

Efecto de tres niveles de fósforo sobre la Asociación de Mycoral@ con tres genotipos de Maíz

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

Presentado por:

Leonardo Pablo Posada García

Zamorano, Honduras

Diciembre 2004

RESUMEN

Posada L. 2004. Efecto de tres niveles de fósforo sobre la asociación de Mycoral@ con tres genotipos de maíz. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 19 p.

La productividad del maíz es limitada en sistemas de bajos insumos. Por tal motivo en nuestros países se han introducido variedades de maíz y se recomienda el uso de micorrizas. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta de tres materiales genéticos, de maíz con y sin inoculación de Mycoral@, bajo tres niveles de fósforo. Los cultivares Olotillo, Guayape y Cargill-353, tres niveles de fósforo en 39, 69 Y 99 ppm con y sin inoculación de Mycoral. El ensayo se realizó entre junio y septiembre del 2004 en Zamorano, Honduras. Se utilizó un arreglo factorial 3 x 3 x 2 en un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones. Las variables medidas fueron las fenológicas y el rendimiento y sus componentes. El suelo en el que se realizó el estudio presentó una población promedio de 52 esporas de micorrizas nativas por mililitro de suelo contra un promedio de 50 esporas por mililitro de suelo que tiene el Mycoral@. El porcentaje de infección estuvo afectado por la interacción doble Cultivar x Fósforo x Mycoral@. Guayape a 39 ppm de fósforo y con inoculación de micorriza presentó el mayor porcentaje de infección con (89%). La variable días a floración masculina y femenina se redujo en el cultivar Cargill-353 presentó reducción de un día a floración con inoculación de Mycoral@ ($P < 0.05$). La altura de la planta fue mayor en Olotillo con 2.21 m con Mycoral@ ($P < 0.01$). El híbrido Cargill-353 presentó mayor rendimiento con (4810 kg/ha), Guayape presentó 1.2 mazorcas por planta y Cargill-353 un peso promedio de mazorca de 160 g. Los rendimientos, peso promedio de mazorca y el número de mazorcas por planta aumentaron con la inoculación de Mycoral@ ($P < 0.05$). La respuesta de la inoculación con Mycoral@ está influenciada por la cantidad de micorrizas nativas que se encuentran en el suelo por lo que para estudios futuros se recomienda sembrar con semilla inoculada con Mycoral@ para asegurar la infección de micorrizas seleccionadas y reducir el efecto de las micorrizas nativas

Palabras clave: inoculación, rendimientos, suelos, *Zea mays*.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	iii
Páginas de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Contenido.....	vii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de anexos.....	x
1.	
2.	INTRODUCCION.....
2.1.	MATERIALES y METODOS.....
2.2.	UBICACION DEL ENSAYO.....
2.2.1.	CARACTERISTICAS DEL SUELO.....
2.2.2.	Características químicas.....
2.2.2.	Análisis de esporas.....
2.3.	MATERIALES.....
2.4.	METODOLOGIA.....
2.4.1.	Preparación del terreno.....
2.4.2.	Siembra.....
2.4.3.	Aplicación de micorrizas seleccionadas.....
2.4.4.	Fertilización.....
2.4.5.	Control de malezas.....
2.4.6.	Control fitosanitario.....
2.4.7.	Cosecha.....
2.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO.....
2.6.	VARIABLES EV ALUADAS.....
3.	
3.1.	RESULTADOS y DISCUSION.....
3.1.	NIVELES DE ESPORAS MICORRIZAS NATIVAS.....
3.2.	EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN LA FENOLOGIA DE LA PLANTA DE MAÍZ.....
3.2.1.	Efecto de los cultivares en los días a floración y altura.....
3.2.2.	Efecto del Mycoral@ en los días a floración y altura.....
3.2.3.	Efecto de la interacción cultivar, nivel de fósforo y Mycoral@ en el porcentaje de Infección en las raíces.....
3.3.	RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.....
3.3.1.	Efecto de los cultivares en el rendimiento.....
3.3.2.	Efecto de los niveles de fósforo en el rendimiento y sus componentes.....
3.3.3.	Efecto de la inoculación con Mycoral@ en el rendimiento y sus componentes... ..

3.3.4. Efecto de la interacción nivel de fósforo y Mycoral@ en peso promedio de mazorca y porcentaje de desgrane.....	12
3.3.5. Efecto de la interacción cultivar y aplicación de Mycoral@ en las semillas por Kilogramo.....	13
3.3.6. Efecto de la interacción cultivar y nivel de fósforo en el porcentaje de desgrane....	13
4. CONCLUSIONES.....	15
5. RECOMENDACIONES.....	16
BIBLIOGRAFIA.....	17

1. INTRODUCCION

El maíz forma parte de la familia de las Poaceas la cual abarca plantas de mucha importancia y con utilización muy variada. El maíz es una de las plantas más importantes a escala mundial, debido a su alto valor alimenticio, por ser una buena fuente de energía, por su alto contenido de carbohidratos, proteínas y fibra. Se considera uno de los principales componentes de la dieta de la población centroamericana. Pese a su importancia y a su capacidad para adaptarse a diversas condiciones ecológicas y edáficas, su productividad es limitada por las condiciones marginales que caracterizan su cultivo en sistemas de bajos insumos, así como por el uso de variedades criollas adaptadas a condiciones locales, pero con bajo potencial de rendimiento. Por tal motivo, en nuestros países se han hecho trabajos de mejoramiento genético e introducción de variedades de maíz y ensayos con micorrizas.

Los hongos micorrizas realizan una simbiosis (asociación no-patogénica) con la raíz de plantas; la palabra micorriza se deriva del griego: mykes: hongo y rhiza: raíz. La simbiosis se da cuando el hongo absorbe fotosintatos producidos por la planta y esta obtiene nutrientes e incrementa su rizósfera, por efecto de las hifas de las micorrizas, teniendo así una mayor área de absorción (Sieverding, 1991).

La distribución de las micorrizas en el suelo tiene un efecto muy importante sobre el llenado del grano de maíz. La literatura consolida que se tiene un mayor beneficio cuando las profundidades están entre 0 y 15 cm y la labranza reduce la densidad de las esporas a una profundidad de 0 a 5 cm pero no así la colonización de las raíces (Kabir *et al.* 1998).

La colonización de las micorrizas está también determinada por la cantidad de fósforo (P) que se encuentra en el suelo. A mayor concentración de fósforo en el suelo, menor porcentaje de infección en las raíces de la planta. Así mismo se han tenido resultados en lo que el fósforo tuvo influencia sobre la concentración de proteínas y lípidos en la planta, como lo presenta un estudio hecho con dos genotipos de trigo con varios niveles de fósforo en el suelo y que como resultado se obtuvo que a mayor concentración de fósforo en el suelo, hubo menor colonización de micorrizas (*Glomus*) en las raíces y que las concentraciones de lípidos y proteínas fueron más altas en las plantas que tenían mayor presencia de micorrizas (Karak y Clark, . 1999).

Se conoce en la agricultura que uno de los principales problemas para establecer una plantación agrícola, es tener agua disponible para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo. Se ha concluido en un estudio que las micorrizas en simbiosis con la planta generan una tolerancia a la sequía como resultado de efectos físicos, alimenticios, fisiológicos y celulares (Ruiz y Lozano 2003).

Se ha estudiado, bajo ambientes de campo, el crecimiento y la nutrición del maíz con y sin aplicación de fósforo en el suelo y con y sin inoculación de micorrizas; la inoculación realzó el crecimiento hasta un 81.8% durante las primeras fases de la planta pero esta fue desapareciendo con la edad de la planta, la adición de fósforo al suelo aumentó el crecimiento vegetal, pero suprimió la infección de micorrizas en la planta; en la primera mitad del ciclo, el estímulo en crecimiento vegetal fue relacionado con niveles altos de fósforo en las plantas inoculadas, pero más adelante hubo una declinación de este crecimiento probablemente como resultado de la alta densidad de los hongos parásitos, como resultado de las altas densidades de raíz (Khaliq, S. 1997).

En un estudio se evaluó el efecto de tres materiales de maíz con diferentes niveles de mejoramiento genético, los cuales fueron inoculados con micorriza arbuscular *Gerdeman* y *Glomus* bajo condiciones de invernadero, para determinar su influencia en fotosíntesis, conducta de los estomas, crecimiento, estado de fósforo y la infección de raíces por micorriza. La fotosíntesis neta fue elevada por efecto de la micorriza en los tres materiales de maíz pero con valores más altos en las plantas no mejoradas genéticamente. La simbiosis aumentó el tamaño de la planta, peso seco y el esfuerzo reproductivo en plantas no mejoradas. El contenido de fósforo fue más pequeño en la variedad no mejorada con V AM. La colonización de micorriza fue más alta en materiales con menos mejoramiento genético (Gómez *et al.* 1998).

Por lo tanto debemos tomar en cuenta las condiciones necesarias para que las micorrizas tengan una buena colonización e infección de las raíces y lograr así un buen desarrollo radicular que logrará que la planta tenga una herramienta más grande para absorber los nutrientes del suelo.

El objetivo principal de este estudio fue determinar la respuesta de tres materiales genéticos de maíz con y sin inoculación de Mycoral@ seleccionadas, bajo tres niveles de fósforo.

Como objetivos específicos se quiso determinar los niveles de asociación entre los tres tipos de materiales genético de maíz y el Mycoral@; determinar la respuesta agronómica diferencial de los tres materiales genéticos de maíz por efectos del Mycoral@ y determinar el efecto de los niveles de fósforo sobre el establecimiento de la simbiosis.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. UBICACION DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en el Valle del Yeguaré (San Nicolás, La Chorrera) en el Departamento de Francisco Morazán, Honduras a 800 msnm, con una temperatura media anual de 23.C y una precipitación media anual de 1,150 mm al año.

2.2. CARACTERISTICAS DEL SUELO

2.2.1. Características químicas

Antes de realizar el ensayo en el terreno se realizó un análisis de suelo para saber su composición química, cuyos resultados se muestra en el Anexo 1.

2.2.2. Análisis de esporas

También. se realizó un análisis de esporas para observar la presencia o no de esporas de micorrizas nativas para lo cual se tomaron dos muestras de suelo a una profundidad de 25 cm. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Biotecnología de Zamorano. Según el protocolo usado ahí (Anexo 2).

2.3. MATERIALES

a) Variedades

- Criolla (Olotillo).
- Variedad de Polinización Abierta (Guayape).
- Híbrido (Cargill 353).

b) Mycoral@ como fuente de micorrizas benéficas.

c) Niveles de fósforo

- Fósforo en el suelo = 39 ppm
- Fósforo en el suelo = 39 ppm + 30 ppm = 69 ppm
- Fósforo en el suelo = 39 ppm + 60 ppm = 99 ppm

Fuente de fósforo utilizada: Súper fosfato triple 0-46-0

2.4. METODOLOGIA

2.4.1. Preparación del terreno

La preparación del suelo se hizo con un pase de chapeadora, rastra pesada, arado de disco y posteriormente un pase de rastra pulidora. Se marcó el terreno con una cultivadora para formar las hileras. En el fondo se colocó el fertilizante (con el nivel de fósforo requerido por tratamiento), el Mycoral@ y luego las semillas y se cubrió.

2.4.2. Siembra

Las semillas de maíz se colocaron en hileras a 0.80 m x 0.20 m para una densidad de 62,500 plantas/ha, colocando 2 semillas por postura para asegurar una población uniforme; se raleó a una planta/postura cuando la planta tenía 4 hojas.

2.4.3. Aplicación de micorrizas seleccionadas

Para la aplicación de Mycoral@, primero se aplicó el fertilizante fosforado en el fondo del surco, luego se cubrió con tierra para que no existiera contacto directo entre el fósforo y la micorriza seleccionada. Se aplicó el Mycoral@ a razón de 100 g/metro lineal y sobre éste se colocó las semillas para asegurar la infección de las raíces de maíz al momento de la germinación.

2.4.4. Fertilización

A la siembra se aplicó todo el fósforo. El nitrógeno se aplicó a todo el ensayo de forma fraccionada; la primera aplicación se realizó una semana después de germinada la semilla y la segunda se hizo 5 semanas después de germinación, para una dosis total de 120 kg/N/ha.

2.4.5. Control de malezas

Se realizó un control mecánico de malezas, se hizo la deshierba con azadón entre las hileras y en las calles de acceso que rodeaban las repeticiones; se realizaron 4 deshierbas en todo el ciclo del cultivo.

2.4.6. Control fitosanitario

Para este ensayo no se realizó control fitosanitario ya que los niveles de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) una de las plagas más dañinas no superó el nivel crítico de 10%.

2.4.7. Cosecha

Se realizó manualmente, cuando los granos tenían aproximadamente 32% de humedad, en madurez fisiológica. El área cosechada fueron las hileras centrales (3 y 4) recortadas a 5m.

2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO

Unidad experimental: Parcelas de seis hileras espaciadas a 0.80 m y 6 de larga. Las hileras 1 Y 6 se utilizaron para reducir el efecto de borde, las hileras 2 y 5 para realizar los muestreos de infección por micorrizas en las raíces y las hileras 3 y 4 para rendimiento, cosechando 5 m.

Diseño: Bloques completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3 x 2 con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron con el programa estadístico "Statistical Analysis Sv~tem" (SASiR\ con el cual se hizo un Análisis De Varianza (ANDEV A). También se

2.6. VARIABLES EVALUADAS

- 1) Infección micorrítica (a floración):
 - Porcentaje de Infección en las raíces.
 - Número de esporas en el suelo (ne).

- 2) Fenología:
 - Días a floración masculina y femenina (dfm y dff): En los machos, cuando el 50% de la población tenía las espigas visibles y en las hembras cuando el 50% de la población tenía los estigmas visibles.
 - Altura de la planta: Altura desde el suelo hasta la base de la espiga, ésta se midió antes de la cosecha.

- 3) Rendimiento y componentes: Rendimiento (kg/ha)
 - Peso total en mazorca (ptm)
 - Número de mazorcas por plantas (nmp)
 - Peso promedio por mazorca (ppm)
 - Número de semillas/kilogramo (Ns/K)
 - Porcentaje de desgrane (peso de grano/peso de mazorca).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. NIVELES DE ESPORAS MICORRIZAS NATIVAS

Como primer resultado de este estudio se tuvo la infección de micorrizas nativas en el lote, encontrándose en dos muestras 48 y 56 esporas por mililitro de solución de suelo similar a los niveles en Mycoral@ que presentan en promedio 50 esporas, según el laboratorio de biotecnología. La escala de número de esporas es: alto = >30 esporas por mililitro de solución de suelo, medio = 21-30 esporas por mililitro de solución de suelo y bajo = :5 20 esporas por mililitro de solución de suelo.

3.2. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN LA FENOLOGIA DE LA PLANTA DE MAÍZ

El análisis estadístico reveló diferencias por efectos varios de los tratamientos y sus interacciones (Cuadro 1).

Todas las variables presentaron una respuesta significativa a los diferentes factores iguales o menores a ($P < 0.1$) cuando los distintos genotipos de maíz fueron sometidos a los diferentes tratamientos (Cuadro 1).

3.2.1. Efecto de los cultivares en los días a floración y altura

Se observaron diferencias altamente significativas en los días a floración masculina, días a floración femenina y altura de la planta debido a los efectos simples de las variedades (Cuadro 2).

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección y fenología de maíz.
Zamorano, Honduras, 2004.

	Tratamientos		Infección			Altura
	Nivel de P		(%)	dfm	dff	(m)
	p)	y	(%)			
OLOTILO	39	sm	50	70	76	2.13
		con	72	70	75	2.08
	69	sm	55	70	76	2.41
		con	73	70	76	2.14
	99	sm	75	70	76	2.31
		con	72	70	76	2.21
GUAYAPE	39	sm	64	61	65	1.82
		con	89	60	65	1.76
	69	sm	61	63	68	1.79
		con	69	61	65	1.80
	99	sin	63	60	65	1.70
		con	58	60	65	1.73
CARGILL 353	39	sm	68	58	61	1.78
		con	54	57	60	1.80
	69	sm	62	59	62	1.79
		con	65	57	59	1.78
	99	sin	55	58	62	1.81
		con	82	58	61	1.66
C			***	***	***	
M			**	**	*	
CxpM			*			
C.V.			34.83	1.77	1.74	8.18
R			0.61	0.96	0.97	0.76
2						

* p<0.1; ** p<0.05; *** P 0.01; dmf= días a floración masculina; dff= días a floración femenina

Cuadro 2. Efecto de los cultivares de maíz en días a floración masculina (dfm), días a Floración femenina (dff) Y de altura de planta. Zamorano, Honduras, 2004

Cultivar	dfm	dff	Altura (m)
Olotillo	70a*	76a*	2.21 a*
Guayape	61 b	65 b	1.77 b
Cargill- 353	58 c	61 c	1.77 b

* Medias seguidas de letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Estas diferencias se deben a la genética distinta de los cultivares.

3.2.2. Efecto del Mycoral@ en los días a floración y altura

Se observaron diferencias altamente significativas en los días a floración masculina, días a floración femenina y altura de la planta debido al efecto del Mycoral@, (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de Mycoral@ en los días a floración masculina (d_{fin}), días a floración femenina (d_{ffi} v altura de la ulanta. Zamorano, Honduras, 2004.

Tratamiento	d _{fin}	d _{ff}	Altura (m)
Sin MycoralQ\)	63.2 a*	67.6 a*	1.95 a*
Con Mycoral@	62.3 b	66.6 b	1.88 b

* Medias seguidas de letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

La aplicación de Mycoral@ tuvo un efecto positivo en las variables días a floración, 10 que muestra que la aplicación de Mycoral@ adelanta la floración con un nivel de significancia $P < 0.05$ para días a floración masculina y un nivel de significancia $P < 0.01$ para días a floración femenina probablemente causado por el mayor tamaño radicular de la planta por efecto del Mycoral@ lo que le permite a la planta iniciar su ciclo sexual con anterioridad. En lo que respecta a la altura de la planta se vio afectada por la aplicación de Mycoral@ siendo mayor las plantas que no fueron inoculadas con Mycoral@. Esto se puede deber a que las plantas sin inoculación presentan igualmente una mayor área radicular 10 que se refleja en una mejor absorción de nutrientes para la planta, ya que los niveles de micorrizas nativas eran igual o mayor que los niveles de esporas en Mycoral@.

3.2.3. Efecto de la interacción cultivar, nivel de fósforo y Mycoral@ en el porcentaje de infección en las raíces

En las interacciones para la variedad Olotillo, se presenta una tendencia de infección en la que se ve que las plantas inoculadas presentan mayor porcentaje de infección, pero este porcentaje también aumenta cuando aumentamos el nivel de fósforo en el suelo con lo que se ve que niveles mayores a 39 ppm .de fósforo no inhiben la simbiosis entre el Mycoral@ y la planta de maíz (Cuadro 4).

En las interacciones para la variedad Guayape siempre se presentó mayor porcentaje de infección en los tratamientos inoculados con Mycoral@ y presentó una tendencia en la que se puede ver que el porcentaje de infección se reduce a medida que aumenta la concentración de fósforo en el suelo, por 10 que para la variedad Guayape las concentraciones mayores a 39 ppm inhiben la simbiosis con Mycoral@, efecto que no ocurre con las micorrizas nativas.

Cuadro 4. Efecto de la interacción entre niveles de fósforo, aplicación de Mycoral@ y el cultivar, para la media del porcentaje de infección en las raíces. Zamorano, Honduras, 2004.

Cultivar	Nivel de P		Infección (%)
	ppm	Mycoral@	
Olotillo	39	con	73 a*
		sm	50 b
	69	con	73 a
		sm	55 b
	99	con	84 a
		sm	76 a
Guayape	39	con	89 a
		sm	65 b
	69	con	70 a
		sm	61 b
	99	con	58 b
		sm	63 b
Cargill-353	39	con	54 b
		sm	69 a
	69	con	66 ab
		sm	63 b
	99	con	83 a
		sm	56 b

* Medias seguidas de letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Para el cultivar Cargill-353 las interacciones, presentaron mayores niveles de infección a un nivel de fósforo de 99 ppm y con inoculación de Mycoral@, 10 que indica que para este cultivar no hay inhibición de la simbiosis a niveles mayores de 39 ppm de fósforo, pero si se presenta tendencia de inhibir las micorrizas nativas.

Los resultados de porcentaje de infección no están determinados por un efecto simple de cultivar ni del nivel de fósforo en el suelo, por lo tanto, para este ensayo los datos no tuvieron la distribución esperada por la hipótesis planteada en la que se esperaba que las medias más altas de infección las presentara el cultivar Olotillo después el cultivar Guayape y por último el cultivar Cargill-353, ya que según Raddatz 20031, a medida que se avanza en la cadena de mejoramiento de la planta de maíz la asociación con micorrizas pierde especificidad.

Como muestran los resultados, la especificidad es variable; en el cultivar Guayape, a mayor nivel de fósforo en el suelo, menor porcentaje de infección que es 10 que se

esperaba que sucediera ya que Raddatz (2001.) sugiere que a mayor concentración de Fósforo en el suelo, menor porcentaje de infección en las raíces del cultivo (Cuadro 4).

3.3. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

Los resultados generales se presentan el Cuadro 5

El análisis estadístico reveló diferencias por efectos varios de los tratamientos y sus interacciones.

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos en el rendimiento del maíz' y sus componentes.

Zamorano, Honduras, 2004.

	nivel		Rendimiento	ptm	ppm			
	deP	Mycoral@(M)	(kg/ha)	(k				
Olotillo	39	sin	3388	3961	0.9	141	3715	85
		con	3560	4245	1.1	123	3722	84
	69	sm	2949	4021	1.0	115	3730	72
		con	3732	4515	0.9	127	4145	83
	99	sm	2782	3255	0.9	124	4025	86
		con	3262	3784	0.9	118	4095	86
Guayape	39	sin	3799	4827	1.2	136	3720	78
		con	4346	5540	1.2	134	3552	79
	69	sm	3537	4609	1.0	129	3685	77
		con	4135	5153	1.2	151	3452	81
	99	sin	3135	4101	1.1	122	3920	77
		con	3328	4416	1.2	122	3590	76
Cargill 353	39	sm	4590	5524	1.0	159	3240	83
		con	5358	6531	1.2	155	3612	82
	69	sin	4902	5814	1.0	172	3082	84
		con	5195	6313	1.1	185	3180	82
	99	sm	4398	5285	0.9	158	3335	83
		con	4420	5387	1.1	136	3810	82
C			***	***	***	***	***	***
P			**	***		**	*	
M			**	**	**			
Cxp								***
Cx M							*	
px M						*		*
C.V.			16.95	17.16	14.64	14.35	11.29	4.99
R2			0.64	0.62	004	0.58	0043	0.56

* p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01; ptm=peso total en mazorcas; nmp=número de mazorcas por planta; ppm=peso promedio de mazorca; Ns/kg= número de semillas por kilogramo.

3.3.1. Efecto de los cultivares en el rendimiento

Como se esperaba, dada la diversidad de los materiales genéticos, los cultivares tuvieron un efecto significativo ($P < 0.01$) sobre el rendimiento y sus componentes. Esto se debe a las características de cada cultivar, con 10 que queda demostrado que el híbrido Cargill353 es más productivo que la variedad Guayape, y ésta a su vez es más productiva que la variedad criolla Olotillo.

Para el peso total en mazorca, existió diferencias significativas debido a los cultivares en el cual el híbrido fue más productivo, seguido de Guayape y el que menos rendimiento en peso total en mazorca presento fue la variedad criolla (Cuadro 6).

En el Número de Mazorcas por Planta, es claro que la variedad Guayape presentó una media más alta con 1.13 mazorcas por planta, luego le siguieron el híbrido Cargill-353 y con 1.03 y 0.96 respectivamente, sin encontrarse diferencias entre estos dos últimos. Estos resultados se deben a la capacidad genética que tienen estos tres genotipos de maíz y posiblemente por efecto de las poblaciones que se utilizaron (62,500 plantas/hectárea) ya que para Olotillo esta población es superior a la que ésta puede tolerar, y para Guayape y Cargill-353 esta población esta dentro de su rango.

Para el peso promedio por mazorca se encontró una diferencia significativa para el híbrido de 160 g, comparado con Guayape y Olotillo con 132 y 124 g respectivamente, los cuales son estadísticamente iguales, y posiblemente este es el componente más importante del rendimiento, dada su aparente asociación con este.

Cuadro 6. Efecto de los cultivares de maíz en el rendimiento, peso total en mazorca (ptm), número de mazorcas por planta (nmp) y peso promedio de mazorca (ppm). Zamorano, Honduras, 2004.

Cultivar	kilogramos/ha (kg) nmp	Ptm		ppm (g)
Olotillo	3278 a*	3963 c	0,96 b	124 b
Guayape	3713 b	4774 b	1,13 a*	132 b
Cargill-353	4810 c	5809 a*	1,03 b	160 a*

* Medias seguidas de letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

3.3.2. Efecto de los niveles de fósforo en el rendimiento y sus componentes

Los niveles de fósforo tuvieron un efecto significativo ($P < 0.1$) sobre el rendimiento total, peso total de mazorca y el número de semillas por kilogramo. Esto probablemente se debió a que se cumplieron los requerimientos de este elemento de la planta.

Para el rendimiento se determinó que éste era más alto con 39 ppm comparado con el 69 y 99 ppm que son más bajos y que son estadísticamente iguales. Esto se puede deber a que el nivel de fósforo es suficiente para satisfacer los requerimientos del cultivo. Se observó el mismo efecto para peso total de mazorca y semillas por kilogramo.

Cuadro 7. Efecto del nivel de fósforo en el rendimiento por ha, peso total en mazorca (ptm) y número de semillas por kilogramo (ns/kg). Zamorano, Honduras, 2004.

Nivel de P	kilogramos/ha	ptm	
			ns/kg
P39	4173.3 a*	5104 a*	3593 b
P69	4075.2 b	5071 a	3545 b
P99	3554.1 b	4371 b	3795 a*

* Medias seguidas de letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

3.3.3. Efecto de la inoculación con Mycoral@ en el rendimiento y sus componentes

La aplicación de Mycoral@ tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento en kilogramos por hectarea, peso total en mazorca y número de mazorcas por planta donde se observó que las plantas con mycoral@ tuvieron un incremento de 12%, 11% Y 9% respectivamente. Esto implica que la aplicación de Mycoral@ fue determinante en mejorar el rendimiento y algunos componentes, independientemente del cultivar utilizado (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de Mycoral@ en el rendimiento (kilogramos/ha), peso total en mazorca (ptm) y número de mazorcas por planta (nmp). Zamorano, Honduras, 2004.

Tratamiento	kilogramos/ha	ptm	
			nm
Sin Mycoral	3720 a*	4599,7 b	0,99 b
Con Mycoral@	4148.4 b	5098,2 a*	1,08 a*

* Medias seguidas de letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

3.3.4. Efecto de la interacción nivel de fósforo y Mycoral@ en peso promedio de mazorca y porcentaje de desgrane

La interacción entre el nivel de fósforo y Mycoral@ presentó diferencias significativas para las variables de peso promedio de mazorca y porcentaje de desgrane (Cuadro 9). Para la variable de peso promedio de mazorca se observó que las interacciones 39 y 99 ppm no mostraron diferencias significativas con y sin Mycoral@. La diferencia estadística se pudo observar en el nivel 69 ppm inoculada con Mycoral@ el cual incrementó aproximadamente 12%, esta variable esto se pudo deber al poco aprovechamiento de fósforo para el nivel de fósforo de 39 ppm ya una inhibición de las Mycoral@ en el nivel de fósforo de 99 ppm.

Para el porcentaje de desgrane se encontró una diferencia con 69 ppm de fósforo, en la que resultó que con la aplicación de Mycoral@, el porcentaje de desgrane aumentó en un 5% en comparación con los otros niveles de fósforo con los cuales no se encontraron

Cuadro 9. Efecto de la interacción entre nivel de fósforo y Mycoral@ en el promedio de mazorca (ppm) y porcentaje de desgrane. Zamorano, Honduras, 2004

Nivel de P (ppm)	Mycoral	ppm (g)	Desgrane (%)
39	sin	145 ab	82 a*
	con	137 b	81 a
69	sin	138 b	78 b
	con	154 b	82 a
99	sin	134 b	81 a
	con	125 b	81 a

*Medias seguidas de letras en la misma columna son estadísticamente diferentes

3.3.5. Efecto de la interacción cultivar y aplicación de Mycoral@ en las semillas por kilogramo

La interacción tuvo diferencias significativas para la variable número de semillas por kilogramo (Cuadro 10).

En las variedades Olotillo y Guayape, los resultados indican que el desempeño de las variedades es igual cuando se inocula que cuando se prescinde de esta, mientras que para Cargill-353, el tamaño de semilla fue casi un 10% mayor sin Mycoral@, lo que indica que no existió pérdida de afinidad de las micorrizas nativas con el híbrido a pesar que este se encuentra al final de la cadena de mejoramiento.

Cuadro 10. Efecto de la interacción entre el cultivar y la aplicación de Mycoral@ sobre el número de semillas por kilogramo. Zamorano, Honduras, 2004.

Cultivar	Mycoral'	ns/kg
Olotillo	sin	3823 a
	Con	3987 a*
Guayape	Sin	3775 ab
	Con	3531 b
Cargill-353	sin	3219 c
	Con	3534 b

* Medias seguidas de letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

3.3.6. Efecto de la interacción cultivar y nivel de fósforo en el porcentaje de desgrane

Esta tuvo un efecto significativo en Olotillo, donde se observó que las plantas tuvieron mayor porcentaje de desgrane con 39 y 99 ppm. En los otros cultivares el fósforo no tuvo

efecto. Podemos observar que los datos muestran que los cultivares Olotillo y Cargill353 presentan igual porcentaje de desgrane y éste es más alto comparado con Guayape que presentó una media diferente y menor. No existió diferencias entre los tres niveles de fósforo para el mismo cultivar en Guayape y Cargill-353, pero si hubo diferencia en Olotillo donde el mayor porcentaje de desgrane se observó con 39 y 99 ppm de fósforo. Esto puede deberse a que la interacción esta mas influenciada por efectos del cultivar.

Cuadro 11. efecto de la interacción entre el cultivar y el nivel de fósforo en el suelo reflejado en el porcentaje desgrane. Zamorano, Honduras 2004

Cultivar	Nivel de P (ppm)	Desgrane %
Olotillo	39	84 a*
	69	77 b
	99	85 a
Guayape	39	78 b
	69	78 b
	99	76 b
Cargill-353	39	82 a
	69	83 a
	99	82 a

* Medias seguidas de letras distintas en la misma colma son estadísticamente diferentes.

4. CONCLUSIONES

El rendimiento de los tres cultivares fue condicionado por efectos simples de las variables estudiadas, resultando el Cargill-353, el nivel de 39 ppm y con inoculación con Mycoral@ las que más produjeron.

La diferencia genética de los cultivares de maíz no limita los niveles de asociación con la Mycoral@, ya que no se determinó la especificidad propuesta del Mycoral@ con el grado de mejoramiento de los cultivares.

La respuesta agronómica sí está determinada por la capacidad de producción que tiene cada cultivar siendo el híbrido Cargill-353 el más productivo, seguido por la variedad Guayape y por último la variedad criolla Olotillo.

Los niveles de fósforo no tuvieron efectos simples sobre el establecimiento de la relación simbiótica, sin embargo los niveles de fósforo y la aplicación de Mycoral@ aumentaron el peso promedio de mazorca y el porcentaje de desgrane, que son posiblemente los componentes de rendimiento más importantes.

El uso de Mycoral@ aumentó el rendimiento en poco más del 11 % en maíz independientemente de la variedad.

5. RECOMENDACIONES

Realizar este estudio en otro lugar donde la población de micorrizas nativas sea más baja para evaluar efectivamente el efecto del Mycoral@.

Se sugiere repetir este ensayo con otros genotipos de maíz, siempre manteniendo la cadena de mejoramiento, para comprobar los datos obtenidos en este ensayo.

Se recomienda realizar ensayos en los que se use semilla inoculada con Mycoral@ antes de llevarse al campo para observar los efectos netos de la micorriza seleccionada y reducir la competencia con la micorriza nativa.

Realizar este estudio en otro lugar donde la cantidad de fósforo sea mas baja para evaluar la simbiosis y el porcentaje de infección de Mycoral@ en las raíces

Gómez A, Ramírez M, Hemández F, Elizondo C, Portugal. 1998. Influence of Glomus fasciculatum on physiology and growth of three kinds of maize (en línea). México. Centro de investigación & Estudios avanzados, unidad de Irapuato. 22 de septiembre del 2000. Disponible en: <http://nntn.mycorrhiza.aQ.utk.edu/latest/latest98/9aguill.htm>

Kabir, E. O'halloran, D. Widden S., Hamel G. 1998. Vertical distribution of arbuscular mycorrhizal fungi under corn (Zea mays L.) in no-till and conventional tillage systems. Springer-Verlag Heidelberg. 1432-1890 (en línea). Canada, Estados Unidos. Volumen 8 Número 1. Universidad de Pennsylvania, Universidad de Guelph, Universidad Concordia, McGill Universidad, Macdonald. 30 de agosto de 2004. Disponible en: http://www.springerlink.com/lapp/home/contribution.asp?wasp=np330r1_qxjOwqmdd9j5m&referrer=parent&backto=issue,8,9;journal,41,63;linkingpublicationresults,1:100439,1

Karaki D., Y Clark C.. 1999. Mycorrhizal influence on protein and lipid of durum wheat grown at different soil phosphorus levels. Springer-Verlag Heidelberg. 1432-1890 (Online). Estados Unidos. Volumen 9, Numero 2. Facultad de Agricultura de la Universidad de Jordan. 30 de agosto de 2004. Disponible en http://www.springerlink.com/lapp/home/contribution.asp?wasp=cbtclcpawk6yrkd87_aak&referrer=parent&backto=issue,6,9;journal,34,63;linkingpublicationresults,1:100439,1

Khaliq, S. 1997. Effects of phosphorus application and vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation on the growth and phosphorus nutrition of maize. (en línea). Pakistan. Departamento de suelo Universidad AGR Faisalabad. 30 de septiembre del 2004. Disponible en: <http://mycorrhiza.ag.utk.edu/latest/latest97/zkhal1.htm>.

Raddatz, E. 2001. V AM Y la resistencia de las plantas contra causantes de daño. Folleto 29p.

Ruiz- Lozano 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. Portal AGORA. Springer-Verlag Heidelberg. 1432-1890 (Online). Granada España. Volumen 13, Numero 6. Departamento de Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos Estación Experimental del Zaidín. 30 de Agosto de 2004. Disponible en: http://www.springerlink.com/lapp/home/contribution.asp?wasp=eOgpwhuyvhOcc2nhxnb_y&referrer=parent&backto=issue,3,7;journal,6,63;linkingpublicationresults,1:100439,1

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management. Revisión de traducción Kathryn Mulhem. Editoras Honrad Vielhauerm, Hartmut Bremen; Druckerei und Verlag, Atelier Niedemjessa. Republica Federal de Alemania. 371p

