en las plántulas en términos de crecimiento, aunque no se pudo determinar su efecto en la fitosanidad en vista de la aparente ausencia de patógenos en el sustrato original utilizado.

Los resultados de laboratorio mostraron que la solarización indujo en el sustrato un ambiente desfavorable para los fitopatógenos.

El incremento en temperatura determinado por doble capa de plástico mejoró significativamente el efecto desinfectante del sustrato producido por la solarización y deberá utilizarse cuando las condiciones locales de temperatura lo requieran.

Se debe promover la utilización de la solarización entre pequeños productores como una práctica de agricultura sostenible, en particular en condiciones donde hay un historial de ocurrencia de patógenos del suelo.

Bibliografía citada

APNAN. 1995. EM Application Manual for APNAN Countries. 1ra Ed. Asia-Pacific Natural Agriculture Network.

Carías, P. y Ramírez, D. 1998. Evaluación del efecto de solarización en el control de enfermedades del suelo en semilleros de repollo. Informe Técnico, FHIA.

Díaz, F. J. y J. Jiménez. 2007. Evaluación del efecto de la técnica de solarización en semilleros artesanales para el control de enfermedades del suelo bajo las condiciones del Valle de Comayagua. Informe Técnico, FHIA.

Hartz, T., De Vay, J. and Elmore, C. 1993. Solarization is an effective soil disinfestation technique for strawberry production. Hort Science (28)2: 104-106.

Horowitz, M., Y. Regev, and G. Herzlinger. 1983. Solarization for weed control. Weed science. 31:170-179.

Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Ann. Rev. Phytopathol. 19: 211-236.

Klein, E., J. Katan, M. Austerweil, and A. Gamliel. 2007. Controlled laboratory system to study soil solarization and organic amendment effects on plant pathogens. Phytopathology 97: 1476-1483.

Stapleton, J. and De Vay, J. 1986. Soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. Crop Protection 5(3): 190-198.

Evaluación del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis bacteriophora* para el control de gallina ciega (*Phyllophaga obsoleta*) en el Altiplano de Intibucá. LAEZA-ENT 07-06

Hernán R. Espinoza
Departamento de Protección Vegetal
Milton Toledo
Proyecto 2KR, FHIA

Resumen

En la Estación Experimental Santa Catarina, La Esperanza, Intibucá, se evaluaron dos dosis de *Heterorhabditis bacteriophora* (180,000 y 360,000 nematodos por m², respectivamente) para el control de larvas de *Phyllophaga obsoleta* en fresa. Se hicieron dos aplicaciones de nemátodos, una con bomba de mochila aplicada a la superficie, en la base de cada planta y la otra, tres semanas después, con una bomba dosificadora, inyectada al suelo. Solamente en el testigo comercial (Imidacloprid 0.5 kg/ha) se observaron larvas muertas o moribundas, una semana después de la aplicación.

Introducción

La gallina ciega (*Phyllophaga obsoleta*), es la principal plaga que afecta la producción hortícola en La Esperanza entre Junio y Noviembre de cada año, requiriendo de aplicaciones de pesticida, cuyos resultados no siempre son satisfactorios. Por otra parte, los insecticidas granulados usados son altamente tóxicos, afectando además a otros organismos ajenos al problema, por lo que es necesario investigar alternativas de menor impacto ambiental que permitan un manejo satisfactorio de la plaga.

En los últimos años ha habido un incremento en el interés por los nemátodos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* como agentes de control biológico. Estos nematodos son altamente letales para muchos insectos que viven en el suelo, pero son tan seguros para plantas y animales que su aplicación no requiere de equipo de protección ni son sujetos al proceso de registro requerido por cualquier otro pesticida al no haber requisitos de tiempo de reentrada, residuos, contaminación de aguas, efecto en polinizadores, etc. (Gaugler 2007). Los juveniles infectivos son la única fase de vida libre de estos nemátodos y están adaptados para la búsqueda de sus huéspedes (Kaya and Koppenhöfer 1999). Al localizar un huésped, los nemátodos penetran por las cavidades naturales del insecto (boca, ano, espiráculos) o áreas de cutícula delgada. Al llegar a la cavidad del cuerpo una bacteria simbiótica acarreada en el intestino del nemátodo es liberada. La bacteria se reproduce rápidamente, matando al insecto en menos de 48 horas (Gaugler 2007, Kaya and Koppenhöfer 1999).

En condiciones de laboratorio, el rango de huéspedes y las pruebas de mortalidad con estos nemátodos son impresionantes. Sin embargo, en condiciones de campo, factores como el comportamiento de los insectos y barreras ambientales restringen significativamente el efecto de los nemátodos insecticidas. Por esta razón es importante hacer una buena selección de la especie de nemátodo a utilizar, considerando las características de la plaga y así, asegurar que se den las condiciones para que los nemátodos puedan entrar en contacto e infectar la plaga que

se quiere controlar (Gaugler 1999). En general, el control de larvas de *Phyllophaga* por medio de agentes biológicos ha sido muy limitado, posiblemente debido a que estos insectos tienen una variedad de mecanismos de defensa como resultado de coevolución con nemátodos entomopatógenos y otros patógenos del suelo (Koppenhöfer and Fuzy 2003). En pruebas de laboratorio para determinar la ruta de infección de *Steinernema carpocapsae* y *Heterorhabditis heliothidis* en *Phyllophaga hirticola*, se observó que esta última tiene espiráculos con una placa con microperforaciones que impiden la entrada de estos nemátodos por esta vía y que la mayor tasa de infección se dio cuando los nemátodos penetraron por la boca. También se observó que la tasa de infección de *S. carpocapsae* fue muy baja, aparentemente debido a que la membrana peritrófica de *P. hirticola* es bastante densa, dificultando la penetración de estos nemátodos (Forschler and Gardner 1991). Pruebas de campo indican que las especies *Steinernema glaseri* y *S. scarabei* están muy bien adaptadas para atacar larvas de escarabidos. *Steinernema scarabei* muestra un gran potencial para el control de larvas de escarabidos, pues tiene un alto grado de adaptación a estos insectos. Además de la eficacia y rapidez de acción, esta especie es capaz de sobrevivir en el suelo, de manera que se presta para liberaciones inoculativas para control a largo plazo (Koppenhöfer and Fuzy 2003). Sin embargo, estas especies aún no se encuentran disponibles en el mercado debido a problemas tecnológicos que limitan su cría en forma industrial (Gaugler 1999, Koppenhöfer and Fuzy 2003).

De las especies disponibles actualmente en el mercado, *Heterorhabditis bacteriophora* es el que ha dado los mejores resultados para el control de larvas de *Phyllophaga*. En condiciones de campo, con temperaturas del suelo arriba de 20 °C, este nematodo puede inducir en larvas de *Popilla japonica* niveles de mortalidad similar a pesticidas químicos (Georgis and Gaugler 1991). Esta especie presenta adaptaciones como alta eficiencia en detección de huésped y un “diente” en la región bucal (Ciche 2007) que le permite penetrar directamente a través del exoesqueleto o la membrana peritrófica característica de *Phyllophaga*. El objetivo de esta prueba es determinar la eficacia de nemátodos entomopatógenos para controlar larvas de *Phyllophaga obsoleta* en las condiciones del altiplano intibucano.

Materiales y métodos

El ensayo se desarrolló en una parcela de fresa (*Fragaria x ananassa*) establecida en la Estación Experimental Santa Catarina en La Esperanza, Intibucá (1650 msnm). La fresa fue sembrada en Enero de 2006, en camas de 60 cm de ancho a un metro de centro a centro, sembrada en doble surco a 35 cm en cuadro en el centro de la cama. El manejo agronómico de la fresa se hizo siguiendo las recomendaciones establecidas para la zona.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y una unidad experimental de 12 m de cama en el que se evaluaron los siguientes tratamientos:

1. *Heterorhabditis bacteriophora*: 180,000 nematodos/m² (dosis recomendada).
2. *H. bacteriophora*: 360,000 nemátodos/m² (2X).
3. Imidacloprid (Confidor®) a 0.5 kg/ha (control comercial).
4. Control sin insecticida.

Las parcelas fueron bloqueadas considerando el número de plantas con síntomas de ataque de gallina ciega, de manera que las parcelas de cada bloque tuvieran un número similar de plantas afectadas. Los nemátodos fueron obtenidos de la compañía Rincón-Vitova Insectaries de Ventura, California y se aplicaron en suspensión en agua siguiendo sus recomendaciones. Los tratamientos fueron aplicados el 22 de Agosto de 2007, utilizando una bomba de mochila de acción manual, provista de un regulador de presión de 207 kPa (equivalente a 30 libras por pulgada cuadrada). Todos los tratamientos se aplicaron en aproximadamente 15 ml de líquido, dirigidos a la base de la planta. El control absoluto solamente recibió agua. El 14 de Septiembre de 2007 se hizo una segunda aplicación de nemátodos en las mismas dosis que en la primera aplicación. Esta vez se utilizó una bomba dosificadora calibrada para tirar 25 ml por golpe y equipada con un inyector que permite colocar el material en el suelo. Las evaluaciones de mortalidad se realizaron una semana después de la aplicación de los tratamientos. En cada parcela se sacaron cuatro plantas seleccionadas al azar y se sacaron las larvas encontradas en la zona radicular de cada planta, registrando su estado (viva, moribunda o muerta). Debido a los resultados obtenidos no se realizó ningún análisis estadístico.

Resultados y discusión

En la primera evaluación, realizada el 29 de Agosto, solamente en las parcelas tratadas con imidacloprid se encontraron larvas muertas y moribundas. Cuando los nemátodos logran penetrar el huésped, estos generalmente mueren en menos de 48 horas (Gaugler 2007), por lo que se consideró que los tratamientos con nemátodos fueron totalmente inefectivos. La segunda aplicación de nemátodos se realizó por sugerencia del proveedor, quien recomendó que la aplicación se inyectara en el suelo para asegurar el contacto de los nemátodos con las larvas de *Phyllophaga*. En la evaluación realizada una semana después de la segunda aplicación todas las larvas observadas en los tratamientos con nemátodos se veían saludables y el número de larvas observadas por planta fue similar al observado en las plantas del testigo absoluto, de manera que no hubo una reducción en la población.

Hay evidencia que las larvas de *Phyllophaga* están muy bien adaptadas para protegerse de patógenos del suelo (Gaugler 1999). Los resultados aquí presentados muestran que en las condiciones de La Esperanza *Heterorhabditis bacteriophora* no fue capaz de infectar larvas de *Phyllophaga obsoleta*. Es probable que condiciones edáficas, p.e., bajo pH, alto contenido de arcilla hayan influido negativamente en los nemátodos. Por otra parte, el desempeño de los nemátodos también pudo haber sido afectado porque las larvas de *P. obsoleta* ya habían alcanzado el tercer estadio, el cual es más resistente a factores de mortalidad. Recientemente se ha encontrado una especie nueva de nemátodos que parece ser más efectiva para el manejo de gallina ciega (Koppenhöfer and Fuzy 2003); sin embargo, aún no está disponible comercialmente. Por otra parte, estos productos son sumamente caros y difícilmente estarán disponibles para el productor promedio de Honduras, a menos que sean producidos en el país.

Conclusión

Con base en estos resultados, no se recomienda el uso de *H. bacteriophora* para el control de gallina ciega en el altiplano de Intibucá.

Referencias citadas

- Ciche, T. 2007. The biology and genome of *Heterorhabditis bacteriophora*. *Wormbook*, ed. The *C. elegans* Research Community, *Wormbook*, doi/10.1895/wormbook.1.135.1, <http://www.wormbook.org>.
- Forschler, B. T. and W. A. Gardner. 1991. Parasitism of *Phyllophaga hirticola* (Coleoptera: Scarabaeidae) by *Heterorhabditis heliothidis* and *Steinernema carpocapsae*. *J. Invert. Pathol.* 58: 396-407.
- Gaugler, R. 1999. Matching nematode and insect to achieve optimal field performance. In: Optimal use of insecticidal nematodes in pest management. S. Polavarapu, Ed. Proc. Of Workshop. New Brunswick NJ, Aug. 38-30, 1999. Online URL: <http://www2.oardc.ohio-state.edu/nematodes/cranberry.pdf>.
- Gaugler, R. 2007. Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae & Heterorhabditidae). In: Biological Control: A guide to natural enemies in North America. C. R. Weeden, A. M. Shelton and M. P. Hoffman, eds. New York State Agric. Exp. Sta., Cornell Univ. Geneva NY (last modified 3/13/2007) Online URL: <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/nematodes.html>.
- Georgis, R. and R. Gaugler. 1991. Predictability in biological control using entomopathogenic nematodes. *J. Econ. Entomol* 84: 713-720.
- Kaya, H. K. and A. M. Koppenhöfer. 1999. Biology and ecology of insecticidal nematodes. In: Optimal use of insecticidal nematodes in pest management. S. Polavarapu, Ed. Proc. Of Workshop. New Brunswick NJ, Aug. 38-30, 1999. Online URL: <http://www2.oardc.ohio-state.edu/nematodes/cranberry.pdf>.
- Koppenhöfer, A. M. and E. M. Fuzy. 2003. *Steinernema scarabei* for the control of white grubs. *Biol. Control* 28: 47-59.

3. MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE VIDA DE LOS PRODUCTORES

Con el propósito de documentar como los productores de hortalizas atendidos por el Proyecto FHIA La Esperanza, financiado con fondos 2KR provenientes del Gobierno del Japón a través de la SAG, utilizan los ingresos adicionales obtenidos debido a acciones directas del Proyecto, se aplicó una encuesta a 36 productores de hortalizas de un total de 267. Los resultados de la encuesta demuestran claramente como los productores han cambiado sus cultivos, mejorado su forma de vida y su bienestar. Esta encuesta fue dirigida únicamente a los productores de hortalizas. Los productores de frutales (cerca de 900) no han sido incluidos.

A continuación se incluye un resumen de los resultados, referentes a: cambios en cultivos sembrados, aumento en ingresos, cambios en educación, cambios en consumo de alimentos y adquisición de bienes de capital. La información presentada aquí corresponde a productores que han recibido asistencia técnica del proyecto por un período promedio de aproximadamente 4 años (1 año: 8.3%, 2 años: 2.8%, 3 años: 27.8%, 4 años: 22.2%, 5 años: 13.9%, 6 años: 19.4% y 7 años: 5.6%).

1. Cambio en cultivos e ingresos

El objetivo del Proyecto es mejorar los ingresos y la forma de vida de los productores a través de la producción de “nuevos” cultivos hortícolas. El Cuadro 1 muestra como los productores encuestados han cambiado sus cultivos a raíz de la asistencia técnica impartida por la FHIA y se destaca el aumento en el área dedicada a la producción de hortalizas y la disminución en la producción de granos básicos. También resalta la disminución el área total cultivada, la cual disminuyó de 50.04 manzanas a 12.98 manzanas en el 2007.

Cuadro 1. Áreas con diferentes cultivos antes y después de intervención del Proyecto.

| Cultivos | AREA (%) | | AREA (mz) | |
|------------------|------------|------------|--------------|--------------|
| | Antes | Después | Antes | Después |
| Maíz | 76 | 0 | 37.72 | 0 |
| Frijol | 9 | 0 | 4.58 | 0 |
| Papa | 5 | 7 | 2.56 | 0.94 |
| Café | 10 | 0 | 5 | 0 |
| Chile | 0 | 8 | 0.12 | 1.08 |
| Tomate | 0 | 9 | 0.06 | 1.13 |
| Brócoli | 0 | 10 | 0 | 1.26 |
| Coliflor | 0 | 7 | 0 | 0.90 |
| Lechuga | 0 | 19 | 0 | 2.42 |
| Remolacha | 0 | 9 | 0 | 1.19 |
| Zanahoria | 0 | 15 | 0 | 1.96 |
| Habichuela | 0 | 5 | 0 | 0.63 |
| Cebolla | 0 | 5 | 0 | 0.70 |
| Repollo | 0 | 4 | 0 | 0.49 |
| Otras Hortalizas | 0 | 2 | 0 | 0.28 |
| Total | 100 | 100 | 50.04 | 12.98 |

Los ingresos reportados por los agricultores encuestados antes y después de la asistencia técnica fueron iguales a L.111,365.00 equivalentes a L.2,225.00/manzana con granos básicos y a L.666,525.00 equivalentes a L.51,350.00/manzana con hortalizas. Este es un aumento total de cerca del 600% para los agricultores encuestados.

2. Cambios en modo de vida: vivienda, educación y alimentación

El Cuadro 2 presenta los porcentajes de agricultores de acuerdo al tipo de vivienda en que vivían antes y después de la intervención del Proyecto. Como se puede apreciar, antes del Proyecto el 8% de los productores no tenía vivienda. Sin embargo, después de ser atendidos por el Proyecto ahora todos tienen vivienda y los que tenían antes la han mejorado.

Cuadro 2. Mejoras en vivienda.

| | Antes (%) | Después (%) |
|--------------|----------------------|------------------------|
| Sin Vivienda | 8 | 0 |
| Bahareque | 42 | 11 |
| Adobe | 50 | 56 |
| Mejoras | 0 | 33 |
| Total | 100 | 100 |

El Cuadro 3 presenta los porcentajes de agricultores clasificados de acuerdo a su nivel educativo. Como se puede apreciar el nivel educativo ha mejorado considerablemente. El porcentaje de productores sin ninguna educación se redujo de 33% a 11% y el porcentaje de productores con educación secundaria y nivel medio aumentó a 24% y 11%, respectivamente.

Cuadro 3. Nivel educativo.

| | Antes (%) | Después (%) |
|---------------|----------------------|------------------------|
| Ninguna | 33 | 11 |
| Primaria | 64 | 51 |
| Secundaria | 3 | 24 |
| Nivel Medio | 0 | 11 |
| Universitaria | 0 | 3 |
| Total | 100 | 100 |

El Cuadro 4 ilustra los cambios en la dieta y costumbres alimenticias de los productores. Se puede apreciar que la dieta alimenticia de los productores y sus familias ha cambiado considerablemente. Es importante destacar la disminución en el consumo de granos básicos (carbohidratos) y el aumento en el consumo de frutas, vegetales, carne, leche y huevos.

Cuadro 4. Cambios en la alimentación.

| | Antes (%) | Después (%) |
|--------------|----------------------|------------------------|
| Maiz | 40 | 15 |
| Frijol | 40 | 15 |
| Arroz | 13 | 8 |
| Hortalizas | 1 | 15 |
| Frutas | 4 | 13 |
| Carne | 1 | 13 |
| Lácteos | 1 | 11 |
| Huevos | 0 | 10 |
| Total | 100 | 100 |

3. Inversión en bienes de capital

Debido a que la producción de hortalizas es más intensiva en el uso de capital, los productores han tenido que adquirir bienes de capital para realizar su trabajo adecuadamente. Como el Cuadro 5 lo muestra, ahora el 58% de los productores poseen tierra, con un aumento del 25% a como era la situación antes del Proyecto. Es importante notar que la gran mayoría de los productores poseen canastas, bandejas, equipo de riego y bombas. Con respecto a invernaderos, el 31% los tiene, pero estos generalmente dan servicio a otros productores.

Cuadro 5. Bienes de capital.

| | Antes (%) | Después (%) |
|--------------------|----------------------|------------------------|
| Tierra | 31 | 58 |
| Bueyes | 3 | 17 |
| Ganado | 3 | 25 |
| Canastas plásticas | 3 | 83 |
| Equipo de riego | 0 | 81 |
| Vehículo | 0 | 3 |
| Teléfono | 0 | 25 |
| Bandejas | 0 | 97 |
| Bombas | 0 | 94 |
| Invernaderos | 0 | 31 |

4. Conclusión

Se puede inferir que los productores beneficiarios de la asistencia técnica del Proyecto han obtenido ingresos considerablemente mas altos a los recibidos anteriormente y que han sabido utilizar estos fondos adicionales para mejorar su nivel de vida y el de sus familiares.