

Evaluación de bokashi y micorriza VAM en el desarrollo de plátano Curare Enano en vivero

Jacquelin Moreno Paz

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Abril, 2002

ZAMORANO

CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION

Evaluación de bokashi y micorriza VAM en el desarrollo de plátano Curare Enano en vivero

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por

Jacquelin Moreno Paz

Zamorano, Honduras

Abril, 2002

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Jacquelin Moreno Paz

Zamorano, Honduras
Abril, 2002

Evaluación de bokashi y micorriza VAM en el desarrollo de plátano Curare Enano en vivero

presentado por:

Jacquelin Moreno Paz, Agr.

Aprobada:

Mario Bustamante, M Sc.
Asesor Principal

Alfredo Rueda, Ph. D
Coordinador, de área temática

Juan Carlos Rosas, Ph. D..
Asesor

Jorge Iván Restrepo, M. B. A
Coordinador de Carrera de Ciencia
y Producción Agropecuaria

Alfredo Rueda, Ph. D
Asesor

Antonio Flores, Ph. D.
Decano Académico

Aracely Castro Zuñiga, M. Sc.
Asesor

Keith L. Andrews, Ph. D.
Director

Pablo Emilio Paz, Ph. D.
Coordinador, PIA-Fitotecnia/ CCPA

DEDICATORIA

A Jesucristo, El centro de mi universo, mi inspiración hacia lo perfecto.

A mi Madre Ana María (QDDG), quien eternamente me ilumina y sostiene, inspirándome a luchar por mis convicciones

A mi Padre Pablo, la fuerza continua, quien solo, ha hecho de mí, lo que ahora soy

A mis hermanos: Analy, Eduardo, Marleny y Edman, el mejor regalo que he recibido.

Al resto de mi familia, y muy en especial a mi Abuela Nila, que con su ternura me ha acompañado desde siempre.

A todos los que logran sus metas a pesar de las buenas o malas experiencias, ya que con su ejemplo han hecho que yo busque consolidar mis sueños

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Máter por sus invaluables enseñanzas y formación de carácter

Al Ing Mario Bustamante por la oportunidad en el Proyecto AID y su ayuda en la culminación de este proyecto.

Al Doctor Alfredo Rueda, por su oportuno apoyo, ayuda y tiempo.

Al Doctor Juan Carlos Rosas, por su asesoramiento y gentil colaboración.

A la Ing. Aracely Castro, por el apoyo y consejos brindados.

Al Dr. Erich Raddatz, por su asesoramiento científico y tecnológico.

A Byron Reyes, Lubwia Aranda y la Ing. Hilda Flores por su ayuda en la conducción de este ensayo.

A todos los miembros del PIF, especialmente a: Tomasa, Daysi, Ericka, Luz y Santos.

A todo el personal del Departamento Protección Vegetal.

Al Ing Antonio Jaco y Dr Ronald Cave, que más que maestros fueron amigos.

Al Doctor Raúl Espinal, mi ideal como profesional, gracias por ese voto de confianza.

A Liliam Carolina Ochoa, Pablo Williams y Gracia Lanza por compartir un mundo desde varias perspectivas.

A Alejandra Lara por alegrarme mis últimos días en Zamorano.

A mis amigos, que más que plasmarlos en papel los guardó entre mis más preciados recuerdos

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mi Familia

Al Fondo Dotal Hondureño por el apoyo financiero brindado durante tres años en el Programa de Agrónomo.

Al Proyecto de Reactivación Agrícola Zamorano-USAID y a EDUCREDITO que me auspiciaron en el Programa de Ingeniería

Al personal del Proyecto de Investigación en Micorrizas por todas las facilidades otorgadas para la conducción de este estudio de investigación

RESUMEN

Moreno, Jacquelin. 2002. Evaluación de bokashi y micorriza VAM en el desarrollo de plátano Curare Enano en vivero. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 56 p.

El cultivo del plátano (*Musa* AAB) ocupa el cuarto lugar en importancia a escala mundial en las economías de países tropicales en desarrollo. Entre los mayores problemas del cultivo de plátano es la baja fertilidad de los suelos donde se produce y su susceptibilidad a patógenos del suelo que perturban el establecimiento de las plantaciones. El objetivo general fue evaluar cinco combinaciones de bokashi y suelo (0:100 (testigo), 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0) con inoculación de micorriza (Mycoral[®]) como biofertilizantes y su efecto sinérgico para la obtención de plantas sanas y vigorosas en vivero. Para el ensayo se emplearon 200 cormos de la variedad Curare Enano, distribuidos en cuatro bloques. Se realizó un análisis de regresión para las variables de altura y hojas. Se hicieron análisis de varianzas y separaciones de media con la prueba SNK ($P = 0.05$) para las variables de diámetro del pseudotallo, longitudes de raíces, pesos frescos y secos de biomasa aérea y radical (usando como covariable el peso inicial del cormo), porcentaje de infección y número de esporas en el medio. Los resultados de la función de regresión indican que la inoculación con micorriza y aumentos en peso inicial del cormo incrementan la altura y número de hojas. La adición de bokashi por su parte reduce la altura y número de hojas. La combinación 25:75 obtuvo los mayores valores promedios en las variables diámetro, altura, número de hojas, pesos frescos y secos de biomasa aérea y radical, número de esporas en el medio (39% > que el testigo) y porcentaje de infección de raíces (20% > que el testigo) a pesar de los altos niveles de fósforo en el sustrato. Los tratamientos micorrizados mostraron mayor infección que los no micorrizados.

Palabras claves: Abono orgánico, biofertilizante, fósforo, micorrizas, *Musa* (AAB) Mycoral[®], peso inicial, variedad.

NOTA DE PRENSA

BENEFICIOS DEL BOKASHI Y LA MICORRIZA EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANO EN VIVERO

En la actualidad, la agricultura se orienta particularmente a la producción orgánica, por lo que los investigadores y el propio sector productivo se unen para consolidar intereses ecológicos, económicos y de sostenibilidad que satisfagan a ambos.

El uso del bokashi se remonta a hace unos 20 – 30 años en el Japón, donde tratan de encontrar formas de usar los desechos domésticos en la producción de abonos, que sirvan como fuente útil de minerales a los cultivos y eliminan problemas de contaminación por residuos.

Este abono en particular tiene las ventajas de corto período de producción (2-3 semanas) y de suministro constante de nutrimentos por la descomposición parcial de los elementos que lo conforman. Se ha empleado extensamente en cultivos como tomate, papa, chile y otros, proporcionando un aumento de hasta 30% en rendimiento versus otros sistemas de fertilización.

Por otro lado, la micorriza es la asociación simbiótica entre ciertos tipos de hongos del suelo y raíces de cultivos, que permite a las plantas un mayor acceso y eficiencia en el uso de agua y nutrimentos, lo cual conduce posteriormente a un mayor rendimiento.

Con el fin de confirmar los efectos positivos de la combinación de bokashi y la micorriza en la producción de plátano, se llevaron a cabo pruebas con cormos del clon Curare Enano en la fase de vivero; el experimento duró aproximadamente dos meses y medio, período estimado para el trasplante a campo.

La siembra de los cormos se realizó en cinco medios de crecimiento, que consistieron en combinaciones de bokashi:suelo (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0). Estas combinaciones se evaluaron en dos niveles de micorriza (con y sin). La micorriza se aplicó a la siembra usándose como fuente inoculante el producto Mycoral[®] (130 g sobre la base del cormo).

Durante la etapa de vivero se midió semanalmente la altura y se cuantificó el número de hojas producido por las plantas. Se midió el diámetro de las plantas a los dos meses y medio y se determinaron los pesos frescos y secos de biomasa aérea (pseudotallo y hojas) y raíces.

También se cuantificó el número de raíces por plantas, la longitud de la raíz más corta y más larga por cada tratamiento.

Así mismo, se estimó en laboratorio el porcentaje de infección en raíces y número de esporas en el medio de crecimiento.

Los resultados mostraron un efecto positivo con la aplicación de bokashi (hasta un nivel del 25%) y micorriza. Los más altos promedios en altura y número de hojas producidas, se obtuvieron en la combinación de bokashi:suelo 25:75, aumentando la inoculación con micorriza los valores en ambas variables en un 5% versus los tratamientos no micorrizados. El diámetro de las plantas fue significativamente mayor con la inoculación con micorriza a los dos meses y medio.

Los pesos frescos y secos de biomasa aérea y radicular incrementaron con la asociación de micorriza y bokashi en combinación 25:75.

En cuanto número de raíces, la combinación de bokashi: suelo 25:75, fue 39% mayor que las otras combinaciones. Los más altos promedios de longitudes de raíz más larga y más corta se observaron en los tratamientos con mayor contenido de bokashi (75 y 100%); probablemente la aireación y textura en los sustratos de estas combinaciones permitieron un mayor desarrollo de la raíz.

A partir de los resultados del ensayo se concluye que el uso de bokashi y micorriza si ayuda a mejorar y acelerar el desarrollo fisiológico del cultivo de plátano en vivero, lo que asegura un buen establecimiento en campo.

Esta combinación sinérgica puede ayudar a los productores no sólo a reciclar los desperdicios de la finca, sino también a obtener una fuente nutritiva barata que puede emplearse en los cultivos de una forma ecológicamente favorable, disminuyendo el consumo de insumos químicos como fertilizantes y obteniendo además, una mayor calidad de producto y un mayor precio por ellos en el mercado.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a Patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Nota de prensa.....	viii
Contenido.....	x
Índice de Cuadros.....	xii
Índice de Anexos.....	xiii
Índice de Figuras.....	xiv
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 General	2
1.1.2 Específicos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 CULTIVO DEL PLÁTANO	3
2.1.1 Importancia del cultivo.....	3
2.1.2 Condiciones edáficas y climatológicas para el cultivo.....	3
2.2 BOKASHI	5
2.2.1 Importancia de los abonos orgánicos	5
2.2.2 Definición.....	5
2.2.3 Ventajas	5
2.3 MICORRIZA.....	6
2.3.1 Importancia de los microorganismos en el suelo	6
2.3.2 Definición.....	7
2.3.3 Resultados benéficos de la micorriza (VAM) en algunos cultivos	7
2.3.4 Mecanismos de acción de la micorriza en la planta	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO	10
3. MATERIALES.....	10
3.2.1 Siembra:.....	10
3.2.2 Toma de datos.....	10
3.2.3. Laboratorio	10
3.3 METODOLOGÍA.....	11
3.3.1 Medio de crecimiento	11
3.3.2 Bokashi y tierra en las bolsas	11

3.3.3	Micorriza (Mycoral®)	11
3.3.4	Peso de Cormos	11
3.3.5	Manejo del riego	11
3.4	VARIABLES MEDIDAS	11
3.4.1	Altura de pseudotallo	11
3.4.2	Diámetro de Pseudotallo	12
3.4.3	Número de raíces	12
3.4.4	Longitud de raíz más corta	12
3.4.5	Longitud de raíz más larga	12
3.4.6	Peso fresco y seco de pseudotallo y hojas (biomasa aérea)	12
3.4.7	Peso fresco y seco de raíces	12
3.4.8	Peso fresco y seco de cormos	12
3.4.9	Porcentaje de infección de las raíces	13
3.4.10	Número de esporas en el medio	13
3.5	ALEATORIZACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	13
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1	FASE EN CASA DE MALLA	14
4.1.1	Evaluación de variables de desarrollo	14
4.2	FASE DE LABORATORIO	25
4.2.1	Porcentaje de infección de raíces y número de esporas	25
4.2.2	Análisis Físico-Químico	28
5.	CONCLUSIONES	31
6.	RECOMENDACIONES	33
7.	LITERATURA CITADA	34
8.	ANEXOS	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Análisis de regresión desde la primera- décima semana para las variables de altura y hojas emitidas de plátano Curare Enano. El Zamorano, Honduras. 2002.....	14
2. Efecto de la relación bokashi: suelo y micorriza en el número de hojas, altura a la novena semana, diámetro del tallo de plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002. $\hat{r}$	18
3. Efecto de la relación bokashi: suelo y micorriza en pesos frescos y secos de biomasa aérea, radicular y cormos de plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002 $\hat{r}$	20
4. Efecto del peso de cormo en peso frescos y secos de biomasa aérea y radical en plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002. $\hat{r}$	21
5. Efecto de la relación bokashi.: suelo y micorriza en el número de raíces, longitud de raíz más corta y más larga de plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002 $\hat{r}$	24
6. Coeficientes de correlación (r) y probabilidad (P) entre la biomasa aérea, radical, altura de plantas, número de hojas de plantas, infección de raíces y número de esporas en plátano Curare Enano. El Zamorano, Honduras. 2002.....	25
7. Efecto de la relación bokashi: suelo y micorriza en el número de esporas y el porcentaje de infección de raíces de plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002.....	26
8. Nutrientes totales del bokashi. Zamorano, Honduras. 2001.....	28
9. Análisis Físico-Químico del suelo proporción tierra: arena 2:1. El Zamorano, Honduras. 2002.....	28
10. Análisis Físico-Químico de las combinaciones Bokashi: Suelo utilizadas como medio de crecimiento para plátano Curare Enano con y sin inoculación de Mycoral [®] , al final de la etapa de vivero. El Zamorano, Honduras. 2002.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Efecto de la micorriza y el porcentaje de bokashi del sustrato en la altura de plantas del clon Curare Enano en vivero.....	16
2.	Efecto de la micorriza y el porcentaje de bokashi del sustrato en el número de hojas emitidas de plantas del clon Curare Enano en vivero.....	17
3.	Efecto del el peso de cormo en peso fresco y seco de biomasa aérea de plantas del clon Curare Enano en vivero.....	22
4.	Efecto del el peso de cormo en peso fresco y seco de biomasa radical de plantas del clon Curare Enano en vivero.....	22
5.	Efecto de la micorriza y el porcentaje de bokashi del sustrato en número de raíces de plantas del clon Curare Enano en vivero.....	23
6.	Efecto de la micorriza y el porcentaje de bokashi del sustrato en el número de esporas en el medio de plantas del clon Curare Enano en vivero.....	27
7.	Efecto de la micorriza y el porcentaje de bokashi del sustrato en el porcentaje de infección de raíces de plantas del clon Curare Enano en vivero.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Materiales empleados en la elaboración del bokashi. Sección de Agricultura Orgánica. Zamorano, Honduras.....	38
2.	Análisis físico-químico del sustrato tierra:arena 2:1.EAP, Zamorano, Honduras.....	39
3.	Análisis químico del sustrato bokashi. EAP, Zamorano, Honduras.....	40
4.	Método de clarificación y tinción de muestras de raíces.....	41
5.	Preparación del Azul de Tripano.....	43
6.	Procedimiento para el aislamiento de esporas en el medio con micorriza vesículo-arbuscular (VAM).....	44
7.	Comparación de la respuesta en crecimiento de plantas de plátano Curare Enano a las combinaciones de bokashi:suelo con y sin inoculante Mycoral®	46
8.	Análisis físico-químico de cinco combinaciones de bokashi:suelo con inoculación de Mycoral®	47
9.	Análisis físico-químico de cinco combinaciones de bokashi:suelo sin inoculación de Mycoral®	48

1.1 INTRODUCCIÓN

El cultivo del plátano (*Musa* spp.) es un recurso básico para la dieta alimenticia en muchos países en desarrollo. La problemática de su manejo radica en su susceptibilidad a una variedad de patógenos (Auboin *et al.*, 1998) como la Sigatoka negra y amarilla, BSV, comúnmente llamado en español virus del rallado del banano (Krauss *et al.*, 1999), picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y nematodos (*Radopholus similis* y *Pratylenchus coffea*, entre otros) los cuales debilitan la planta y disminuyen su aptitud productiva.

La inversión requerida para eliminar o reducir los daños de estos organismos plaga constituye uno de los mayores costos de producción. En algunos casos, las infestaciones de nematodos, picudo negro y otros patógenos, hacen necesario la replantación casi completa de las fincas. Al problema de infestación natural de plagas, se suma el uso por la mayoría de productores de cormos de sus propias plantaciones por el bajo costo que estos representan. En muchos casos este material está contaminado con insectos y patógenos, sumado a las pobres prácticas agronómicas en el establecimiento (Krauss *et al.*, 1999), impiden un rendimiento óptimo, buenas utilidades del cultivo para el productor.

Entre las alternativas para llevar material sano y vigoroso a la finca, está el uso de plantas generadas a partir del cultivo de tejidos, aunque estas son caras para el pequeño productor. Otra alternativa para obtener plántulas sanas, es la siembra de cormos en bolsas haciendo uso de la mezcla de un fertilizante orgánico como bokashi y micorriza, elementos que permiten un aumento de enemigos naturales en el suelo y desarrollan resistencia en la planta contra los posibles patógenos y efectos abióticos desfavorables.

Entre los beneficios que brinda el bokashi se tienen el bajo costo de producción, mejorador de propiedades físicas y químicas (fertilidad) de los suelos, incremento de la actividad de la biota en el suelo y del sistema radicular de las plantas.

Según Sieverding (1991), la micorriza es una asociación mutualista entre raíces de las plantas y hongos no patogénicos del suelo. De acuerdo con Raddatz citado por El Programa de Biotecnología Aplicada (2000), la micorriza es un simbiote obligado en la mayoría de las plantas, la cual se constituye en la planta como un segundo sistema radicular proporcionando agua y nutrientes y recibiendo a cambio los carbohidratos y lípidos necesarios para su desarrollo.

El presente estudio se realizó con el fin de definir los posibles beneficios de la aplicación de bokashi y la inoculación con micorriza en plantas del clon Curare Enano en etapa de vivero

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

Producir plántulas de plátano sanas y vigorosas a partir de cormos inoculados con micorriza usando bokashi como sustrato de siembra.

1.1.2 Específicos

- Determinar el efecto de la mezcla de suelo con el abono orgánico tipo bokashi como biofertilizante y bioestimulante sobre el desarrollo de las plántulas de plátano.
- Determinar el efecto de las micorrizas sobre el desarrollo radical y foliar de la plántula de plátano.
- Determinar la relación entre las diferentes mezclas de suelo y bokashi, y la inoculación de los cormos con micorriza, sobre el desarrollo de las plántulas de plátano.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CULTIVO DEL PLÁTANO

2.1.1 Importancia del cultivo

De acuerdo con Evans (2000), el banano y plátano se encuentran entre los cultivos más importantes de mundo, pero estos últimos han muy poco estudiados. Ellos constituyen el principal producto básico para millones de personas en los países tropicales en desarrollo. Estos cultivos a escala mundial se desarrollan en aproximadamente 10 millones de hectáreas, con una producción anual de 88 millones de toneladas métricas.

Pese a la importancia del cultivo del plátano, los estudios sobre su manejo son muy limitados. La vasta mayoría de productores de plátano son de pequeña escala cultivándolo con fines de autoconsumo o para mercados locales. Estos cultivos se consideran de gran importancia en la seguridad alimentaria proveyendo un valioso recurso de ingresos a través de mercados locales y/o internacionales. De acuerdo con Dadzie y Orchard (1997) el banano y el plátano son el cuarto cultivo en importancia a escala mundial en términos de valor total de producción. Según Soto (1998), la tendencia actual es que estos cultivos sean producidos mediante procesos orgánicos debido a las exigencias de los consumidores.

2.1.2 Condiciones edáficas y climatológicas para el cultivo

Belalcázar (1999) afirma que según la variedad, el plátano puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2000 metros de altura con temperaturas promedio entre 22 °C y 28 °C. Requiere de alta luminosidad y precipitación bien distribuida de 150 mm mensuales, bien distribuidos. Los vientos huracanados, el exceso de agua y las sequías prolongadas, son los peores enemigos del cultivo.

Los suelos mas apropiados para el cultivo de acuerdo a Belalcázar (1999) son los neutros (pH 6.5 – 7.0), aunque también tolera los ligeramente ácidos y alcalinos. Estos deben ser sueltos, ricos en materia orgánica, fértiles y con buen drenaje, dado que el exceso de agua en el suelo afecta al extremo de matar la planta.

2.1.3 Manejo en el vivero

2.1.3.1 Semilla

De acuerdo a Belalcázar (1999), se puede usar cualquier clase de semilla vegetativa sana sin galerías a la cual se le hayan cortado las raíces y el pseudotallo; o plántulas provenientes de meristemos en cultivos de tejidos.

2.1.3.2 Sombra

Debe procurarse que las plántulas provenientes de cormos o meristemos tengan entre 50 y 55 % de sombra como máximo, para evitar daños por quemaduras solares o golpes de lluvia en los tejidos. Esto se logra con el empleo de áreas cubiertas con el material plástico sarán (Agribiotecnología de Costa Rica (1999).

2.1.3.3 Sustrato

Para las plántulas provenientes de meristemos, Agribiotecnología de Costa Rica (1999) recomienda la siembra en bolsas plásticas con sustratos que varían en su composición y mezcla, de acuerdo con el suelo, debido a las limitaciones físicas en la bolsa, de aireación y de drenaje. Los suelos de textura franco arenosa fina son los más recomendables para estos medios en bolsa.

Cuando se emplean suelos pesados se recomienda hacer mezclas de sustrato como las siguientes:

- Tierra: arena de río (60% - 40%)
- Tierra: cascarilla de arroz (70% - 30%)
- Tierra: arena: aserrín de madera: cascarilla de arroz (25%, 25%, 25%, 25%)

2.1.3.4 Siembra

Para la siembra en bolsas, el cormo se coloca en un agujero hecho en el medio cuyo tamaño dependerá del tamaño de la semilla, al cual puede agregársele materia orgánica. El suelo debe apisonarse bien para no dejar espacios libres que contribuyan a la acumulación de agua, que en exceso induce a la pudrición del cormo y las raíces.

2.1.3.5 Fertilización

Según Agribiotecnología de Costa Rica (1999), si se cuenta con un suelo pobre en nutrientes como medio de crecimiento es necesario suministrar los elementos nutritivos de forma oportuna y basándose en un análisis de suelo para posteriormente asegurar un buen desarrollo y rendimiento de la plantación.

La recomendación de fertilizante por Agribiotecnología de Costa Rica (1999) durante las seis primeras semanas de las plantas de plátano en vivero incluyen aplicaciones foliares (20-20-20) con micronutrientes en mezcla de sulfato de magnesio tres veces por semana y fertilización en el sustrato la primera semana de tres gramos de la fórmula 15-15-15 y de la segunda a la sexta semana se alterna con tres gramos de sulfato de amonio.

2.2 BOKASHI

2.2.1 Importancia de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son medio potencial para el enriquecimiento del suelo para los agricultores. La estrategia de los agricultores consiste en recurrir a estiércol y a la descomposición de desechos domésticos (compost), métodos integrados de gestión de elementos nutritivos que asocian elementos minerales y orgánicos que constituyen una respuesta más apropiada que los aportes de un origen único (Bekunda, 1999).

La longevidad del cultivo de plátano se extiende si las plantas son cubiertas regularmente con materias orgánicas y abonos debido a que el continuo desarrollo y elongación de las raíces primarias es vital para proveer un firme anclaje en el suelo (Wilson *et al.* citado por Gowen y Quenéhervé, 1990)

2.2.2 Definición

Según Shintani (1998), bokashi es una palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”. Según Ordóñez (2001) y Lagos y Suárez (2001), el bokashi es el resultado de la fermentación de residuos vegetales y estiércol con la ayuda de productos fermentadores como la melaza y levaduras que aceleran la descomposición. Es rico en nutrimentos e incorpora gran cantidad de organismos benéficos al suelo.

2.2.3 Ventajas

Según EMTECH (2001), el bokashi fue descubierto hace mas de 20 años en el Japón observando dentro de las ventajas de su uso un aumento del desarrollo radical, mayor control de patógenos del suelo por el mejor un equilibrio en su ecología microbial; incremento de la fertilidad y en consecuencia reducción de la necesidad de fertilizantes; aumento de la actividad fotosintética y la reducción de infestaciones de plagas mediante productos agroquímicos y es económico (emplea materiales como basura, etc.) y de fácil uso.

Aunando a las ventajas mencionadas, Ordóñez (2001) indica que la fermentación anaeróbica de los materiales del bokashi permite que el proceso culmine entre 4 - 6 semanas en contraste a los 6 - 8 meses que requieren los procesos de producción de otros abonos orgánicos.

Esta nueva tecnología, EMTECH (2001) y Jaco y Ávila (1999) mencionan que como negocio ofrece una alternativa competitiva comparado con los plaguicidas y fertilizantes. El uso de bokashi permite un avance en la producción orgánica, que contribuye a una agricultura sostenible y un ambiente más saludable.

El uso de bokashi en varios cultivos demuestra su efectividad como biofertilizante y biocontrolador de patógenos. Por ejemplo, su uso en Filipinas resultó en varios cultivos en menor infestación de enfermedades, el suelo donde se aplicó mostró una coloración

más oscura (implicando esto una mayor fertilidad) y hubo un aumento significativo de rendimiento (Corcuera, 2001).

Shintani (1998) y Lagos y Suárez (2001), afirman que los agricultores japoneses utilizan el bokashi para el mejoramiento del suelo, como fuente de abono y como sistema para el tratamiento de desechos orgánicos que producen alta contaminación. De hecho el objetivo de la creación del bokashi es transformar los desperdicios en compuestos fértiles añadiéndole microorganismos.

A diferencia del compost, la tecnología del bokashi corrige las desventajas de producción tardía (generalmente tres meses), ya que según Ordóñez (2001), Jaco y Ávila (1999), sólo dilata dos o tres semanas, lo que le permite conservar más energía, vitaminas, aminoácidos, azúcares y evitar pérdidas de energía en el proceso, necesidad de grandes cantidades de abono, y que utilizan desechos que probablemente contaminan el ambiente (agroindustriales y de producción animal).

En la Escuela de Agricultura de la Región de Trópico Húmedo (EARTH), se usan microorganismos benéficos eficaces encontrados en el suelo de montaña o bosque, que son una mezcla de bacterias ácido láctico, bacterias fotosintéticas y levaduras que mejoran la calidad del bokashi y facilitan su preparación con materiales difíciles de trabajar (Shintani, 1998).

2.3 MICORRIZA

2.3.1 Importancia de los microorganismos en el suelo

Según Severn y Ellis (1998), la rizósfera incluye diversos microorganismos benéficos y nocivos que tienen el potencial de influir significativamente sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. De acuerdo con Brundrett *et al.* (1996), se cree que los organismos simbióticos (entre ellos las micorrizas y saprófitos) afectan el crecimiento de manera positiva, mejorando la disponibilidad de nutrientes y su absorción, proporcionando sustancias para el crecimiento de las plantas y destruyendo los organismos nocivos que se encuentran en la rizósfera.

Como es de conocimiento general, en el suelo conviven e interaccionan una serie de microorganismos como bacterias, protozoos y anélidos, entre otros como afirman Vásquez y Kolsman (1996). Entre éstos se da la interacción de los hongos formadores de micorrizas arbusculares y organismos patógenos, siendo los primeros inhibidores de la acción perjudicial (alteración de las funciones normales de las células y estancamiento del crecimiento de las plantas) de los patógenos (nematodos y hongos) en los sistemas radicales de las plantas¹. Esta acción inhibidora ocurre principalmente debido a competencia por espacio y por cambios fisiológicos (las micorrizas se convierten en una

¹ Raddatz. 2000. Efectos benéficos de las micorrizas en los cultivos agrícolas. Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal.

extensión de la raíz) al nivel de la rizósfera, reduciéndose la presencia de los organismos en las raíces.

2.3.2 Definición

Sieverding (1991) reconoce que las micorrizas arbusculares están presentes en todo el mundo especialmente en los trópicos y subtrópicos. El vocablo "micorriza", deriva del griego y significa literalmente "hongo-raíz". Fue introducido por Frank en 1885. Según el Programa de Biotecnología Aplicada, (2000) se define como la asociación simbiótica entre el micelio de un hongo y las raíces de una planta, de la cual ambos organismos obtienen beneficios.

Las micorrizas son los "órganos hongo-raíz" donde se produce el intercambio nutricional entre ambos organismos, siendo responsable el elemento fúngico de la captación de agua y nutrimentos para el funcionamiento del sistema simbiótico.

Las micorrizas son simbioses obligados lo que es una ventaja para plantas que requieren de una etapa de vivero o almácigo, ya que permite la previa colonización efectiva del hongo evitando la competencia con otros organismos rizosféricos. Adicionalmente permite el uso de pequeñas cantidades de producto en la inoculación. Estas plantas tienen las ventajas de permanecer menos tiempo en almacigo debido a su mejor desarrollo y de sufrir menos estrés después del transplante (Rubio *et al.*, 1997).

El control de plagas mediante prácticas agronómicas como la inoculación con micorriza, se basa en la premisa de que la planta debe estar bien nutrida y con un entorno favorable para su crecimiento, puesto que soportará mejor cualquier tipo de parásitos, factores adversos como sequía (que incluso favorece su colonización) y toxicidad en el suelo (Bruehl, 1987).

2.3.3 Resultados benéficos de la micorriza (VAM) en algunos cultivos

Rizzardi (1990, citado por Jaizme –Vega *et al.*, 1991), afirma que las micorrizas se relacionan no sólo con el mejoramiento nutricional sino también con los procesos fisiológicos de las plantas.

Jaizme –Vega *et al.* (1991), encontraron en estudios de campo, en plantas micorrizadas un mayor peso de raíz. Entre los cultivos de plantas micropropagadas inoculados con VAM se encuentran la vid, frambuesa, plátano pera y kiwi entre otros. Debido a que la inoculación *ex vitro* es mas fácil que *in vitro* este es el método más adecuado para inocular viveros comerciales.

En un estudio conducido por Severn y Ellis (1998), con plantas *in vitro*, se evaluó la habilidad de micorrizas y bacterias simbióticas para mejorar el crecimiento de las plantas y sus raíces. El resultado fue significativamente mejor cuando éstas fueron inoculadas destacándose el importante papel de los microorganismos en el crecimiento de las vitroplantas.

De acuerdo con los estudios realizados por Voigt (1971), inoculando VAM *Glomus mosseae* y *Glomus monosporum* en plantas micropropagadas del cultivar de banano Gran Enano, estos presentaron un mayor nivel de fósforo (P) que en los tratamientos control y en los fertilizados sin micorriza. Probablemente como afirma De La Nova *et al.* (s.f.), esto puede deberse a la capacidad que tienen las hifas de transformar las formas de P para que sean disponibles a las raíces y mas aún cuando se hayan en medios de descomposición de materia orgánica. Voight (1971) afirma que las micorrizas promueven la solubilidad de minerales del suelo, lo que resulta en una mayor actividad metabólica de las raíces.

En otros experimentos en Cuba realizados por Hernández *et al.* (s. f.), aseguran que en Musas no sólo se observó un aumento en la altura de la planta sino también en cantidades de materia fresca y seca total y área foliar. En plátano encontraron una menor incidencia de nematodos del género *Meloidogyne*, y también una mayor densidad visual de raíces.

Otros estudios en el cultivo de tabaco se estableció la actividad que ejerce la micorriza como controlador biológico. Se encontró una resistencia conferida por la micorriza contra el hongo Pata negra evitando así la muerte de la población (control 75% de mortandad). Alarcón y Ferrera Cerrato (2000), aseguran que la asociación de micorriza puede reducir e incluso suprimir los daños causados por el ataque de patógenos disminuyendo la necesidad de productos agroquímicos.

Harley y Smith (1983) realizaron estudios en el cultivo de arroz en campo con inoculaciones de micorriza y encontraron en las plantas micorrizadas un mayor peso de raíz.

2.3.4 Mecanismos de acción de la micorriza en la planta

Según Rodríguez (2001) y Stirling, (1991) existen varios mecanismos por los que las VAM puedan afectar el crecimiento de la planta, sin actuar directamente sobre su nutrición. Entre ellos se encuentran: aquellos debidos a la producción de reguladores de crecimiento; los inducidos mediante una acción de mejora estructural del suelo a través de la formación y estabilización de agregados por las hifas del hongo; los ejercidos a través de la protección de la planta al ataque de patógenos con la producción de metabolitos que interfieren el comportamiento del patógeno (sustancias antibióticas o fungistáticas) mediante una barrera física, modificación de exudados de la raíz y/ o presencia de microorganismos antagonistas a los patógenos en la rizósfera; la mayor capacidad de absorción de agua y nutrimentos por la red de hifas que potencializan la función de las raíces.

Trabajos experimentales sobre estos sistemas simbióticos, demuestran que el uso de micorriza favorece la mayor absorción de fósforo, potasio, magnesio, cobre, zinc, nitrógeno y azufre del suelo.

Sieverding (1991) afirma que estudios hechos por CIAT en Colombia, demuestran que en suelos sembrados con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) donde hay infección con

micorrizas, los requerimientos de P son más bajos; y se reducen problemas de toxicidad de aluminio intercambiable, esto es probablemente debido a que su efecto es amortiguado por la actividad micorrícica.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en una casa malla del Programa de Biotecnología Aplicada de la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), ubicada a 30 km de Tegucigalpa, Honduras, a una altitud de 800 msnm, con una precipitación anual de 1100 mm y temperatura promedio de 22 °C.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Siembra:

Se emplearon 200 cormos de la variedad de plátano Curare Enano, procedente del municipio de Sartenejas, departamento de El Paraíso.

Los cormos fueron sembrados en un medio no esterilizado compuesto de tierra y arena con proporciones 2:1. Se usó el abono orgánico tipo bokashi (ver composición Anexo 1) producido en la sección de Agricultura Orgánica de la EAP, colocado en bolsas de polietileno de 12x 16 x 0.4 pulgadas. Se aplicó inoculante VAM empleando el producto comercial Mycoral® usando 130 g al momento de la siembra, sobre la base de cada uno de los cormos.

3.2.2 Toma de datos

3.2.2.1 Casa de malla

Se utilizó una cinta métrica para medir la altura de las plantas y longitudes de raíces y un calibrador para la medición del diámetro de las plantas.

Se cuantificó peso fresco y seco aéreo (pseudotallo y hojas), raíces y cormos. Para calcular el peso seco se introdujeron cada una de las partes al horno de secamiento después de pasar 3 días en el invernadero a temperatura ambiente.

3.2.3.Laboratorio

Se evaluó el contenido de esporas VAM en el medio y la infección (porcentaje) de la raíz por el hongo. Para la recolección y conteo de esporas se determinó el número por muestra de 100 g de medio. Se recolectaron, tiñeron y montaron las raíces para determinar con un microscopio el porcentaje de infección en cada una de ellas.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Medio de crecimiento

Se seleccionó y se analizó el medio para la siembra, mediante un análisis de suelo para determinar los niveles de los macro y micro nutrientes más importantes (N, P, K, Ca, Mg), porcentaje de materia orgánica y pH (Anexo 2. y 3.). En especial con la característica de un bajo contenido de fósforo, ya que la efectividad de la VAM disminuye a medida que aumenta la disponibilidad del fósforo.

3.3.2 Bokashi y tierra en las bolsas

Los tratamientos a evaluar fueron el contenido de bokashi en relación porcentual al contenido de suelo, bokashi: suelo (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0%).

3.3.3 Micorriza (Mycoral®)

Los tratamientos con micorriza fueron dos: con y sin inoculación del producto Mycoral®. La aplicación de este se realizó en la base de cada corno hasta cubrirlo perfectamente a razón de 130 g (cubriendo 2 cm de grosor, aproximadamente). Posteriormente se colocó cada corno en cada bolsa y se cubrió con el medio correspondiente.

3.3.4 Peso de Cormos

Se designaron cuatro Bloques Completos al Azar (BCA), los cuales se determinaron de acuerdo a los pesos promedios de corno (g) distribuyendo se así: Bloque 1= 108 g (59 - 137); Bloque 2= 178 g (138 - 219); Bloque 3= 267 g (220 - 314) y Bloque 4= 410 g (314 - 745).

3.3.5 Manejo del riego

Se procedió a regar diariamente a partir del momento de la siembra hasta el final del experimento.

3.4 VARIABLES MEDIDAS

3.4.1 Altura de pseudotallo

Se midió la altura de las plantas desde su base hasta el terminal del pecíolo del último limbo producido. Las mediciones se efectuaron cada siete días hasta el final de la etapa de vivero (50 % de las plantas con la altura comercial de transplante a campo de ≥ 25 cm).

3.4.2 Diámetro de Pseudotallo

Se midió el diámetro al nivel de la base de la planta, al mes y a los dos meses y medio después de la siembra. Las mediciones se hicieron al final de la etapa de vivero.

3.4.3 Número de raíces

El conteo de raíces se hizo a los dos meses y medio, determinándose el número total sumando el número de raíces primarias y secundarias promedio por unidad experimental por tratamiento y por repetición. Las mediciones se hicieron al final de la etapa de vivero.

3.4.4 Longitud de raíz más corta

La medición de la longitud de la raíz más corta se realizó escogiendo dentro de la rizósfera de la planta la raíz de cada cormo con menor longitud. Las mediciones se hicieron al final de la etapa de vivero.

3.4.5 Longitud de raíz más larga

La medición de la longitud de la raíz más larga se hizo al final de la etapa de vivero escogiéndose dentro de la rizósfera de la planta la raíz de cada cormo con mayor longitud.

3.4.6 Peso fresco y seco de pseudotallo y hojas (biomasa aérea)

El peso fresco de la biomasa aérea se determinó con la separación previa del cormo y sistema radical. El peso seco se obtuvo tras colocar el material dentro del invernadero por siete días seguidamente en un horno de secamiento por 48 horas con el fin de eliminar el exceso de agua.

3.4.7 Peso fresco y seco de raíces

Para obtener el peso fresco de las raíces, éstas se limpiaron para eliminar cualquier residuo del medio, se separaron del cormo y se pesaron. El peso seco se determinó luego de colocar el material embolsado en el invernadero por siete días y posteriormente se colocaron en el horno, después de 48 horas, se pesaron.

3.4.8 Peso fresco y seco de cormos

Previo a la medición se eliminaron las raíces, posteriormente se lavaron los cormos, y se pesaron. Con el fin de agilizar el secado los cormos, estos fueron picados, se secaron al ambiente en el invernadero durante siete días, posteriormente se colocaron en el horno, y después de tres días, se pesaron.

3.4.9 Porcentaje de infección de las raíces

El porcentaje de infección (promedio de 5 raíces por muestra) se determinó en las plantas al final de la etapa de vivero empleando la metodología utilizada en el Laboratorio de Biotecnología Aplicada de Zamorano (Anexos 4 y 5).

3.4.10 Número de esporas en el medio

Se tomaron 100 g de suelo de cada tratamiento y se pasaron por tres tamices (40, 60 y 200 mesh, respectivamente), el contenido remanente del último tamiz se centrifugó dos veces y se obtuvieron las esporas para el conteo, determinando el promedio de número de esporas por mililitro en dos lecturas (Anexo 6).

3.5 ALEATORIZACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó un diseño factorial incluyendo 3 factores: bokashi (cinco proporciones) y micorriza (dos niveles) y peso de cormos (cuatro pesos promedio). En cada bloque se asignaron al azar cinco unidades experimentales (cormos de plátano Curare Enano) por tratamiento, empleando un total de 200 cormos para el ensayo.

Las variables altura y número de hojas se analizaron mediante un análisis de regresión, las variables restantes fueron analizadas por medio de ANDEVAS, empleando el peso inicial de corno como covariable, separaciones de medias utilizando la prueba SNK y Tukey ($\alpha \leq 0.05$) y correlaciones necesarias para saber si existían verdaderas diferencias entre los tratamientos. Para todos estos análisis se empleó el paquete estadístico MINITAB y SAS® (“Statistical Analysis System V 8.0”)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FASE EN CASA DE MALLA

4.1.1 Evaluación de variables de desarrollo

4.1.1.1 Efecto del bokashi en altura y número de hojas

Dentro de los parámetros de desarrollo fisiológico que se evaluaron, para las variables altura de planta y número de hojas emitidas, fue necesario analizar diversos modelos estadísticos, a fin de obtener un modelo que pudiese explicar concretamente la influencia de los factores involucrados en la respuesta de la planta. Determinándose que el modelo de regresión lineal, es el que define acertadamente los efectos de la aplicación de bokashi, la inoculación con micorrizas, el peso inicial de cormo y el tiempo en ambas variables (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de regresión desde la primera- décima semana para las variables de altura y hojas emitidas de plátano Curare Enano. El Zamorano, Honduras. 2002

Factor Predictor	N. de hojas			Altura (cm)		
<u>ANDEVA</u> <u>Constante</u>	GL	CM	P	GL	CM	P
Peso inicial	1	10.3	0.0001	1	3389	0.0001
Bokashi	1	96.3	0.0001	1	6578	0.0001
Micorriza	1	0.51	0.0001	1	351	0.0001
Fecha	1	3404.5	0.0001	1	56386	0.0001
Regresión	4	3511.8	0.0001	4	66705	0.0001
R2		0.71			0.81	

Ecuación de Regresión para la variable altura

$$\text{Altura de planta (cm)} = 1.97 + 0.0197 \text{ peso inicial de cormo (g)} - 0.0732 \text{ bokashi (\%)} + 1.14 \text{ micorriza (Con)} + 2.80 \text{ semana.}$$

Donde altura (cm) es igual a un valor constante de 1.97, 0.0197 por peso inicial de cormo (g), $- 0.0732$ por unidad porcentual de bokashi. 1.14 con inoculación con micorriza y 2.80 por semana.

A partir de esta ecuación se puede concluir que por cada gramo adicional en el peso inicial de cormo se aumenta la altura en 0.02 cm aproximadamente y por cada gramo adicional de bokashi en el medio el crecimiento de la planta se reduce en 0.07 cm. La inoculación con micorriza incrementa en 1.14 cm la altura y por semana la planta crece aproximadamente 2.8 cm. Aunque los valores para el peso inicial de cormo, bokashi y la micorriza son significativos, el factor más influyente en la altura de la planta es el tiempo, naturalmente se espera que a medida transcurren las semanas exista un crecimiento de las plántulas.

Ecuación de Regresión para la variable hojas

$$\text{Número de Hojas} = 0.195 - 0.000058 \text{ peso inicial de cormo(g)} - 0.00883 \text{ bokashi (\%)} + 0.0435 \text{ micorriza (Con)} + 0.688 \text{ semana}$$

Donde número de emitidas es igual a un valor constante de 0.195, $- 0.000058$ por peso inicial de cormo(g) $- 0.00883$ por unidad porcentual adicional de bokashi, 0.0435 con inoculación con micorriza $+ 0.688$ por semana.

La ecuación anterior define que el número de hojas emitidas decrece 0.000058 por cada gramo de peso inicial, esto puede explicarse según Belalcázar (1991), ya que la relación tamaño de cormo y emisión de hojas es inversamente proporcional, cormos grandes dependen más de las reservas que poseen, que de la producción de carbohidratos por la acción fotosintética del follaje. El bokashi por su parte también disminuye el número de hojas en 0.00883 por gramo adicional. La inoculación con micorriza entre tanto aumenta 0.0435 hojas. Dentro de los factores analizados, el mayor efecto está dado por la semana que aumenta el número de hojas en 0.688.

4.1.1.2 Efecto acumulativo del bokashi y la micorriza en la altura de planta y número de hojas a la novena semana

Se analizó el efecto de la micorriza y el bokashi a las nueve semanas y se pudo notar que el uso de bokashi influyó positivamente en la altura de las plantas (Cuadro 2). La combinación 25: 75 superó en casi un 5% al testigo (planta sin bokashi) y demás tratamientos. Así mismo, el número promedio de hojas aumentó en un 5% con esta combinación. El empleo de micorriza también influyó positivamente en el crecimiento de las plantas (Fig.1 y 2).

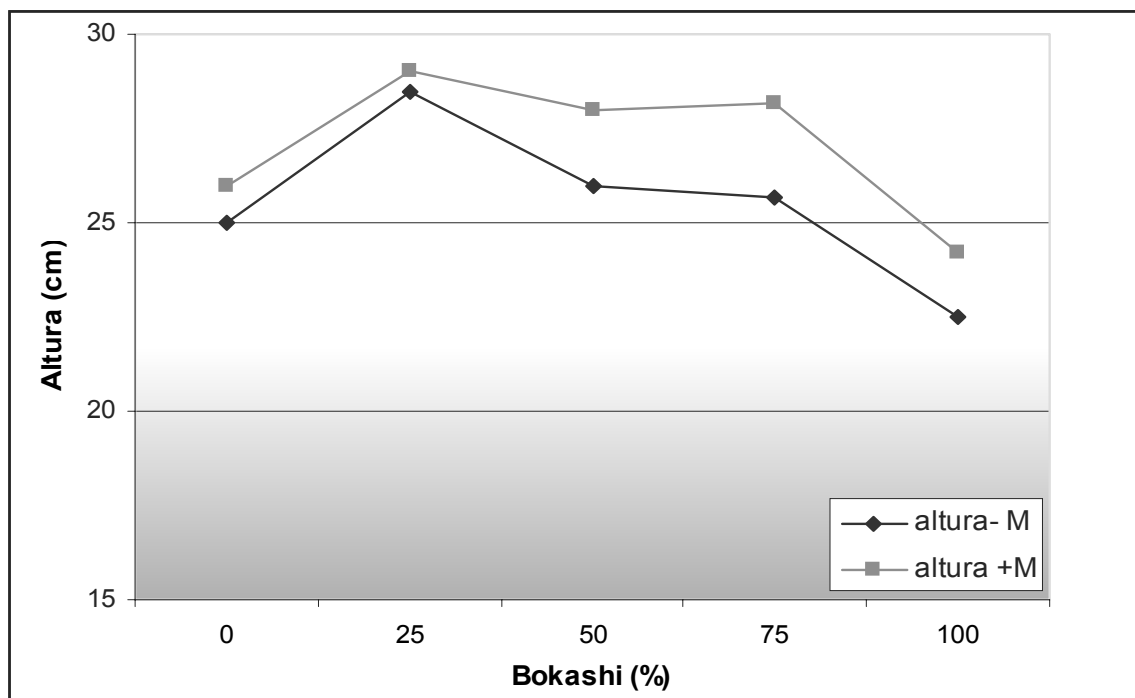


Figura 1. Efecto de la micorriza y el porcentaje de bokashi del sustrato en la altura de plantas del clon Curare Enano en vivero.

Las combinaciones de bokashi: suelo 75:25 y 100:0 que fueron los tratamientos con alturas y números promedios de hojas más bajos (Cuadro 1).

Sieverding (1991), indica que los efectos de la micorriza en crecimiento se ven aumentados a medida que los niveles de fósforo en el suelo disminuyen, lo que explicaría que los mayores promedios de altura se alcanzaran en las combinaciones de Bokashi: Suelo 0:100 y 25:75 que son los que tienen menor contenido de fósforo.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Severn (1998), con plantas de plátano *in vitro* micorrizadas y bacterias simbióticas. El resultado fue significativamente mayor en cuanto a crecimiento de las plantas y raíces.

Se pudo apreciar leves diferencias en color de la biomasa en las plantas; con 0% de bokashi la coloración verdusca era menos intensa. Se observó que a medida incrementaba el contenido de bokashi a partir de 25 %, el desarrollo de la planta era más lento (Anexo 7).

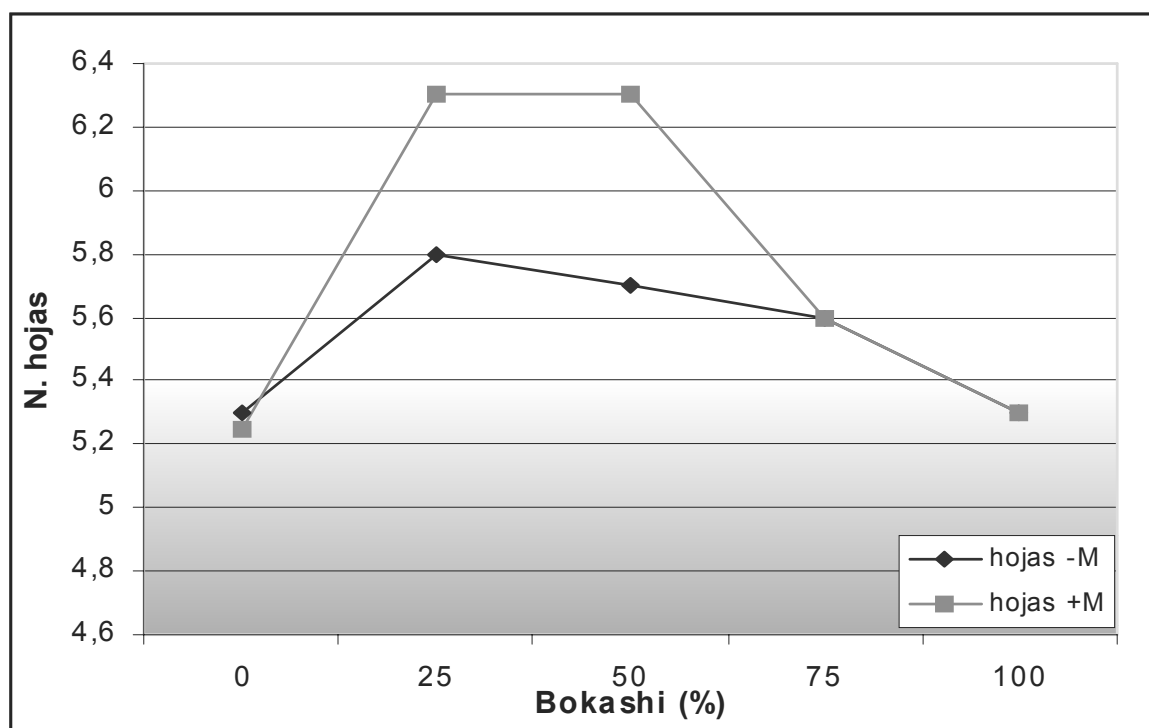


Figura 2. Efecto de la micorriza y el porcentaje de bokashi del sustrato en el número de hojas emitidas de plantas del clon Curare Enano en vivero.

4.1.1.3 Diámetro (mm) de plantas de plátano

La primera lectura no indicó diferencias significativas en las proporciones de bokashi: suelo desde 0:100 hasta 75:25, pero la combinación 100:0 fue la que presentó el menor diámetro. En la segunda lectura, si se notaron diferencias significativas en el diámetro; la combinación de bokashi: suelo 25:75 presentó el mayor diámetro, aunque no difiere estadísticamente de la combinación 50:50 (Cuadro 2).

Los menores valores de diámetro se obtuvieron en los tratamientos con mayor contenido de bokashi (75:25 y 100: 0).

Cuadro 2. Efecto de la relación bokashi: suelo y micorriza en el número de hojas, altura a la novena semana, diámetro del tallo de plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002. $\hat{r}$

Factor de Variación	N. de hojas	Altura (cm)	Diámetro 1	Diámetro 2
<u>Bokashi: suelo (%)</u>				
0:100	5.2 b	25.4 b	25.2 a	28.0 cd
25:75	6.5 a	28.8 a	26.6 a	32.3 a
50:50	6.3b	27.0 c	25.4 a	30.8 ab
75:25	5.6 c	26.0 d	23.8 a	29.5 bc
100: 0	5.2 d	23.0 e	18.8 b	26.8 d
ANDEVA	*	**	**	**
<u>Micorriza</u>				
Con	5.9	27.0	24.3 a	30.1a
Sin	5.6	25.5	23.6 a	28.9 b
ANDEVA	ns	*	ns	*
<u>B:s x Micorriza</u>				
ANDEVA	ns	*	*	*
C V(%)	22.6	19.6	15.7	11.3
R2	0.88	0.87	0.63	0.64

*, **, ns = significativo a $P = 0.05$, Altamente significativo $P < 0.0001$ y no significativo a $P = 0.05$, respectivamente

$\hat{r}$ = número de hojas y altura a las 10 SDS (semanas después de la siembra) y diámetro de tallo a las 4 y 10 SDS

Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí.

4.1.1.4 Peso fresco y peso seco de la biomasa aérea (pseudotallo y hojas)

La combinación de bokashi:suelo que obtuvo el mayor peso fresco de biomasa fue la 25:75; no se notaron diferencias significativas en las combinaciones de 50:50 y 75:25. Los pesos promedios más bajos se obtuvieron con las combinaciones de bokashi: suelo 100:0 y 0:100, respectivamente; ambos tratamientos no mostraron entre sí diferencia estadística significativa (Cuadro 3).

La inoculación con micorriza fue efectiva; las plantas inoculadas presentaron mayores pesos que las plantas no inoculadas.

4.1.1.5 Peso fresco y peso seco de raíces

Se pudo observar en cuanto a peso fresco de raíces que el uso del bokashi, sus interacciones con el peso inicial de cormo y la micorriza (Mycoral®) influyen en el peso fresco de raíces de las plantas (Cuadro 3).

Dentro de los tratamientos, el mejor promedio de peso fresco se obtiene con la combinación de bokashi:suelo 25:75. Las combinaciones 50:50, 75:25 y 100:0 no mostraron diferencias significativas entre sí; el menor promedio de peso fresco se obtuvo con la combinación 0:100 que fue estadísticamente diferente al resto de tratamientos (Cuadro 3).

El mayor peso seco promedio se logró igualmente con la combinación bokashi: suelo 25:75, aunque ésta no mostró diferencia significativa con el resto de las combinaciones.

El peso fresco de raíces fue significativamente mayor en plantas inoculadas con micorriza pero esta diferencia no se observó en el peso seco.

4.1.1.6 Peso Fresco y Seco de Cormos

El análisis de varianza sugiere que el factor bokashi tuvo un efecto en el peso de cormo tanto fresco como seco, por otro lado la interacción del bokashi Mycoral® también influye en el resultado del peso seco (Cuadro 3).

No hubo diferencia significativa entre los pesos frescos dentro de las combinaciones de bokashi: suelo. Tampoco se encontró diferencia significativa en las combinaciones 25:75, 50:50, 75:25 y 0:100 con respecto a pesos secos de cormos (Cuadro 3). La inoculación de Mycoral® no tuvo ningún efecto aparente en cuanto al peso fresco pero si en el peso seco de cormos.

Los resultados antes expuestos para las variables de altura, pesos frescos y secos de biomasa aérea, radicular y cormos concuerdan con experimentos realizados en Cuba por Hernández *et al.* s.f., quienes indican que en *Musas* se observaron aumentos en la altura, materia fresca y seca total (biomasa aérea, radicular y cormos) y en el área foliar.

Cuadro 3. Efecto de la relación bokashi: suelo y micorriza en pesos frescos y secos de biomasa aérea, radicular y cormos de plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002[†]

Fuente de Variación	Biomasa aérea		Biomasa Radical		Cormos	
	Peso Fresco	Peso Seco	Peso Fresco	Peso Seco	Peso Fresco	Peso Seco
<u>Bokashi: suelo (%)</u>						
0: 100	116.0 c	14.0 b	15.5 c	2.84 a	248.6 a	34.4 a
25: 75	175.3 a	24.2 a	29.5 a	3.2 a	262.4 a	34.9 a
50:50	153.9 b	21.9 a	24.2 b	2.90 a	253.3 a	29.3 b
75: 25	147.7 b	20.9 a	21.8 b	2.93 a	250.9 a	31.5 ab
100: 0	117.5 c	12.9 b	22.3 b	2.93 a	240.4 a	28.2 b
ANDEVA	**	**	**	ns	ns	*
<u>Micorriza (M)</u>						
Con	150.5 a	20.2 ^a	25.1a	3.2 a	251.0 a	31.8 a
Sin	133.9 b	17.6 b	20.2 b	2.8 b	251.4 a	31.5 a
ANDEVA	*	*	**	*	ns	ns
<u>B:s x M</u>						
ANDEVA	ns	ns	ns	ns	ns	*
C V(%)	22.0	31.4	28.0	26.5	7.2	17.3
R2	0.77	0.72	0.72	0.64	0.97	0.90

*, **, ns = significativo a $P= 0.05$, Altamente significativo $P< 0.0001$ y no significativo a $P= 0.05$, respectivamente

[†] =peso frescos y secos a la 10 SDS

Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí.

4.1.1.7 Influencia del tamaño de cormo en biomasa aérea y de raíces

Se evaluó la respuesta de la planta en el peso fresco y seco de biomasa aérea y radicular. Los bloques 1 y 2 con mayores pesos de cormos (410 y 278 g respectivamente) resultaron con los mayores pesos frescos de biomasa. Los bloques 3 y 4 (cormos = 178 y 108 g., respectivamente) con pesos menores significativamente distintos entre ellos (Cuadro 4). El mayor peso seco, se observó en el bloque 1 (Fig. 3), siendo estadísticamente distinto de los otros bloques, y también distintos entre sí

Cuadro 4. Efecto del peso de cormo en peso frescos y secos de biomasa aérea y radical en plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002.[†]

Fuente de Variación	Biomasa aérea		Biomasa Radical	
	Peso Fresco	Peso Seco	Peso Fresco	Peso Seco
<u>Peso de cormo</u>				
410 g	190.7 a	28.1 a	34.9 a	3.7 a
278 g	179.5 a	24.0 b	24.3 b	3.9 a
178 g	119.5 b	13.0 c	18.5 c	2.5 b
108 g.	77.3 c	9.9 d	12.7 d	1.6 c
ANDEVA	**	**	**	**
C V(%)	22.0	31.4	28.0	26.5
R2	0.77	0.72	0.72	0.64

*, **, ns = significativo a $P= 0.05$, Altamente significativo $P< 0.0001$ y no significativo a $P= 0.05$, respectivamente

[†] Peso frescos y secos alas 10 SDS,

Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí.

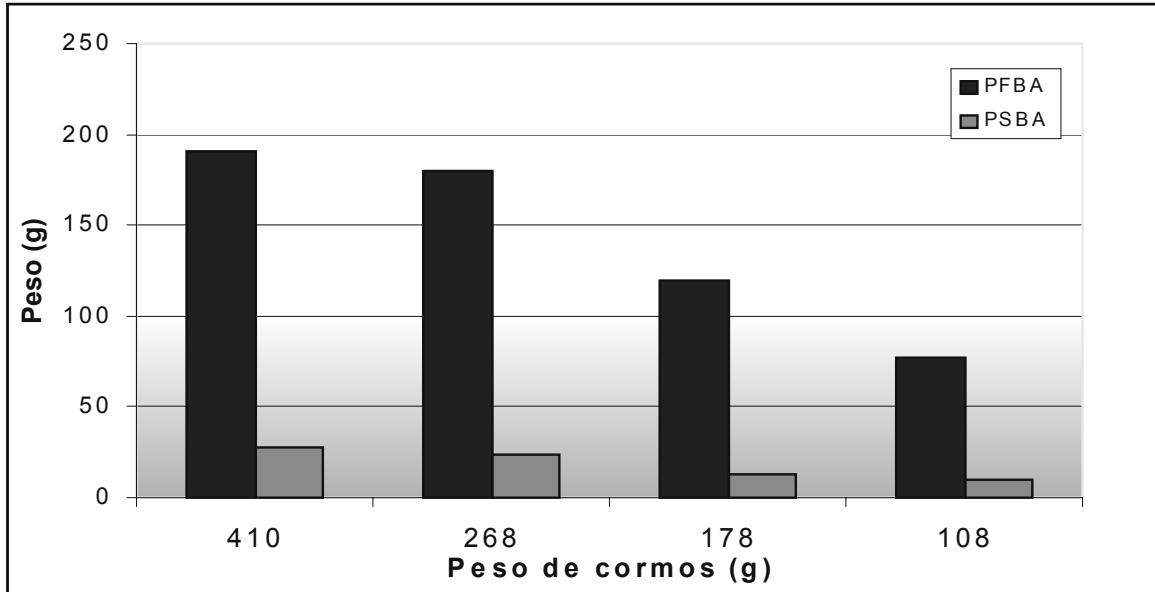


Figura 3. Efecto del peso de cormo en el peso fresco y seco de biomasa aérea de plantas del clon Curare Enano en vivero.

El peso de biomasa de raíces también fue mayor en cuanto el peso promedio de cormo aumentaba; el mayor peso se observó en el bloque 1 siendo estadísticamente diferente a los otros bloques. En peso seco de biomasa de raíces no se presentó diferencias entre los bloques 1 y 2 que dieron el mayor peso, pero si en los bloques 3 y 4 los cuales diferían estadísticamente entre sí (Fig. 4).

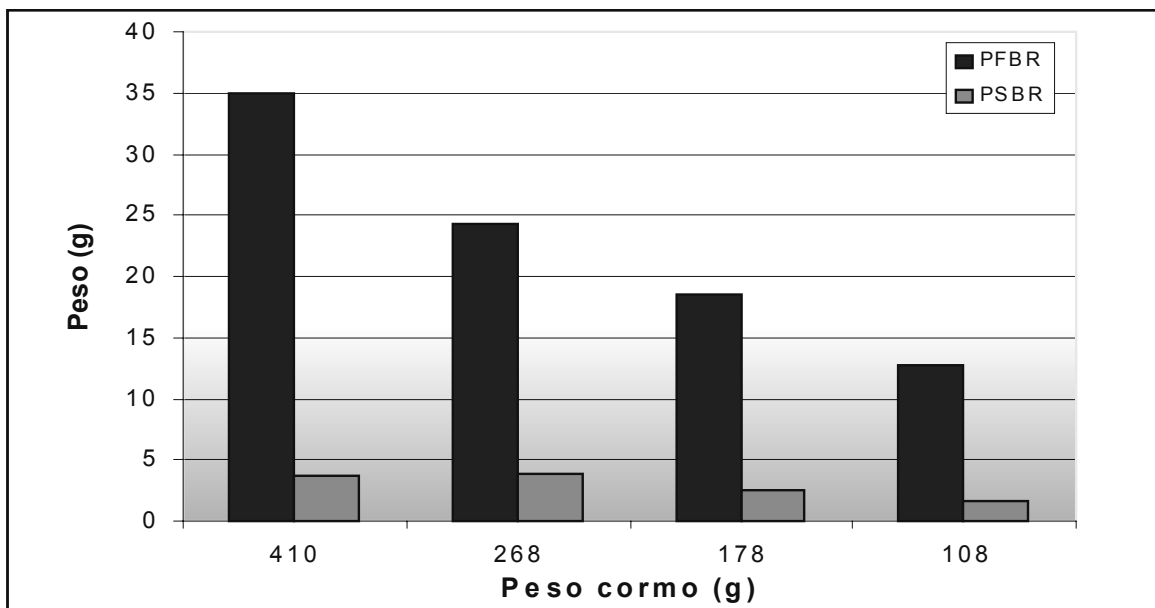


Figura 4. Efecto del peso del cormo en el peso y fresco de biomasa radical en plantas del clon Curare Enano en vivero.

4.1.1.8 Número de raíces, mayor y menor longitud de raíz

Se pudo observar que si hubo un efecto positivo del bokashi en cuanto al número de raíces; pero no se detectó ningún efecto significativo en cuanto a longitud de raíces dentro de los tratamientos (Fig. 5).

Dentro de las combinaciones de bokashi: suelo empleadas, el mayor número de raíces se observó en la combinación 25:75, ésta superó en un 36% al testigo. El resto de combinaciones no mostraron diferencias significativas entre sí (Cuadro 5).

En lo que se refiere a mayor longitud de raíz las combinaciones de bokashi: suelo 100:0 y 75:25 fueron las que produjeron las raíces más largas; en tanto que las combinaciones 50:50 y 0:100 no difieren entre sí. Por otro lado la combinación de 25:75 fue la que mostró el menor promedio significativamente distinto al resto excepto a 0:100.

Dentro de las combinaciones de bokashi:suelo la que obtuvo los valores más bajos en longitud de raíces cortas fue la 0:100, sin diferir significativamente de las combinaciones 25:75 y 50:50. Los mayores promedios en longitud de raíces cortas se obtuvieron con las combinaciones 75: 25 y 100:0.

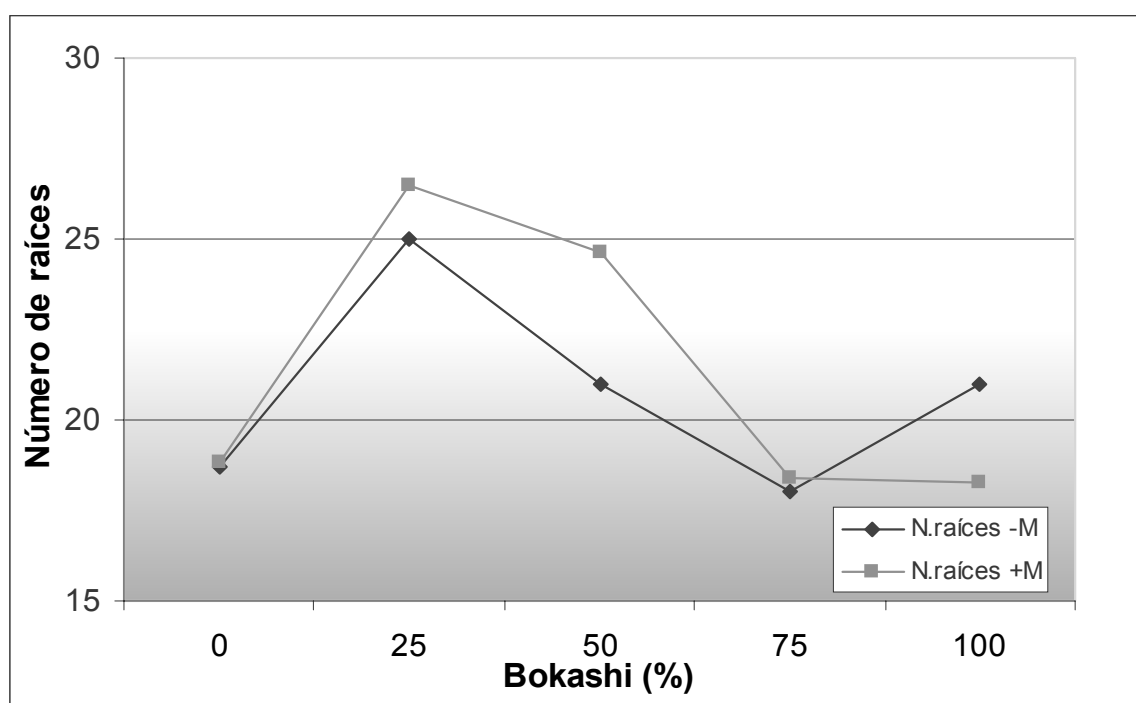


Figura 5. Efecto de la micorriza y del porcentaje de bokashi del sustrato en el número de raíces de plantas del clon Curare Enano en vivero.

La inoculación con Mycoral® no mostró aparentemente ningún efecto significativo en cuanto a longitudes (máxima y mínima).

Cuadro 5. Efecto de la relación bokashi.: suelo y micorriza en el número de raíces, longitud de raíz más corta y más larga de plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002.†

Factor de Variación	Número de raíces	Raíz Larga (cm)	Raíz Corta (cm)
<u>Bokashi: suelo (%)</u>			
0:100	18.7 b	47.9 bc	1.6 c
25: 75	25.5 a	44.9 c	1.8 bc
50:50	21.6 b	48.7 bc	1.9 bc
75: 25	18.4 b	52.5 ab	2.1 ab
100: 0	19.2 b	56.2 a	2.4 a
ANDEVA	*	*	*
<u>Micorriza (M)</u>			
Con	23.9	50.2	1.8
Sin	20.7	49.7	2.0
ANDEVA	*	ns	ns
<u>B:s x M</u>			
ANDEVA	ns	ns	**
C V (%)	27.7	16.9	28.6
R2	0.45	0.32	0.55

*, **, ns = significativo a $P=0.05$, Altamente significativo $P<0.0001$ y no significativo a $P=0.05$, respectivamente

† Numero de raíces y longitudes alas 10 SDS

Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí

4.1.1.9 Análisis de correlación entre las variables fisiológicas, porcentaje de infección de raíces y número de esporas

Los coeficientes de correlación indican una relación positiva del porcentaje de infección y la producción de biomasa aérea y radicular pero con un índice bajo de 35% para las variables (pero significativo a un $P=0.05$). También hay una relación positiva con el número de esporas con un índice de 37 % (Cuadro 6).

Existe un alto valor de correlación (aproximadamente 70 %) entre la producción de biomasa radicular con las variables de biomasa aérea y altura ($P<0.0001$).

Cuadro 6. Coeficientes de correlación (r) y probabilidad (P) entre la biomasa aérea, radical, altura de plantas, número de hojas de plantas, infección de raíces y número de esporas en plátano Curare Enano. El Zamorano, Honduras. 2002.

Variables	PFBA [†]	PSBA	PFBR	PSBR	Altura	N. hojas	Infección (%)	N. esporas
Infección (%)								
r	0.33	0.33	0.26	0.30	0.39	0.29	1.00	0.37
P	0.03	0.03	0.09	0.05	0.01	0.06		0.01
N. esporas								
r	0.06	0.14	0.06	0.04	0.05	0.23	0.37	1.00
P	0.69	0.37	0.67	0.75	0.72	0.14	0.01	
PFBA								
r	1.00	0.81	0.71	0.82	0.90	0.24	0.33	0.06
P		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.46	0.03	0.69
PSBA								
r	0.81	1.00	0.70	0.65	0.83	0.39	0.33	0.14
P	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	0.01	0.03	0.37
PFBR								
r	0.71	0.70	1.00	0.73	0.71	0.46	0.26	0.06
P	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001	0.02	0.09	0.67
PSBR								
r	0.81	0.66	0.73	1.00	0.78	0.11	0.30	0.04
P	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001	0.46	0.05	0.75
Altura								
r	0.90	0.83	0.71	0.78	1.00	0.30	0.39	0.05
P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		0.05	0.01	0.72
N. Hojas								
r	0.24	0.39	0.46	0.12	0.30	1.00	0.29	0.23
P	0.13	0.01			0.05		0.06	0.14

[†]PFBA= Peso fresco de biomasa aérea PSBA= Peso seco de biomasa aérea

PFBR= Peso fresco de biomasa radical PSBR= Peso seco de biomasa radical

4.2 FASE DE LABORATORIO

4.2.1 Porcentaje de infección de raíces y número de esporas

Se observó que los factores bokashi y micorriza (Mycoral[®]), influyen significativamente en el porcentaje de infección. De acuerdo con el modelo establecido, el número de esporas fue influido por el bokashi y por la inoculación con el Mycoral[®].

El mayor porcentaje de infección se presentó en la combinación de bokashi: suelo 25:75, siendo ésta significativamente distinta al resto de combinaciones. Se pudo observar que a medida que se incrementa el porcentaje de bokashi, disminuye el porcentaje de infección en las raíces (menos vesículas y arbusculos). El menor porcentaje de infección, se encontró en la combinación 100:0 con menos de 1 %, esto pudo deberse probablemente a los procesos de descomposición de la materia orgánica y el conjunto de sustancias producidas en este proceso, que inhiben la colonización de las micorrizas (Ordóñez, 2001).

Se encontró un mayor número de esporas en la combinación de bokashi:suelo 25:75 (45 esporas/ ml), siendo significativamente distinto al resto. No se encontraron diferencias significativas en las combinaciones 0:100, 50:50 y 75:25 pero éstas si diferían de la 100:0 que fue la obtuvo el menor número promedio de esporas (Cuadro 7).

Para la inoculación con micorriza (Mycoral[®]) las medias de porcentaje de infección y número de esporas fue significativamente mayor aproximadamente 20 % y 39 % respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de la relación bokashi: suelo y micorriza en el número de esporas y el porcentaje de infección de raíces de plátano Curare Enano. Zamorano, Honduras. 2002.

Fuente de Variación	Infección (%)	N. Esporas (ml/ 100g suelo)
<u>Bokashi : suelo (%)</u>		
0: 100	10.8 b	33.1 b
25: 75	13.3 a	45.0 a
50:50	4.3 c	36.9 b
75: 25	2.3 d	37.6 b
100: 0	0.3 e	26.6 c
ANDEVA	**	**
<u>Micorriza (M)</u>		
Con	6.7	41.8
Sin	5.7	29.9
ANDEVA	*	**
<u>Peso de cormo</u>		
410 g	7.1 a	34.6 a
278 g	7.6 a	33.1 a
178 g	5.8 b	38.5 a
108 g	4.2 c	37.2a
ANDEVA	**	ns
<u>B x M</u>		
ANDEVA	ns	ns
C V (%)	22.8	15.1
R2	0.95	0.81

*, **, ns = significativo a $P= 0.05$, Altamente significativo $P< 0.0001$ y no significativo a $P= 0.05$, respectivamente

Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí

Sieverding (1991), indica que a mayor contenido de materia orgánica (hasta niveles de 20%) se incrementan los propágulos (Fig. 6). Esto podría explicar el hecho de que la combinación bokashi: suelo 25:75 fuera la que mostrara los mejores resultados en el porcentaje de infección de raíces y número de esporas en el medio.

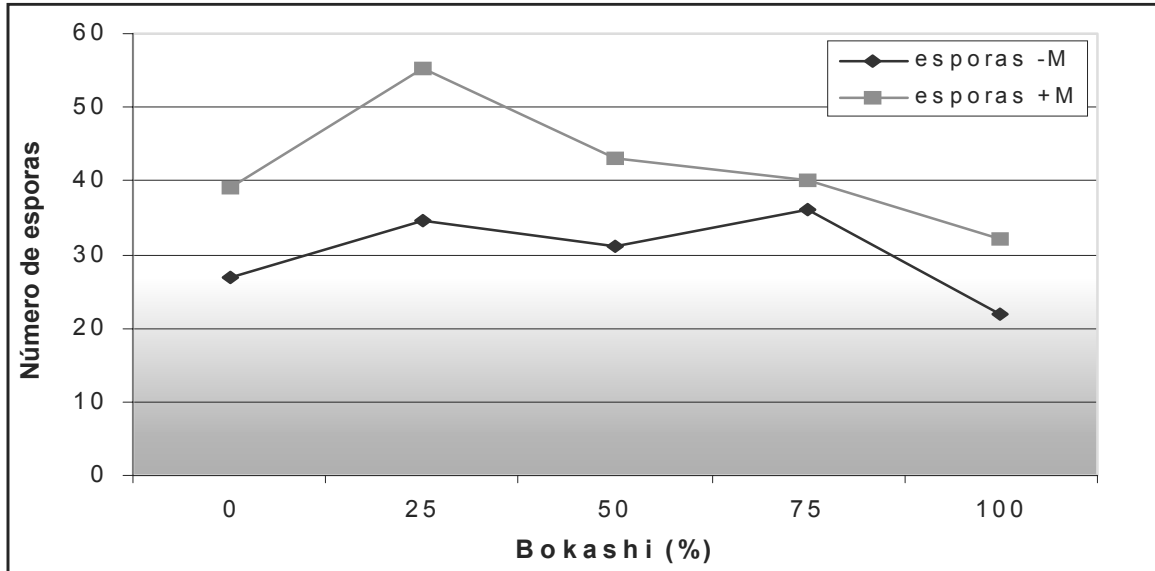


Figura 6. Efecto de la micorriza y el porcentaje de bokashi del sustrato en el número de esporas en el medio de plantas del clon Curare Enano en vivero.

Los bajos niveles de infección (Fig. 7) en el cultivo podrían deberse a la alta competitividad de otros organismos en el suelo o con las VAM nativas (Sieverding, 1991).

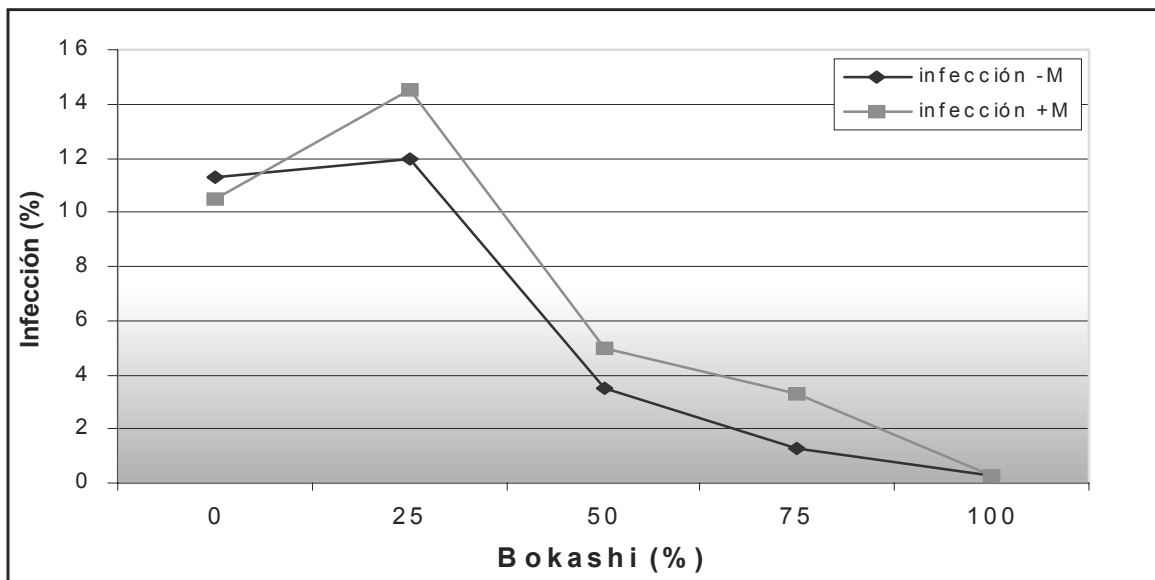


Figura 7. Efecto de la micorriza y el porcentaje de bokashi del sustrato en el porcentaje de infección de raíces de plantas del clon Curare Enano en vivero.

4.2.2 Análisis Físico-Químico

Se realizaron análisis químicos de bokashi (Cuadro 7) y del suelo con proporción Tierra: Arena 2:1 que se emplearon como medio de crecimiento del plátano (Cuadro 7). El contenido de fósforo del sustrato suelo era bajo (8 ppm disponibles), requisito para una mayor eficiencia de la micorriza.

Cuadro 8. Nutrimientos totales del bokashi. Zamorano, Honduras. 2001.

	% Fósforo /Peso				
	N	P	K	Ca	Mg
Bokashi	1.30	1.28	1.83	7.36	1.27

Cuadro 9. Análisis Físico-Químico del suelo proporción tierra: arena 2:1. El Zamorano, Honduras. 2002.

Sustrato	pH (H ₂ O)	M.O (%)	N total (%)	ppm (disponible)			
				P	K	Ca	Mg
Tierra: Arena 2:1	6.07	1.40	0.07	8	199	795	90

Los contenidos de nutrimentos en el sustrato al final de la etapa de vivero incrementaron su disponibilidad en comparación al sustrato inicial. Esto probablemente debido a que el bokashi es un abono orgánico semi descompuesto y que con el tiempo va liberando mayor cantidad de nutrimentos al medio (Anexos 8 y 9).

En los resultados de los análisis químico de los tratamientos se notó que a medida incrementaba el contenido de bokashi, en la relación bokashi:suelo aumentaba la disponibilidad de los nutrimentos N, P, Ca y Mg, excepto el K a un nivel de 100:0 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis Físico-Químico de las combinaciones Bokashi: Suelo utilizadas como medio de crecimiento para plátano Curare Enano con y sin inoculación de Mycoral[®], al final de la etapa de vivero. El Zamorano, Honduras. 2002.

<u>Bokashi : suelo</u> <u>(%)</u>	PH (H2O)	% M.O.	%N total	ppm (disponibles)			
				P	K	Ca	Mg
Sin micorriza							
0: 100	5.58	1.87	0.07	8	150	787	97
25: 75	7.27	2.63	0.12	448	650	2850	352
50:50	7.27	3.89	0.22	1063	1100	4237	525
75: 25	7.38	6.28	0.52	1226	1500	4200	712
100: 0	7.33	12.2	0.85	1590	360	4462	1087
Con micorriza							
0: 100	5.68	1.81	0.07	9	169	810	105
25: 75	7.28	3.20	0.12	536	800	3187	390
50:50	7.23	3.77	0.23	1012	805	4387	555
75: 25	7.39	5.42	0.38	1338	1365	4425	690
100: 0	7.30	11.69	0.86	1482	815	4312	1125

En la composición química de los tratamientos con y sin inoculación de Mycoral[®], el contenido de potasio aumentó considerablemente a mayores contenidos de bokashi aunque se observaron mayores niveles disponibles en suelos con VAM (Cuadro 10).

A pesar de la alta cantidad de P en el medio en la combinación de bokashi: suelo 25:75, esta fue la combinación que mostró los mejores resultados en la mayoría de las variables enumeradas anteriormente. Según Sieverding (1991) las plantas micotrópicas obligadas no dependen de los niveles de fósforo (aun en niveles mayores a 100ppm) existentes en el suelo, sino de su asociación con las micorrizas.

Los contenidos nutricionales de las combinaciones con inoculación de Mycoral[®], fueron mayores. Sieverding (1991), señala que la micorriza actúa en la solubilización y mineralización de nutrientes, esto se debe a los cambios fisiológicos y morfológicos que genera en las células corticales, las cuales producen distintos exudados que modifican las estructuras químicas de los nutrientes en la solución del suelo.

Esta diferenciación en contenidos nutricionales (Cuadro 10), concuerda con estudios realizados por Voigt (1971), quien aclara que las vesículas arbusculares del género *Glomus* (uno de los géneros que constituyen el Mycoral[®]) desarrolló un mayor nivel de fósforo sobre vitroplantas del cultivar de banano Gran Enano que en tratamientos control y en los fertilizados sin micorriza.

Probablemente estos resultados (aumento de niveles de fósforo y otros nutrientes) pueden deberse a la facilidad que tienen las hifas de transformar las formas de P para que sean disponibles por las raíces y la cual se incrementa cuando las hifas se hayan en

medios de descomposición de materia orgánica (De La Nova *et al.* s.f. y Sieverding (1991))

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del estudio:

Conclusiones del efecto del bokashi

1. La mayor altura, número de hojas, pesos frescos y secos del cormo, biomasa aérea y peso fresco de biomasa radicular promedio se obtuvo con la combinación de bokashi: suelo 25:75.
2. Las proporciones de bokashi: suelo 25:75 y 50:50 aumentaron el diámetro del tallo.
3. El mayor número de raíces encontrado fue en la combinación de bokashi: suelo 25:75 que superó en un 36% al testigo. Las mayores longitudes de raíces, se observaron en los tratamientos con 75 y 100% de Bokashi. La inoculación de micorriza aparentemente no influyó en el número y longitud de raíces.
4. A medida que se aumenta el porcentaje de bokashi a partir de un 25%, la colonización de la micorriza disminuye (esporas en el medio, arbuscúlos y vesículas en las raíces).
5. A niveles mayores de 75% de bokashi hay una disminución de la disponibilidad del potasio (aproximadamente 40%).

Conclusiones del efecto de la micorriza

1. El uso de Mycoral aumentó la altura de la planta, diámetro a las 10 SDS, peso fresco y seco de biomasa aérea y peso fresco de raíces.
2. Se pudo observar en todas las plantas, la colonización de micorriza aun en los tratamientos no inoculados con Mycoral[®], por lo que se puede afirmar que el cultivo del plátano es un cultivo micotrópico.
3. A pesar del alto contenido de P, la micorriza interactuó de forma positiva en la combinación de bokashi: suelo 25:75. Se puede interpretar que la efectividad de la micorriza no necesariamente se ve limitada por la disponibilidad de este elemento, sino por la efectividad simbiótica con el hospedante.

4. La inoculación con micorriza incrementó 20% en el porcentaje de infección de raíces y 39% en número de esporas en el medio de plantas micorrizadas..
5. Los niveles nutricionales encontrados al final de la etapa de vivero fueron mayores que en los análisis iniciales antes de la siembra, y éstos fueron mayor es en las plantas micorrizadas. Probablemente esto se debió a la continuación de los procesos de degradación de la materia orgánica y exudados de las raíces micorrizadas.

Generales

- 1.El peso inicial de cormo influyó en producción de biomasa aérea y radicular.
2. El bokashi y la inoculación con micorriza tienen un efecto significativo en número de esporas y en el porcentaje de infección de raíces.

6. RECOMENDACIONES

Basándose en los resultados obtenidos en el experimento, se recomienda para ensayos similares

1. Ejecutar el experimento en la etapa de vivero con plantas micropropagadas y cormos (de igual peso > 260g), por las diferencias que existen en los cormos como material de establecimiento y grados de colonización de la micorriza VAM.
2. Determinar nuevas dosis del inoculante proporcionales al tamaño de cormo o métodos de aplicación que probablemente aumenten el efecto benéfico de la micorriza.
3. No emplear altos contenidos de bokashi en los medios de propagación en vivero ya que éstos afectan la efectividad de la VAM y la respuesta en la planta.

Continuación del estudio

1. Se sugiere dar seguimiento al presente estudio en el campo, determinando los posibles efectos benéficos de la micorriza VAM en el rendimiento y precocidad del cultivo.
2. Comparar la efectividad del bokashi versus otras fuentes de fertilización orgánicas.

7. LITERATURA CITADA

- Agribiotecnología de Costa Rica S.A. 1999. Guía de manejo en vivero de plántulas de banano reproducidas por la técnica de cultivo *in vitro*. Alajuela, Costa Rica. 16 p.
- Alarcón, A.; Ferrera Cerrato, R. 2000. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Colegio de Post Graduados. Montecillo. México. Mundi Prensa. 251 p
- Auboiron, E.; Achard, R.; Tomekpé, K.; Noupajda, P.; Tchango, J.; Escalant, J. V. 1998. Impacto de los trabajos de mejoramiento genético y de las biotecnologías sobre las producciones de banano para consumo local en África Occidental y Central. MUSARAMA. Boletín Bibliográfico Internacional sobre Bananos y Plátanos (Francia): 13(1): 10
- Belalcázar, S. 1999. El cultivo del plátano: Guía práctica. Manizales, Colombia. Publiartes. 38 p.
- Bekunda, M. 1999. Reacciones de los agricultores frente a las pérdidas de fertilidad de los suelos en las plantaciones bananeras de Uganda. MUSARAMA, Boletín Bibliográfico Internacional sobre Bananos y Plátanos (Francia). 3 (1): 38
- Bruehl, G. W. 1987. Soilborne plant pathogens. NY, USA. MacMillan Publishing Company. 253 p.
- Brundrett, M.; Bougher, N.; Dell. B.; Grove, T.; Malajezuk, N. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Camberra, Australia. ACIAR Monograph. 374 p.
- Corcuera, E. 2001. Field trials on the performance of bokashi organic fertilizer with EM W21: Compost Japanese Style *In* Bureau of Agricultural Research, Recycling view Vol 6(4). (en línea) Quenzon City, Philippines. Consultado el 11 de mayo 2001 disponible en:
http://www.asu.edu/caed/publications/recyclenreview/rr64_bokashi.html
- Dadzie, B. K.; Orchard, J. E. 1997. Evaluación rutinaria y post cosecha de híbridos de bananas y plátanos: Criterios y métodos. Estados Unidos de América. International Plant Genetic Resources Institute. p 1-3

- De La Nova, B. M.; Chavez, D.; Pombo, R.; Hernández, M. I.; Cabrera, G. s.f. Aplicación de VAM y productos biológicamente activos en vitroplantas de plátano en la fase de post *in vitro*. INCA. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, Cuba. s. p.
- EM Bokashi Technology Network (EMTECH). 2001. Cleaning up the environment with microorganisms. (en línea). Japón. Consultado el 11 de mayo 2001. disponible en <http://emtech.org/bokashi.html>
- Evans, I. 2000. Importance of Bananas and plantains. (en Línea) Estados Unidos de América. Consultado el 13 de mayo del 2001. Disponible en <http://www.agric.gov.ab.ca/pests/diseases/nemato01.html>.
- Gowen, S.; Quenéhervé, P. 1990. Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. *In: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Eds. Luc, M, Sikora, R. A. y Bridge, J. Wallingford, United Kingdom. Cambrian. p. 431-460
- Harley, J. L.; Smith, S. E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. London, United Kingdom. Academic press. 129 p.
- Hernández, A.; Fernández, A.; Fernández, E.; Gárciga, M.; Herrera, R. H. s.f. Perspectivas del uso de micorrizas VAM como control biológico. Instituto de Ecología y Sistemática, MINTECMA, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. CUBA. MINAGRI. s.p.
- Jaco, A.; Ávila, E. 1999. Producción y comercialización de abono orgánico tipo Bokashi. Tegucigalpa, Honduras. UNAH-SUED. 11 p
- Jaizme Vega, M. C.; Galán, V.; Cabrera, Y. J. 1991. Preliminary results of VAM effects on banana under field conditions. *Fruits (USA)* 46: (1): 19- 22
- Krauss, U.; Figueroa, R.; Johanson, A.; Arévalo, A.; Anquiz, R.; Cabezas, O.; García, L. 1999. Clones de *Musa* en Perú: usos potencial de producción y limitaciones. MUSARAMA: Boletín Bibliográfico Internacional sobre Bananos y Plátanos (Francia) 13(1): 3
- Lagos, C.; Suárez, A. 2001. Bokashi. La Lima, Cortés. Honduras Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 3 p.
- Ordóñez, J. 2001. Elaboración del bokashi. Material de Módulo de Agricultura Orgánica. Zamorano, Honduras. 3 p
- Programa de Biotecnología Aplicada. 2000. Mycoral®: Micorriza arbuscular biofertilizante que favorece el desarrollo de las plantas. Zamorano. s. p.

- Rodríguez, A. 2001. Hongos ectomicorrícicos: Importancia, ecología y funciones prácticas. (en línea). México .Consultado el 3 de junio 2000. Disponible en http://xornal.usc.es/opinion_amp.asp?p=4258
- Rubio, R.; Cepeda, M.; Borie, F.; Contreras, A. 1997. Efecto de hongos micorrizógenos arbusculares sobre crecimiento de algunas hortalizas en almácigo y posterior transplante. *Agricultura Técnica (Chile)* 57 (3): 161-168 p.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation, Eschborn, Federal Republic of Germany. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. 295 p.
- Severn, A.; Ellis, A. 1998. Aplicación de biotecnología para el mejoramiento de los cultivares de banano en Sudáfrica. *MUSARAMA: Boletín Bibliográfico Internacional sobre Bananos y Plátanos (Francia)* 13(1): 8
- Shintani, M. 1998. Producción de Bokashi para la agricultura orgánica en los trópicos. *In: Seminario Internacional: Prácticas adaptadas a la producción orgánica en regiones del trópico húmedo.* EARTH, Guácimo, Costa Rica. 1-4 p.
- Soto, G. 1998. Comercialización mundial de productos orgánicos. *In: Seminario Internacional: Prácticas adaptadas a la producción orgánica en regiones del trópico húmedo.* EARTH, Guácimo, Costa Rica. 5-6 p.
- Stirling, G. R. 1991. Biological control of plant parasitic nematodes. CAB International. Oxon, United Kingdom. Redwood Press Ltd. Melksham. 282 p.
- Vásquez, D.; Kolsman, E. 1996. El suelo un organismo vivo *In: Manual de Agricultura Ecológica.* Maela y Simas. p 19 –33.
- Voight, G. K. 1971. Mycorrhizae and nutrient mobilization. Washington, USA. Government Printing Office. 232 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Materiales empleados en la elaboración del bokashi. Sección de Agricultura Orgánica. EAP, Zamorano, Honduras. Σ

Materiales

1. 10 qq de gallinaza de ponedoras. Aporta nutrimentos como nitrógeno, magnesio, fósforo, potasio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.
2. 10 qq de casulla de arroz. Mejora las características físicas del suelo, aireación, absorción de humedad, filtración de nutrientes, aporta sílice que ayuda a incrementar la resistencia a enfermedades.
3. 3 qq de bokashi maduro: constituye fuente de inoculación microbiológica.
4. 2 qq de harina de hueso: proporciona fósforo y calcio.
5. 50 lbs de cal dolomítica
6. 2 lts de melaza, principal fuente energética para la multiplicación microbiológica y aporta boro, potasio y magnesio.
7. 1000 g de levadura: fuente de inoculación biológica.
8. 2 qq de harina de maní. Aporta nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.
9. 3 qq de carbón molido, es tipo esponja, retiene filtra y libera los nutrimentos útiles
10. Agua: homogeneizar la humedad, propicia condiciones ideales.

Σ Dosis para 25 –30 sacos de bokashi.

Sustituciones

Ingrediente

Gallinaza

Casulla de arroz

Bokashi y Compost

Harina de hueso

Cal dolomítica

Melaza

Harina de maní

Sustitución

Estiércol de ganado, cerdo y caballo.

Harina de hueso, sangre y pescado

Cascarilla de café, pajas secas y trituradas

Tierra común

Tierra virgen (no aconsejable)

Hojas de higuera picada

Ceniza

Panelas o rapadura

Semolina de arroz, afrecho o salvado

Correspondence: Dr. M. J. Griffin, School of Mechanical Engineering, The University of Southampton, Highfield, Southampton SO9 5NH, UK.
E-mail: m.j.griffin@soton.ac.uk

Anexo 3. Análisis físico químico del sustrato bokashi. EAP. Zamorano, Honduras

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA
LABORATORIO DE SUELOS

16 de agosto de 2001

Resultado de análisis de Bokashi

Solicitante: Jacquelin Moreno

# Lab	Muestra	% <i>F/P</i>				
		N	P	K	Cu	Mg
1052	Bokashi	1.30	1.28	1.83	7.56	1.27

Responsable: 
Ing. Rilda Flores

Jefe Lab. 
Dra. Ana Margoth de Andrews

Anexo 4. Método de clarificación y tinción de muestras de raíces

Procedimiento de clarificación:

1. Preparar los cassettes con muestras de raíces y mantener hasta que todo este listo para iniciar el proceso.
2. En un beaker, vertir una solución de KOH al 10% de modo que cubra todos los cassettes.
3. Calentar el KOH hasta 80 °C de temperatura.
4. Colocar los cassettes en el KOH caliente durante:
15 minutos para cebolla y otras raíces tiernas
30 minutos para la mayoría de raíces (p.e. maíz, gramíneas)
5. Lavar con agua cinco veces.

NOTA: Si las muestras de raíces tienen pigmentos oscuros (p.e. cafés, negros, morados) después de clarificarlas con KOH , colocar los cassettes en un beaker con 30% de agua oxigenada a temperatura ambiente (10 minutos a =50 °C) hasta que las muestras se aclaren. Revisar constantemente para evitar daños en las estructuras de las raíces.

Enjuagar cinco veces con agua y proceda. En caso de no tener agua oxigenada, cubra los cassettes con HCL (5.0 ml) y agua (200 ml). Mezclar y desagüar

Procedimiento de tinción de raíces

1. En un beaker, vertir suficiente cantidad de Azul de Tripano (0.05 %) para cubrir los cassettes,
2. Calentar el tinte azul sin los cassettes hasta 80 °C de temperatura.
3. Colocar los cassettes en el tinte caliente y mantener la temperatura en 80 °C. Después de 30 minutos, dejar enfriar hasta que la temperatura sea menor de 50 °C, luego filtrar el tinte para remover pedazos de raíces y almacenar bajo refrigeración en un frasco. Enjuagar los cassettes una sola vez.
4. En una placa, montar varias raíces para su observación y cubrir con el cubreobjetos presionando levemente. Las raíces se deben manipular con pinzas y guantes ya que el tinte es cancerígeno. En caso de no visualizar claramente las

estructuras del hongo, colocar las raíces en un plato petri con agua para enjuagar y luego observar.

5. Si no se van a analizar las muestras el mismo día, colocar las raíces en el refrigerador en una bolsa plástica etiquetada

Anexo 5. Preparación del azul de tripano

En un frasco, añadir y mezclar constantemente los ingredientes en el siguiente orden:

- 1) 800 ml glicerina
- 2) 800 ml de ácido acético
- 3) 800 ml de agua destilada
- 4) 1.2 g de tinte Azul de Tripano

Método por:

Jarstfer. G: A: 1970. University of Florida. Soil Science Department, 2171 McCarty Hall, Gainesville, FL 32611-0151 USA.

Anexo 6. Procedimiento para el aislamiento de esporas en raíces con micorriza vesículo-arbuscular (VAM)

Procedimiento:

1. Seleccionar en el campo un cultivo de interés y obtener una muestra compuesta (varias submuestras) de por lo menos 100 g de suelo o medio de crecimiento.
2. En el laboratorio, pesar 100 g de la muestra de suelo o medio de crecimiento recolectado para iniciar el proceso lo más pronto posible para evitar la desecación de las esporas.
3. Vaciar su submuestra en un envase de 4.0 L y, utilizando una manguera delgada, asperjándola con un fuerte chorro de agua para separar las partículas de suelo. Llenar hasta 3.0 L y dejar reposar por 15'30 segundos(suelos arenosos requieren menos tiempo).
4. Colocar tres tamices (425, 250 y 75 micrómetros) uno sobre otro con el mayor número de micrómetros encima, para extraer las esporas.
5. Vaciar la muestra sin perturbar el sedimento y pasar por los tres tamices. Repetir el proceso una vez. El tamaño del tamiz refleja el tamaño de las esporas deseadas, así, esporas de *Glomus etunicatum* pueden ser recolectadas en un tamiz de 63 micrones, las cuales estarán relativamente libres de material inerte si antes se usa un tamiz de 200 micrones.
6. Transferir el material filtrado a un tubo para centrifugación con 50 ml de capacidad. Usar un embudo pequeño de chorro fino para evitar las pérdidas del material filtrado. Enjuagar cuidadosamente el tamiz para recolectar la mayoría de

las esporas en los tubos. De ser necesario, añadir agua hasta aproximadamente un centímetro del borde del tubo.

7. Centrifugar a 3000 rpm por 3 minutos ó 2000 rpm por 5 minutos. No utilizar el freno de la centrífuga. Vaciar la mezcla en solución sin perturbar el sedimento (las esporas están mezcladas con el sedimento).
8. Al tubo con sedimento, agregar una solución de sucrosa al 40% (p/v). Agitar hasta que el sedimento quede en suspensión y centrifugar inmediatamente a 3000 rpm por un minuto. No utilizar el freno de la centrífuga. Vaciar la solución en un tamiz de 45 micrones evitando salpicar agua. Enjuagar las esporas durante un minuto para remover la sucrosa y evitar deshidratación. Eliminar el sedimento.
9. Transferir las esporas a un tubo par centrífuga y afore a 25 ml.
10. Colocar 1.0 ml de la solución con esporas en un plato petri plástico de 5.0 ml de capacidad. Observar en el estereoscopio. Si desea guardar la solución de esporas, sellar con papel parafinado y almacenar en el refrigerador a 4 °C.

Método por:

Jarstfer, A. G, 1963. University of Florida. Soil Science Department, 2171 McCarty Hall, Gainesville, FL 32611-0151 USA. Plant Dis. Rep. 48:692.

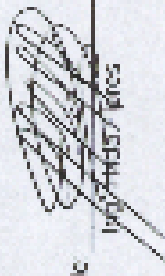
Anexo7. Comparación de la respuesta de crecimiento de plantas de plátano Curare Enano a las combinaciones de bokashi: suelo con y sin inoculante Mycoral®.



Anexo 8. Análisis físico químico de 5 combinaciones de bokashi: suelo con inoculación de Mycoral®.

ZAMORANO CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA LABORATORIO DE SUELOS									
SOLICITANTE: JACQUELIN MORENO Institución: CUPA Localización: Aldea Morcino Departamento: P.O. MORAZAN Cultivo a sembrar: Recomendación: 5g No. 3					Fecha de entrega: 22/02/02 Fecha de salida: 15/03/02				
RESULTADO DE ANALISIS Interpretación:									
					pH				
					A=Alto M=Medio B=Bajo				

# Lab.	Muestra	Textura	% Arena	% Limo	% Arcilla	pH (H ₂ O)	N	M.O	N total	ppm (Disponible)									
										P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
146	0 Micoriza					5.68	1.81	0.07	9	169	810	105							
146	25 Micoriza					7.28	3.20	0.12	536	900	3187	390							
147	50 Micoriza					7.23	3.77	0.23	1012	805	4387	555							
148	75 Micoriza					7.39	6.42	0.38	1338	1385	4425	689							
149	100 Micoriza					7.30	11.69	0.86	1482	815	4312	1125							

Responsable:  Jefe Lab por  Jefa Ana Margot de Andrews

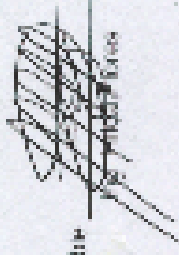
 Jefa Ana Margot de Andrews

Anexo 9. Análisis físico químico de 5 combinaciones de bokashi: suelo sin inoculación de Mycoral®.

SOLICITANTE: JACQUELIN MORENO				CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA				ZAMORANO				LABORATORIO DE SUELOS			
Institución: UCPA				Localización: Akwe				Municipio				Fecha de entrada: 22/12/2022			
de la muestra: ZAMORANO				Departamento: FCO MORAZAN				Cultivo a sembrar				Fecha de salida: 10/01/23			
Recomendación: S				No A				Interpretación				pH			
								A=Alto							
								M=Medio							
								B=Bajo							

# Lab	Muestra	Textura	% Arena	% Limo	% Arcilla	pH (H ₂ O)	% MO	N _{total} %	ppm (Disponibles)										
									P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	U	
140	0 Bokashi					5.85	1.87	0.07	8	150	787	97							
141	25 Bokashi					7.27	2.83	0.12	448	830	2850	352							
142	50 Bokashi					7.27	3.89	0.22	1063	1100	4237	525							
143	75 Bokashi					7.30	6.28	0.52	1226	1500	4230	712							
144	100 Bokashi					7.33	12.2	0.85	1590	360	4452	1087							

Responsable:



Jairo Lab

Univ. Ana Margell de Andrews

