

RESPUESTA DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) A
LA INOCULACION DE MICORRIZAS VESICULA ARBUSCULAR-
RES Y DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACION FOSFORI-
CA EN LOS SUELOS DE OBOBUCA Y TOROBAJO

MARIA DEL SOCORRO CERON *
ANA MARIA LARRAÑIAGA G. *
LUIS ALFREDO MOLINA V. **
BENJAMIN SAÑUDO S. **

RESUMEN

Con el propósito de estudiar el efecto de algunas cepas de hongos micorrizógenos y la aplicación de tres niveles de fósforo, en el crecimiento y producción de frijol, se realizó una investigación en condiciones de invernadero y campo. Se empleó un diseño irrestrictamente al azar con distribución de parcelas divididas, para dos tratamientos, cinco subtratamientos, tres subsubtratamientos y tres replicaciones. Los tratamientos correspondieron a los suelos de Obonuco y Torobajo, situados a una altura de 2.710 y 2,560 msnm y una temperatura promedio de 13°C. para los dos suelos derivados de cenizas volcánicas. Los subtratamientos fueron: Micorriza nativa, suelo estéril no inoculado, así como suelo estéril inoculado con cepas puras de los hongos C-1-1 Glomus manihotis, C-21 Gigaspora margarita y C-85 Acaulospora appendicula provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Los subsubtratamientos correspondieron a las dosis 0,50 y 100 Kg de P_2O_5 /ha. como superfosfato triple de 46% de P_2O_5 .

En cuanto a la absorción de fósforo por la planta de frijol y para el suelo de Torobajo, las cepas C-85 Acaulospora appendicula y C-1-1 Glomus manihotis presentaron diferencias estadísticas con dosis de 100 Kg de P_2O_5 /ha 0,567%

* Parcial de Tesis de grado presentada por los autores principales como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo Universidad de Nariffo.

** Profesores Asociados Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariffo, Pasto Colombia.

y 0,409% respectivamente y 50 Kg de P_2O_5 /ha (0,42% y 0,37% respectivamente) en relación a la dosis menor con 0,42% y 0,292%. La micorriza nativa y el suelo estéril no inoculado reportaron diferencias altamente significativas con 100 Kg de P_2O_5 /ha (0,427% y 0,271% respectivamente). Para 0 Kg de P_2O_5 /ha con 0,275% y 0,194% mientras que C-21 Gigaspora margarita no presentó diferencias significativas.

Para el suelo de Obonuco la cepa C-85 Acaulospora appendicula y la micorriza nativa mostraron diferencias altamente significativas con 100 Kg de P_2O_5 /ha (0,28% y 0,25%), respecto a la dosis menor con 0,206% y 0,1745 respectivamente). Para cepas C-21 Gigaspora margarita y C-1-1 Glomus manihotis las respuestas altamente significativas sólo se dieron con el nivel de 100 Kg de P_2O_5 /ha con 0,239% y 0,307% en relación a las dosis menores: 0 Kg de P_2O_5 /ha (0,139% y 0,169% respectivamente) el suelo estéril no inoculado, no presentó diferencias significativas.

ABSTRACT

This work conducted in the green house and laboratories at the Nariño University to study the effect of some mycorrhizal fungus strains and the applying of three phosphorus levels in the bean growth and production. It was used in a unrestricted treatments, five subtreatments, three subsubtreatments and three replications. The treatments corresponded to Obonuco and Torobajo soils all located in the Pasto Highland to 2710 and msnm. and a mean temperature of 13°C for both soils which are volcanic ash derived. Subtreatments were: native mycorrhiza, not inoculated sterile soil, inoculated pure bred C-1-1 Glomus manihotis, C-21 Gigaspora margarita and C-85 Acaulospora appendicula fungig soil coming from Tropical Agriculture Center (CIAT). Subsubtreatments corresponded to dosages of: 0,50 and 100 Kg P_2O_5 /ha as triple super phosphate with 46% of P_2O_5 /ha. Related to the plant phosphorus intake and for Torobajo soils, C-85 Acaulospora appendicula and C-1-1 Glomus manihotis strains presented statistical differences with dosages of 100 Kg P_2O_5 /ha (0,567% and 0,409% respectively) and 50 Kg P_2O_5 /ha (0,473% and 0,371% respectively), related to the lower dosage with 0,42% and

0,292%. Native mycorrhiza and the not inoculated sterile soil reported high statistical differences with 100 kg P_2O_5 /ha (0,427% and 0,271% respectively) related to 0 kg P_2O_5 /ha with 0,275% and 0,194% while C-21 Gigaspora margarita did not present significant differences. In the Obonuco soil C-85 Acaulospora appendicula strain and the native mycorrhiza showed high statistical significant differences with 100 kg P_2O_5 /ha (0,28% and 0,25% respectively) related to the lower dosage with 0,206% and 0,1745% respectively).

For C-21 Gigaspora margarita and C-1-1 Glomus manihotis strain the responses were highly significant to 100 Kg P_2O_5 /ha level with 0,239% and 0,307% related to the lower dosages: 0 Kg P_2O_5 /ha (0,139% and 0,169% respectively) and 50 Kg P_2O_5 /ha (0,161% and 0,205% respectively), sterile not inoculated soil did not present significant differences.

INTRODUCCION

La mayoría de suelos del Departamento de Nariño, son de origen volcánico con deficiencias de fósforo, elemento que continuamente debe incorporarse a través de fertilizantes químicos para asegurar buenos rendimientos. Una manera de lograr mayor suministro de fósforo en las plantas puede ser a través de la simbiosis radical con hongos o sea las micorrizas vesículo arbusculares (MVA) ~~aspecto no investigado hasta el momento en la región.~~

La necesidad de incorporar nuevas zonas de clima frío a la producción de frijol arbustivo implica diferentes estudios a través de los cuales se logre un adecuado manejo del cultivo con una buena rentabilidad para el agricultor. Una de las investigaciones básicas consiste en determinar el efecto de la fertilización fosfatada y el papel que pueden desempeñar las micorrizas vesículo arbusculares en la absorción del fósforo en los suelos volcánicos, trabajando con cepas puras y nativas de los hongos involucrados en la simbiosis. La investigación se realizó utilizando dos suelos del altiplano de Pasto, Nariño, para medir en cada uno el efecto de algunas cepas de hongos micorrizales con la aplicación de tres niveles de fósforo sobre

el crecimiento y factores de producción de la variedad frijólica 0.3.1. a nivel de invernadero, determinando la absorción del fósforo de las plantas.

REVISION DE LITERATURA

La mayoría de las plantas cultivadas y silvestres forman una asociación simbiótica con hongos del suelo, esta asociación toma el nombre de micorriza, en la cual el hongo invade parte del tejido de la raíz. El hongo micorrizógeno recibe beneficios de la planta por los nutrientes que ésta le suministra; a su vez la planta recibe beneficios del hongo por diversos aspectos. Experimentalmente se ha comprobado que las micorrizas pueden aumentar la capacidad de la planta para absorber potasio, nitrógeno, azufre, calcio, hierro, cobre, zinc y fósforo; además la planta aumenta la capacidad para crecer en condiciones adversas de fertilidad, temperatura y humedad del suelo (10).

Las micorrizas vesículo arbusculares forman con las raíces de las plantas superiores una simbiosis denominada (MVA). Las estructuras anatómicas características dentro de la raíz están en contacto con el micelio externo que crece rodeando la raíz y absorbe del suelo en forma más eficiente los nutrientes móviles, especialmente el fósforo que la raíz sola no podría absorber. La efectividad de una micorriza (MVA) está en función de la interrelación planta, hongo, suelo. La micorriza vesícula arbuscular forma con las raíces un consorcio fisiológico caracterizado por la presencia de estructuras típicas en la epidermis de la misma, las cuales son: hifas, arbusculos, vesículas y esporas (5,16).

El intercambio de nutrientes del huésped al hongo y viceversa, se da por los arbusculos, siendo ésta la estructura más importante de la simbiosis. La vida de los arbusculos es corta, hasta diez días. La degeneración empieza a partir de los extremos las ramas hacia la base, en el interior de la misma célula puede existir partes vivas y partes muertas (14).

Las vesículas son consideradas como órganos de reserva del hongo. Las esporas son estructuras que permiten identificar al género y la especie, debido a que estos hongos

no se pueden cultivar y multiplicar en medios de cultivo. Las micorrizas vesícula arbusculares (MVA) pertenecen a la clase Zygomycetos, Orden Endogenales. En la familia Endogonacea existen los géneros Glomus, Sclerocystis, Acaulospora, Entrophospora, Gigaspora, forman micorrizas vesícula arbuscular. Los géneros Glomus y Sclerocystis, Entrophospora, Gigaspora forman micorrizas vesícula arbuscular. Los géneros Glomus y Sclerocystis forman clamidosporas. Los géneros Acaulospora, Entrophospora y Gigaspora producen azigosporas, no producen esporocarpo (7,17).

No se conoce una especificidad entre las micorrizas vesícula arbusculares y especies determinadas de plantas para la formación de la simbiosis. Su presencia es escasa en regiones acuáticas y en sitios en donde predominan los hongos formados de ectomicorrizas. Las micorrizas se encuentran en simbiosis con Briofitas Pteridofitas, Gimnospermas y Angiospermas, están en todos los suelos, especialmente en los cultivados (7,18).

Las raíces de las plantas susceptibles estimulan la germinación de las esporas, proceso que bajo condiciones favorables, puede ocurrir entre dos y tres días. El proceso de infección hasta invadir toda la raíz depende del ambiente, especie de planta y del hongo, tardando entre diez días y hasta varias semanas (16).

La germinación de la espора está precedida de la formación de un apresorio en la superficie radical, el hongo generalmente atraviesa la corteza exterior y prolifera en las capas corticales inferiores. La etapa de desarrollo del hongo en la raíz dura normalmente de uno hasta cuatro meses, y empieza a reproducirse formando esporas asexuales en el micelio externo. La formación de esporas requiere aparentemente de carbohidratos de la planta y de algunos nutrientes (14).

La infección cortical de una célula sufre un incremento en el volumen del citoplasma, alargamiento del núcleo y reducción de los alimentos de reserva. La hifa intracelular es envuelta por una capa delgada del citoplasma del hospedero, lo que parece ser una síntesis, la hifa joven produce cambios en su citología, al comienzo el citoplasma es denso y después se vacuoliza, al aumentar de edad

se condensa en la periferia y luego penetra a la raíz, formando los arbusculos y las vesículas (1,4,6).

Una de las partes más importantes de las micorrizas, es el micelio fuera de la raíz que permite a la planta alcanzar fósforo del suelo, que de otra manera no estaría disponible para la raíz infectada. Las MVA mejoran sustancialmente el crecimiento de las plantas a las cuales se les ha suministrado fuentes de fósforo relativamente insolubles, como harina de huevo, fosfato tricálcico, fosfato de hierro y aluminio, por lo tanto las micorrizas aseguran una mejor utilización de la fracción insoluble (13).

En la mayoría de las plantas inoculadas con micorrizas vesícula arbusculares se han encontrado concentraciones mayores de fósforo que en las plantas no micorrizadas, especialmente en suelos de baja fertilidad. El movimiento del fósforo se hace por difusión a través del sistema de hifas, es translocado como gránulos de polifosfatos dentro del tejido de la raíz cuando el arbusculo es desgranado (8).

En las leguminosas la infección tiene especial importancia, ya que la fijación simbiótica del nitrógeno requiere un adecuado suministro de fósforo. En investigaciones con frijol carioca con y sin inocular MVA para suelo esterilizado, con 100 Kg de P/ha, 100 Kg de K/ha, 5 Kg de Zn/ha, 1 Kg de B/ha y 2 ton cal/ha. Con micorriza nativa la materia seca aumentó en plantas inoculadas en un promedio del 17% y la mejor respuesta se obtuvo con 50 y 100 Kg de P/ha (9,11).

Experimentos realizados con la variedad de frijol michoacan 12-A-3 se encontró que la etapa rápida de crecimiento de la raíz estaba entre los 30-55 días después de la siembra, a los 60 días viene la etapa de estabilidad que coincide con la etapa de floración a partir de aquí no hubo aumento de peso y volumen de la raíz. En una investigación en soya se encontró que el peso de 100 semillas procedentes de tratamientos inoculados, fue de 15.1 g y cuando no se inoculó el peso fue de 14.1 g. En cuanto a la materia seca obtuvo que para el tratamiento inoculado la producción fue de 2561 g y para el testigo fue de 1271 g (3,12).

MATERIALES Y METODOS

Inoculación de las muestras

La investigación se realizó entre Marzo de 1986 y Mayo de 1987, en el invernadero de la Universidad de Nariño se utilizaron dos suelos provenientes de Obonuco y Torbajo, en los cuales se había sembrado frijol en el semestre anterior. De cada suelo se hizo un análisis físico-químico, en el laboratorio de la Universidad de Nariño.

El suelo colectado de los primeros 20 cm fue de 360 Kg de los cuales se esterilizaron 288 Kg con bromuro de metilo en dosis de 45 ml/m² y los 72 Kg restantes se los tomó como testigo. El suelo tratado permaneció cubierto con plástico durante 15 días y después se removió y se dejó 15 días descubierto para luego ser distribuido en bolsas. De cada suelo se utilizaron 90 bolsas plásticas de 4 Kg de capacidad cada una al fondo de cada bolsa se colocó 25 g de grava y 75 de arena.

Diseño experimental

Se empleó un diseño irrestrictamente al azar, en distribución de parcelas subdivididas para dos tratamientos, 5 subtratamientos, tres subsubtratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos correspondieron a los suelos de Obonuco y Torbajo y los subtratamientos a un suelo esterilizado con inoculación de cepas puras de los hongos *Glomus manihotis* C-1-1 *Acaulospora appendicula* C-85 y *Giaspora margarita* C-21 provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), micorriza nativa y suelo esterilizado no inoculado para cada uno de los tratamientos se utilizaron 18 bolsas plásticas, para un total de 90 bolsas plásticas.

Los subtratamientos correspondieron a las diferentes dosis o niveles de fertilización fosfatada 0,50 y 100 Kg P₂O₅/ha utilizando seis bolsas para cada uno de los subtratamientos.

Inoculación y Siembra

El fertilizante en sus diferentes dosis se aplicó a las bolsas con suelo un día antes de la inoculación de 10 g de suelo con esporas de cada una de las cepas y de

cubrió con una capa delgada de suelo mullido. Sobre el inóculo se sembraron cinco semillas de frijol de la variedad frijol ICA -0.3-1, a una profundidad de 2 cm 35 días después de la germinación se dejaron tres plantas por bolsa plástica para las diferentes evoluciones.

Peso de materia seca.

Este parámetro se evaluó al inicio de la floración, tomando tres plantas por cada uno de los subtratamientos, se cortó la parte aérea y se secó en estufa a 67°C durante 24 h para obtener datos de materia seca por planta.

Porcentaje de Infección de raíces

Se tomaron las raíces de tres plantas de cada tratamiento se pesaron y midieron, tomando de cada planta una muestra al azar, de raíces para medir el grado de infección, según método propuesto por Sieverging (15).

Determinación del porcentaje de infección

Se usó el método de intersección de cuadrantes. Consiste en cortar el material en pedazos de 1-2 cm distribuidos al azar en una caja Petri con agua, marcada previamente a una distancia de 0,5 x 0,5 pulgadas. Se cuentan las intersecciones que resultan corresponden a la longitud de la raíz en cm. Para determinar la longitud de la raíz infectada por micorriza, se cuentan las intersecciones en que aparece la infección de la raíz por alguna estructura del hongo, hallándose así la longitud de la raíz infectada.

Método del porcentaje de infección en láminas

Se corta el material coloreado de 1 a 2 cm se colocan luego en una caja Petri con agua, se pasan a una lámina para objetos y se observa al microscopio los campos infectados mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de infección} = \frac{\text{Número de campos infectados}}{\text{Número total de campos observados}} \times 100$$

Determinación de la absorción de fósforo

Primero se obtiene el extracto del tejido por el método del

ácido nítrico perclórico. El método seguido fue el de Amézquita y colaboradores (2). La fórmula general es la siguiente:

$$\% \text{ P ppm} = \frac{\text{Lectura curva} \times \text{volúmen total}}{\text{Peso materia seca}}$$

Cosecha

Una vez maduras las plantas de frijol se evaluaron los siguientes parámetros: número de vainas por plantas, número de granos por vaina y peso de grano por vaina. Todos los datos obtenidos se analizaron estadísticamente. Los porcentajes de infección se evaluaron siguiendo el método descrito por Sieverding (28).

RESULTADOS Y DISCUSION

En Tabla 1 se consignan los promedios en granos del sistema radical por planta de frijol ICA 0.3-1, con la inoculación de micorrizas vesícula arbusculares. Se encontró mayor efectividad de las cepas micorrízicas al aumentar los niveles de P_2O_5 .

La comparación por planta 28.64 g con diferencias significativas respecto al suelo Obonuco con 26.05 g. El peso de la raíz varió para los suelos Obonuco y Torobajo. Al efectuar la comparación entre subtratamientos se encontró que la cepa C-85 Acaulospora appendicula produjo los mayores pesos de raíces por planta 34.89 g para diferencias altamente significativas respecto a: Cepa C-21 Gigaspora margarita con 28.28 g, suelo esterilizado no inoculado 25.54 g y micorriza nativa con 16.10 g. La micorriza nativa presentó el menor peso de raíces que los demás subtratamientos. La comparación entre subtratamientos, permitió establecer que a mayor dosis de P_2O_5 , las plantas tuvieron mayor desarrollo radical 37.50 g en relación a dosis menores de 50 y 0 Kg de P_2O_5 /ha con 26.23 y 18.30 respectivamente.

Las cepas C-85 Acaulospora appendicula y C-1-1 Glomus manihotis con 100 Kg de P_2O_5 /ha produjeron el mayor peso de raíces por planta con 58.5 y 46.63 g respecto a las dosis menores de 50 y 0 Kg P_2O_5 /ha con diferencias altamente significativas. La Cepa C-21 Gigaspora margarita produjo

el mayor peso de raíces por planta con el nivel de 100 Kg de P_2O_5 /ha 33.0 g con diferencias altamente significativas para el nivel de 0 Kg de P_2O_5 /ha 21.12 g. Con la dosis de 50 Kg de P_2O_5 /ha permitió un peso de 30.43 g con diferencias significativas respecto al nivel de 0 Kg de P_2O_5 /ha con la micorriza nativa y 100 Kg de P_2O_5 /ha se obtuvo diferencias significativas. Lo anterior demuestra que entre más fósforo se incorpore a los suelos habrá mayor absorción por la planta en simbiosis. Con el suelo de Obonuco se obtuvo mayor peso de materia seca 6.62 g en relación con el suelo de Torobajo 3.34 con diferencias altamente significativas.

Para los subtratamientos se verificó que el mayor peso de materia seca lo produjo la cepa C-85 Acaulospora appendicula con 6.62 g con diferencias altamente significativas, con micorriza nativa 5.08 g C-1-1 Glomus manihotis 4.99 g C-21 Gigaspora margarita 4.47 g y el suelo esterilizado no inoculado 3.73 g. Al comparar los tratamientos con los subtratamientos para el suelo de Torobajo la cepa Acaulospora appendicula produjo mayor peso de materia seca 4.51 g con diferencias altamente significativas. Con el suelo de Obonuco la cepa C-85 produjo el mayor peso de materia seca 8.75 g con diferencias altamente significativas respecto a los demás subtratamientos. La cepa C-1-1 Glomus manihotis con peso de materia seca de 6.94, con diferencias altamente significativas, respecto al suelo esterilizado no inoculado 4.88 g. La micorriza nativa presentó un peso promedio de 6.36 g significativa con respecto al suelo esterilizado no inoculado. Para los subtratamientos se verificó que a mayor cantidad de P_2O_5 /ha fue mayor el peso de materia seca.

Longitud de raíces

En la Tabla 2 se comparan los promedios entre repeticiones, tratamientos, subtratamientos y subsubtratamientos. Los promedios muestran diferencias significativas entre repeticiones. Al comparar los promedios de los tratamientos se determinó que el suelo de Obonuco produjo la mayor longitud 9.63, respecto al de Torobajo que fue de 8.88 cm con diferencias altamente significativas. La comparación de promedios de los subtratamientos muestra que el suelo esterilizado no inoculado dio la mayor longitud de raíces 11.0 cm con diferencias altamente significativas. La com-

paración de los subtratamientos se encontró que con dosis de fósforo 0 Kg/ha hubo mayor longitud de raíces 10.98 cm que dosis mayores 50 y 100 Kg de P_2O_5 /ha con 9.17 cm para diferencias altamente significativas.

Número de vainas por planta

En la Tabla 3 se comparan los promedios de tratamientos, subtratamientos y subsubtratamientos. El suelo de Obonuco produjo el mayor número de vainas 4.75 con diferencias significativas respecto al suelo de Torobajo 3.89 vainas. La cepa C-85 Acaulospora appendicula produjo mayor número de vainas por planta 5.05 con diferencias altamente significativas, respecto a C-21 Gigaspora margarita con 3.92 vainas. Se observa que a mayor dosis de P_2O_5 /ha se incrementó el número de vainas que oscilaron entre 5.27 y 3.4 vainas por planta para 100 y 0 Kg de P_2O_5 /ha respectivamente con diferencias altamente significativas.

Número de granos por vaina

En la Tabla 4 se comparan los promedios entre los subtratamientos e interacción tratamientos y subsubtratamientos. Al analizar los subtratamientos se encontró que la cepa C-85 Acaulospora appendicula produjo el mayor número de granos por vaina 4.3 en comparación con el suelo esterilizado no inoculado con 3.18 granos con diferencias altamente significativas. Se encontró igualmente que a mayor dosis de fósforo 100 Kg/ha se incrementó el número de granos por vaina 4.42 granos, con diferencias altamente significativas, respecto a las dosis menores 0 y 50 Kg/ha con 3.49 y 3.91 granos por vaina respectivamente.

Peso en granos por vaina

En la Tabla 5 se comparan los promedios entre los subtratamientos, subsubtratamientos e interacción tratamientos por subtratamientos. La cepa C-85 Acaulospora appendicula dió el mayor peso de granos por vaina 2.15 g con diferencias altamente significativas respecto al suelo esterilizado no inoculado. 1.82 g y la micorriza nativa 1.91 g y diferencias significativas con la cepa C-21 Gigaspora margarita que tuvo un peso de 1.98 g. Con la inoculación de hongos micorrizógenos se aumentó el peso de los granos. Igualmente a mayor dosis de fósforo por hectárea se obtuvo

mayor peso de granos por vaina.

Porcentaje de infección

En la Tabla 6 se comparan los promedios de tratamientos subtratamientos y subsubtratamientos y las interacciones. El suelo de Torobajo presentó el mayor porcentaje de infección hasta el inicio de la floración con 33.75% y diferencias significativas respecto al suelo de Obonuco 30.68%. Al analizar los subtratamientos se encontró que la infección en todas las cepas fue efectiva, C-85 Acaulospora appendicula 46.59%, C-1-1 Glomus manihotis 45.07% micorriza nativa 30,48% y C-21 Gigaspora margarita 30,77% con diferencias altamente significativas respecto al suelo esterilizado con 0,57% donde la infección fue nula.

El suelo de Torobajo y la cepa C-85 Acaulospora appendicula la produjo el 47.45% de infección radical, con diferencias significativas respecto al suelo esterilizado no inoculado que produjo 0,57%. Los subtratamientos micorriza nativa con 47.37% y C-1-1 Glomus maniothis presentaron diferencias altamente significativas respecto al suelo esterilizado no inoculado.

Absorción de fósforo

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para tratamientos, subtratamientos y la interacción tratamientos por subtratamientos y subsubtratamientos. La mayoría de cepas de hongos presentaron una mayor absorción de fósforo: Acaulospora appendicula con 0.37% Glomus maniothis con 0.292% y Micorriza nativa con 0.297% con diferencias altamente significativas, respecto a la cepa Gigaspora margarita con 0.235% y el suelo esterilizado no inoculado con 0.212%. Las cepas de los hongos fueron eficientes con los suelos de Obonuco y Torobajo cuando los rangos de fertilizantes estuvieron entre 50-100 Kg de P_2O_5 /ha. Las plantas pueden tener más fracciones solubles disponibles en el suelo. Sait (13) manifiesta que las micorrizas aseguran una mejor utilización del fosfato disponible, el cual ha sido liberado en el suelo de las fuentes fosfatadas como fracción de fósforo soluble.

CONCLUSIONES

1. Los suelos de Obonuco y Torobajo, presentaron diferencias marcadas en cuanto a: Peso, raíz, peso materia seca, longitud de raíz, número de vainas, porcentaje de infección, absorción de fósforo.
2. La cepa C-85 Acaulospora appendicula, mostró mayor adaptación a las condiciones medio ambientales presentes en los suelos de las plantas en las que se observó una mayor ineffectividad y efectividad, permitiéndole mejor absorción y eficiente desarrollo vegetativo.
3. La cepa C-1-1 Glomus manihotis, presentó buena multiplicación pero no fue muy efectiva en la absorción de fósforo para el desarrollo de la planta de frijol.
4. Con la cepa C-21 Gigaspora margarita, no causó efectividad ni efectividad esperada, puesto que fue la de menos adaptación a las condiciones del experimento.
5. La micorriza nativa no presentó efectividad ni ineffectividad debido a que su presencia fue escasa en su habitat natural por el deterioro de los suelos.
6. La infección y absorción de fósforo, por parte de las MVA, fue más rápida en el suelo de Torobajo, pero su baja adaptación no permitió que la simbiosis con la planta perdurará, lo contrario ocurrió con los hongos que fueron inoculados en el suelo de Obonuco donde se realizó una absorción estable durante el tiempo que la planta de frijol lo necesitó para una buena producción.
7. Los niveles alto y medio de fósforo (100 y 50 kg/ha) permitieron que la planta pudiera obtener el nutrimento esencial sin peligro de deficiencias para una mayor producción del cultivo.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE MEDINA, J. P. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en fríjol (Phaseolus vulgaris L.) Tesis M. Sc. Chapingo, México, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, 1985. pp. 4-23.
2. AMEZQUITA, E., et. al. Manual de laboratorio, Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario 1986, 218 p.
3. BALLESTEROS, P.G. El sombreado artificial en un fríjol indeterminado arbustivo. In Aguirre, M. J., ed. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en fríjol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis M.Sc. Chapingo, México. Instituto de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas, 1985. p.5.
4. CARLING, D.E. and BROWN, M.C. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and nonmycorrhizae roots. In Aguirre, M. J. ed. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en fríjol (Phaseolus vulgaris L.) Tesis M.Sc. Chapingo, México, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, 1985, pp. 12-15.
5. COX, G., et al. Ultrastructure of the host-fungus, interface in a vesicular-arbuscular mycorrhiza. In Sieverding, E. Sánchez de Prager M., Bravo, N. eds. Investigaciones sobre Micorrizas en Colombia, Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1984 pp. 5 - 10.
- 10 MUNEVAR, MARTINEZ, F. Principales procesos microbiológicos en el suelo y su función en la productividad agropecuaria. In Memorias del Seminario sobre Microbiología de suelos aplicada a la producción agropecuaria. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 13 (2): 13-14. 1983.
- 11 RHODES, L. H. and GERDEMAN, J. W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. In Aguirre, M. J. ed. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en fríjol (Phaseolus vulgaris L.) Tesis M. Sc. Chapingo, México, Ins-

- tituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, 1985. pp. 18-19.
- 12 ROSS, P. J., Effect phosphate fertilization on yield of mycorrhizal and non-mycorrhizal soybeans. In Aguirre, M. J. ed. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en fríjol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis M.Sc. Chapingo, México, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, 1985, pp. 21-23.
 - 13 SAIF, S. R. Interacción Rhizobium-micorriza VA en leguminosas tropicales. In Sieverding, E., Sánchez de Prager, M., Bravo, N., ed. Investigaciones sobre Micorrizas en Colombia, Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1984, pp. 5-10.
 14. SAIF, S. R. And Khan, A.G. The influence of stage of host development on vesicular-arbuscular mycorrhizae and endogonaceous spore population in field-grown vegetable crops. In Aguirre, M. J., ed. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en fríjol (Phaseolus vulgaris L.) Tesis M. Sc. Chapingo, México, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, 1985. pp. 15-23.
 - 15 SIEVERDIG, E. Manual y métodos para la investigación de la Micorriza vesícula-arbuscular en el laboratorio. Cali, Colombia, CIAT, 1983. 121 p.
 - 16 SIEVERDIG, E. Aspectos básicos de la investigación de la micorriza vesícula-arbuscular. In Sieverding, E., Sánchez de Prager, M., Bravo N., eds. Investigaciones sobre Micorrizas en Colombia, Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias 1984. pp. 5-10.
 - 17 SIEVERDIG, E. Aspectos de la taxonomía y de la identificación de hongos formadores de micorrizas arbuscular. In I Curso Nacional de Micorrizas, Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1984. pp. 15-38.
 - 18 TINKER, P.B. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizas on higher plants. In Aguirre, M. J., ed.

Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis M. Sc. Chapingo, México, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, 1985. pp. 11-12.

TABLA 1 COMPARACION DE LOS PROMEDIOS ENTRE TRATAMIENTOS SUBTRATAMIENTOS, SUBSUBTRATAMIENTOS Y SU INTERACCION CON EL PESO DE LA RAIZ EN LOS SUELOS DE OBONUCO Y TOROBAJO · PRUEBA DE TUKEY

TRATAMIENTOS		SUBTRATAMIENTOS	
Torobajo	28,64 a	<u>Acaulospora a</u>	34,89 a
Obonuco	26,05 b a	<u>Glomus m</u>	32,0 a a
		<u>Gigaspora m</u>	28,18 c a a
		SE - no Ino	25,54 c b a a
		Micorriza n.	16,10 c c c a
		5% = 1,74	
		1% = 3,99	
INTERACCION TRATAMIENTOS POR SUBTRATAMIENTOS		OBONUCO	
<u>Glomus m</u>	35,75 a	<u>Acaulospora a</u>	40,22 a
SE-no INO	33,13 a a	<u>Glomus m</u>	28,24 c a
<u>Gigaspora m</u>	31,22a a a	<u>Gigaspora m</u>	25,14 c a a
<u>Acaulospora</u>	29,55 a a a	Micorriza n.	18,65 c c a a
Micorriza	n13,55 c c c a	SE - no Ino	17,96 c c a a

5% = 7,31
1% = 9,25

SUBSTRATAMIENTOS

100 kg de P_{205} /ha 37,50 a
50 kg de P_{205} /ha 26,23 c a
0 kg de P_{205} /ha 18,30 c c a

5% = 3,85
1% = 4,98

INTERACCION SUBSTRATAMIENTOS POR SUBSTRATAMIENTOS*Ascospora appendicula*

100 kg de P_{205} /ha 58,5 a

50 kg de P_{205} /ha 28,17 c a

0 kg de P_{205} /ha 18,0 c b a

Gigaspora margarita

100 kg de P_{205} /ha 33,0 a

50 kg de P_{205} /ha 30,43 a a

0 kg de P_{205} /ha 21,12 c b a

Continuación Tabla 1

Glomus manihotis

100 kg de P_{205} /ha 20,83 a

50 kg de P_{205} /ha 25,67 a a

0 kg de P_{205} /ha 11,81 b a a

Suelo esterilizado no inoculado

100 kg de P_{205} /ha 28,53 a

50 kg de P_{205} /ha 25,48 a a

0 kg de P_{205} /ha 22,63 a a a

5% = 8,61
1% = 11,13

a = Diferencias no significativas

b = Diferencias significativas al 5%

c = Diferencias altamente significativas al 1%

Micorriza nativa

100 kg de P_{205} /ha 20,83 a

50 kg de P_{205} /ha 15,67 a a

0 kg de P_{205} /ha 11,81 b a a

TABLA 2 COMPARACION DE LOS PROMEDIOS ENTRE REPLICACIONES, TRATAMIENTOS, SUBTRATAMIENTOS, SUBSUBTRATAMIENTOS CON LA LONGITUD DE LA RAIZ EN LOS SUELOS DE OBOONUCO Y TOROBAJO

REPLICACIONES	TRATAMIENTOS	
II Replicación	9,49 a	9,63 a
III Replicaciones	9,16 b a	
I Replicación	9,12 b a a	8,88 c a
	5% = 0,20	5% = 0,12
	1% = 0,45	
SUBTRATAMIENTOS		
Suelo esterilizado no inoculado	11,0 a	
<u>Glonus manihotis</u>	9,79 a a	
<u>Micorriza nativa</u>	8,79 c a a	
<u>Gigaspora margarita</u>	8,76 c a a a	
<u>Azulospora appendicula</u>	7,93 c c a a a	
	5% = 1,47	
	1% = 1,86	

Continuación Tabla 2

SUBSUBTRATAMIENTOS

0 kg de P ₂ O ₅ /ha	10,98 a
50 kg de P ₂ O ₅ /ha	9,17 c a
100 kg de P ₂ O ₅ /ha	7,62 c c a

5% = 0,858

1% = 1,11

a = Diferencias no significativas

b = Diferencias significativas al 5%

c = Diferencias altamente significativas al 1%

TABLA 3 COMPARACION DE LOS PROMEDIOS ENTRE TRATAMIENTOS, SUBTRATAMIENTOS, SUBSUBTRATAMIENTOS CON EE NUMERO DE VAINAS POR PLANTA EN LOS SUELOS DE OBONUCO Y TOROBAJO

TRATAMIENTOS	
Obonuco	4,75 a
Torobajo	3,89 b a
5% = 0,84	
1% = 3,89	
SUBTRATAMIENTOS	
<u>Acaulospora appendicula</u>	5,05 a
<u>Glomus manihotis</u>	4,53 a a
<u>Micorriza nativa</u>	4,05 c a a
Suelo estéril no inoculado	4,05 c a a a
<u>Glaspora margarita</u>	3,92 c a a a
5% = 0,78	
1% = 0,98	
SUBSUBTRATAMIENTOS	
100 kg de P ₂ O ₅ /ha	5,27 a

Continuación Tabla 3

50 kg de P₂O₅/ha 4,3 c a

0 kg de P₂O₅/ha 3,4 c c a

5% = 0,629

1% = 0,814

a = Diferencias no significativas

b = Diferencias significativas al 5%

c = Diferencias altamente significativas al 1%

98
 TABLA 4 COMPARACION DE LOS PROMEDIOS ENTRE SUBTRATAMIENTOS , SUBSUBTRATAMIENTOS Y SU INTERACCION CON EL NUMERO DE GRANOS POR VAINA EN LOS SUELOS DE OBOUUCO Y TOROBAJO

PRUEBA DE TUKEY

SUBTRATAMIENTOS			
<u>Acaulospora appendicula</u>	4,30	a	
Micorriza nativa	4,21	a	
<u>Glomus manihotis</u>	4,15	a	5% = 0,407
<u>Gigaspora margarita</u>	3,86	b	1% = 0.515
Suelo E. no inoculado	3,18	c	
SUBSUBTRATAMIENTOS			
100 kg de P_2O_5 /ha	4,42	a	
50 kg de P_2O_5 /ha	3,91	c	5% = 0,33
0 kg de P_2O_5 /ha	3,49	c	1% = 0,425

Continuación Tabla 4
 INTERACCION TRATAMIENTOS POR SUBTRATAMIENTOS

Torobajo			
<u>Acaulospora a</u>	4,19	a	4,40 a
Micorriza n	4,15	a	4,27 a a
<u>Glomus m</u>	4,07	a	4,24 a a
<u>Gigaspora m</u>	3,95	a	3,76 b a a
SE -no Ino	3,81	a	2,56 c c c a
			5% = 0,57
			1% = 0,73

a = Diferencias no significativas

b = Diferencias significativas al 5%

c = Diferencias altamente significativas al 1%

TABLA V COMPARACION DE LOS PROMEDIOS ENTRE SUBTRATAMIENTOS, SUBSUBTRATAMIENTOS Y SU INTERACCION CON EE PESO DE GRANOS POR VAINA EN LOS SUELOS DE OBOYU-CO Y TOROBAJO - PRUEBA DE TUKEY

SUBTRATAMIENTOS	
<u>Acaulospora appendicula</u>	2,15 a
<u>Gigaspora margarita</u>	1,98 a a
<u>Glomus manihotis</u>	1,93 b a a
Micorriza nativa	1,91 c a a a
Suelo E. no inoculado	1,82 c a a a a
5% = 0,187	
1% = 0,237	
SUBSUBTRATAMIENTOS	
100 kg de P ₂ O ₅ /ha	2,24 a
50 kg de P ₂ O ₅ /ha	1,93 c a
0 kg de P ₂ O ₅ /ha	1,71 c c a
	5% = 0,146
	1% = 0,187

Continuación Tabla V
INTERACCION TRATAMIENTOS POR SUBTRATAMIENTOS

Toroabajo	Obonuco
<u>Acaulospora a</u>	<u>Acaulospora a</u>
1,94 a	2,36 a
<u>Glomus m</u>	<u>Gigaspora m</u>
1,87 a a	2,24 a a
<u>Micorriza n</u>	<u>Micorriza n</u>
1,81 a a a	2,01 c a a
<u>Gigaspora m</u>	<u>Glomus m</u>
1,734 a a a a	1,99 c a a a
<u>SE no Ino</u>	<u>SE- no Ino</u>
1,728 a a a a a	1,91 c c a a a
a = Diferencias no significativas	5% = 0,26
b = Diferencias significativas al 5%	1% = 0,33
c = Diferencias altamente significativas al 1%	

TABLE VI COMPARACION DE LOS PROMEDIOS ENTRE TRATAMIENTOS, SUBTRATAMIENTOS, SUBSUBTRATAMIENTOS Y SUS INTERACCIONES CON EL PORCENTAJE DE INFECCION EN LOS SUELOS DE OBONUCO Y TOROBAJO - PRUEBA DE TWKEY

TRATAMIENTOS		SUBTRATAMIENTOS	
Torobajo	33,75 a	<u>Acaulospora a</u>	46,59 a
Obonuco	30,68 b a	<u>Glomus m</u>	45,07 a a
		<u>Micorriza n</u>	38,48 c c a
		<u>Gigaspora m</u>	30,37 c c a
		SE- no Ino.	0,57 c c c a
5% = 1,88		5% = 3,30	
1% = 4,32		1% = 4,18	
SUBSUBTRATAMIENTOS			
100 kg de P ₂₀₅ /ha	42,88 a		
50 kg de P ₂₀₅ /ha	34,55 c a		
0 kg de P ₂₀₅ /ha	19,22 c c a	5% = 3,93	
		1% = 4,18	

Continuación Tabla VI

TOROBAJO		OBONUCO	
<u>Acaulospora a</u>	47,45 a	<u>Glomus m</u>	46,51 a
<u>Micorriza n</u>	47,37 a a	<u>Acaulospora a</u>	45,73 a a
<u>Glomus m</u>	43,62 a a a	<u>Gigaspora m</u>	31,02 c c a
<u>Gigaspora m</u>	29,73 c c c a	<u>Micorriza n</u>	29,59 c c a a
SE -no Ino	0,57 c c c a	SE- No Ino.	0,57 c c c a
		5% = 4,67	
		1% = 5,91	

INTERACCION SUBTRATAMIENTOS POR SUBSUBTRATAMIENTO

Acaulospora a		Glomus manihotis	
100 kg de P ₂₀₅ /ha	65,69 a	100 kg de P ₂₀₅ /ha	60,27 a
50 kg de P ₂₀₅ /ha	52,44 c a	50 kg de P ₂₀₅ /ha	51,44 b a
0 kg de P ₂₀₅ /ha	21,64 c c a	0 kg de P ₂₀₅ /ha	23,5 c c a
Gigaspora m		Glomus manihotis	
100 kg de P ₂₀₅ /ha	41,31 a	100 kg de P ₂₀₅ /ha	60,27 a
50 kg de P ₂₀₅ /ha	31,10 c a	50 kg de P ₂₀₅ /ha	51,44 b a
0 kg de P ₂₀₅ /ha	18,71 c c a	0 kg de P ₂₀₅ /ha	23,5 c c a

Continuación Tabla VI

Micorriza nativa	Suelo esterilizado no inoculado	
100 kg P ₂ O ₅ /ha	46,56 a	100 kg de P ₂ O ₅ /ha 0,57 a
50 kg de P ₂ O ₅ /ha	38,38 a a	50 kg de P ₂ O ₅ /ha 0,57 a a
0 kg de P ₂ O ₅ /ha	30,51 c a a	0 kg de P ₂ O ₅ /ha 0,57 a a a

5% = 8,87
1% = 11,356

a = Diferencias no significativas

b = Diferencias significativas al 5%

c = Diferencias altamente significativas al 1%