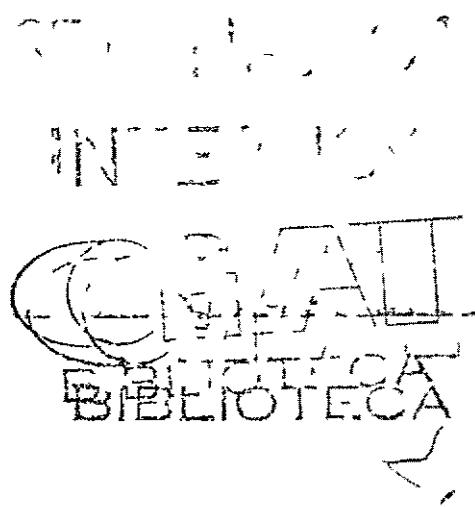


18 JUL 1980



Ser c S- 3-80
Fch 22, 1980

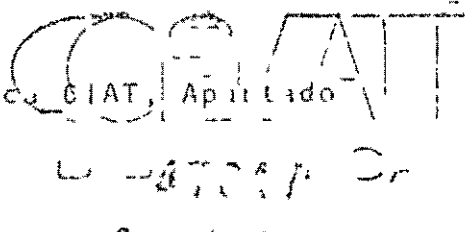
EL EFECTO DE LA INOCULACION CON MICORRIZAS SOBRE
LA NUTRICION FOSFORICA DE LA YUCA

R H Howeler¹

PLUMEN

Se estudió el efecto de la inoculación con micorrizas de la yuca, en el crecimiento de la planta y en la absorción de P, en suelo esterilizado y sin esterilizar, al que aplicaron ocho niveles de P, como también en una solución nutritiva fluente a cuatro diferentes concentraciones de P. La inoculación produjo mayores beneficios en la yuca cultivada en suelo esterilizado al que se le aplicaron 2 t P/ha, aumentando así, la producción de materia seca en casi tres veces y la absorción total de P en unas siete veces. En suelo sin esterilizar, tanto la producción de materia seca como la absorción de P aumentaron en un 50% cuando se aplicó 0.5 t P/ha. En el experimento de suelo

¹ Científico de suelos, Programa de Yuca, CIAT, Apitá, Cundinamarca, Colombia



La yuca presentó infección con micorriza sólo en las tasas intermedias de aplicación de P de 0.1 a 4 l/ha, lo que corresponde a una concentración de P en la solución del suelo de unos 2 a 52 μM . Sin la aplicación de P y a las dos tasas más elevadas de aplicación de P (8 y 16 l/ha), la inoculación con micorriza no tuvo ningún efecto provechoso y el porcentaje de infección fué bajo, especialmente en el suelo sin esterilizar.

En solución nutritiva fluente, la inoculación aumentó significativamente la producción de materia seca de ocho cult vares de yuca a la concentración intermedia de 1 μM P, mientras que no produjo ningún efecto en el maíz, arroz, frijol común y caupí. Estas últimas especies produjeron rendimientos máximos a 1 μM P, mientras que la yuca requería por lo menos 10 μM P. Con las concentraciones de 10 y 100 μM P las raíces de plantas de yuca inoculadas no presentaron infección micorrizas mientras con la concentración baja de 0.1 μM P, las raíces mostraron una buena infección, pero esto no tuvo efecto significativo en el rendimiento. Se discuten algunas implicaciones de la aparente dependencia entre la yuca y las micorrizas.

Introducción

Se conoce ampliamente la capacidad de la yuca para crecer en suelos muy ácidos e infértiles (Cock y Howeler 1978), y frecuentemente la planta no responde a la fertilización,

incluso en suelos con niveles bastante bajos de nutrimentos disponibles. También se considera la yuca un buen extractor de nutrimentos que se siembra como el último cultivo, en la rotación antes de que la parcela agotada de nutrimentos se retorne a barbecho arbustivo, en el sistema agrícola de tala y quema que todavía se practica en una gran parte de los trópicos húmedos (Ofori, 1973). Ya que la yuca aparentemente puede extraer nutrimentos de suelos muy infértiles, la conclusión lógica es que debe tener un sistema radicular muy eficiente.

Sin embargo, recientes investigaciones con yuca en solución de cultivo fluyente en la Universidad de Queensland, indicaron que la yuca tiene un mayor requerimiento externo de P que casi cualquier otro cultivo estudiado (Jintakanon et al 1979), y realmente tenía una tasa muy baja de absorción de P, como también de K y Ca en comparación con otros cultivos (Edwards et al 1977). Aunque la yuca puede tener un mecanismo para adaptarse a condiciones de baja fertilidad, por ejemplo mediante una tasa de crecimiento reducida, una alta eficiencia en la utilización de nutrimentos para la producción de materia seca, un bajo gradiente de nutrimentos dentro de la planta, y un alto índice de cosecha (Edwards et al 1977 Spear et al 1978), no parece absorber de forma muy eficiente los nutrimentos, por lo menos bajo condiciones de solución nutritiva. La observación microscópica

también indica que la yuca tiene un sistema radicular bastante burdo, con raíces relativamente gruesas y pobremente ramificadas. Los pelos radiculares pueden estar presentes, pero no son abundantes, y en condiciones de solución nutritiva básicamente se encuentran ausentes. De estas observaciones aparentemente contradictorias se postuló (Howeler 1977), que una asociación eficiente de micorriza bajo condiciones normales del suelo podría explicar estas anomalías.

Las micorrizas, o más precisamente, la micorriza endotrófica vesicular-arbuscular (VAM), son hongos que viven en simbiosis con las raíces de las plantas. Forman vesículas y arbuscúlos en las células de la corteza radicular (Hepper y Mossé 1975), de los que crecen hifas a través de los espacios intercelulares al exterior de la raíz y en el suelo circundante. El hongo utiliza carbohidratos excretados de las raíces, y a su vez absorbe nutrimentos de la solución del suelo y los libera a la planta. Se piensa que el principal efecto benéfico de la micorriza es el explorar más intensamente cierto volumen de suelo. Este aspecto es de especial importancia para las plantas que tienen un sistema radical burdo, y especialmente para la absorción de P. Este elemento llega a la raíz de la planta principalmente por el lento proceso de difusión (Barber et al 1963), y por lo tanto, sólo es absorbido en una zona bastante estrecha alrededor de cada raíz. Las extensiones de las hifas

del hongo pueden explotar el suelo afuera de esta estrecha zona de agotamiento

Los efectos benéficos de la micorriza en algunas especies forestales, se han conocido durante años y los pinos se inoculan de forma rutinaria antes de la siembra (Redhead, 1979)

Sin embargo, sólo en los últimos diez años se ha reconocido el efecto benéfico de las micorrizas en los cultivos de campo. La investigación sobre asociación con micorrizas en la yuca fué reportado primero por IITA (1976), donde se mostró que la yuca, como muchos otros cultivos de campo, en realidad se infecta con micorriza bajo condiciones naturales de campo. Potty (1978) también informó sobre infecciones con micorriza en la yuca, al igual que en la papa dulce y en el coles. Ultimamente, Yost y Fox (1979) y van der Zieg et al (1979) en Hawai encontraron que la esterilización del suelo con bromuro de metilo redujo en una alta proporción el crecimiento de la planta y la absorción de P en las parcelas, que habían recibido sólo pequeñas aplicaciones de P o ninguna aplicación, mientras que tenía poco efecto a tasas elevadas de aplicación de P. La yuca y Stylo entbus hamata fueron dos de las siete especies estudiadas que estuvieron más afectadas por la eliminación mediante esterilización, de las micorrizas nativas del suelo. Por lo tanto, se concluyó de este trabajo que la yuca es

altamente dependiente de la asociación con micorrizas para la absorción de P, en suelos con bajo contenido de P. El objetivo del trabajo presentado aquí consistió en tratar de inocular artificialmente la yuca con micorrizas, y determinar el efecto en el crecimiento y la absorción de nutrientes en el suelo con diferentes niveles de P aplicado, como también en soluciones nutritivas de diferentes concentraciones de P.

Efecto de las micorrizas en el suelo

En macetas se establecieron ocho niveles de P en un oxisol muy deficiente en P y altamente fijador de P, añadiendo $\text{CaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en cantidades que correspondían a 0, 0.1, 0.5, 1, 2, 4, 8 y 16 t/ha de P. La mayor tasa equivale a una aplicación de 35 t P_2O_5 /ha. También se efectuó una aplicación basal de dosis bastante elevadas de N, K, Mg y Zn para evitar la inducción de otras deficiencias nutricionales. Después de siete semanas de incubación, la mitad de las macetas se esterilizaron con bromuro de metilo para eliminar la micorriza nativa. Se sembraron cogollor de yuca del CV M Aus 10 en pequeñas macetas de turba con arena gruesa, en dos cámaras nebulizadoras. Cuando apenas estaban emergiendo las raíces del callo, se inocularon las plántulas en una cámara con micorriza, colocando 2-3 g de raíces de yuca infectadas con micorriza bajo cada plántula. Las plantas en la otra cámara nebulizadora recibieron la misma cantidad del inóculo muerto (raíces esterilizadas en

autoclave), para los tratamientos sin inoculación. Cuando las raíces de la yuca habían crecido a través de las paredes de las macetas de turba, se trasladaron las plantas a las macetas con suelo esterilizado y sin esterilizar.

Así se establecieron 32 tratamientos: 8 niveles de P en suelo esterilizado y sin esterilizar, y sembrado con plantas inoculadas y sin inocular. Se cultivaron durante dos meses en el invernadero. Después de un mes aproximadamente, se determinó la concentración de P en la solución de suelo de cada tratamiento de P en suelo esterilizado y sin esterilizar, mediante análisis de la solución de suelo extraída por centrifugación según el método de Gillman (1976).

La figura 1 muestra que la concentración de P en la solución de suelo aumentó de menos de 1 a unos 700 μM (0.031 a 27 ppm) debido a los tratamientos con P, y que la esterilización no tenía efecto o sólo aumentó levemente la concentración de P en la solución.

Después de unas dos semanas las plantas empezaron a mostrar una respuesta a la aplicación de P. En el suelo esterilizado a bajos niveles de P, las plantas mostraron síntomas típicos de extrema deficiencia de P, y empezaron a retrasarse en comparación con las plantas en suelo sin esterilizar. A las 4-5 semanas se observó una respuesta positiva a la inoculación, y a las 6 semanas esta respuesta fue muy

acentuada y consistente a niveles intermedios de P, especialmente en el suelo esterilizado. En la cosecha, las hojas superiores completamente expandidas se separaron del resto de las partes aéreas, y las raíces se lavaron cuidadosamente y se separaron en raíces fibrosas y tuberosas. Estas muestras se secaron, pesaron y analizaron en cuanto al contenido de P, K, Ca, Mg y Zn. También, antes de la cosecha se tomaron tres muestras de suelo en cada parcela, se lavaron cuidadosamente las raíces fibrosas y se almacenaron en alcohol para ser posteriormente teñidas con azul de trypan para observar la infección con micorriza según el método de Phillips y Hayman (1970). La figura 2 muestra el efecto de la aplicación de P, la esterilización y la inoculación en la producción de materia seca. La producción máxima de materia seca se alcanzó con 8 t P/ha, independientemente de los tratamientos con micorriza. En el suelo esterilizado a la mayor tasa de P aplicado disminuyó el rendimiento debido a la salinidad, que aparentemente fue el resultado de una combinación de niveles extremadamente altos de P, y de un aumento en la concentración de N inorgánico de la solución de suelo inducido por el bromuro de metilo (Yost y Fox 1978, Rovira 1976, López y Wollum 1976).

En suelos sin esterilizar, la inoculación aumentó la producción de materia seca solamente a niveles intermedios de P de 0.5, 1 y 2 t/ha. Sin embargo, en el suelo esterilizado

la inoculación aumentó el crecimiento de la planta hasta 4tP/ha, mientras que con 2 t P/ha la inoculación triplicó la producción de materia seca

El efecto benéfico de la inoculación fue incluso más acentuado, en términos de la absorción total de P por parte de la planta (Fig 3), que aumentó más de siete veces con 2 t/ha de P aplicado en el suelo esterilizado. En el suelo sin esterilizar, la absorción total de P aumentó aproximadamente 50% con 0.5 t/ha de P aplicado. La inoculación también aumentó la concentración en el tejido, como también la absorción total de Ca y Mg, y aumentó la absorción total de K y Zn (Howeler et al 1979). Sin embargo, no está claro si se trata de un efecto directo en la absorción de estos elementos, o si las micorrizas básicamente sólo aumentaron la absorción de P, lo que a su vez resultó en plantas más vigorosas con un sistema radicular más extenso, y por lo tanto una mayor absorción de nutrimentos.

La observación microscópica de las muestras radiculares teñidas mostró que las plantas inoculadas estaban altamente infectadas con micorriza, a niveles intermedios de P, pero con un bajo grado de infección tanto con tasas muy bajas o muy elevadas de aplicación de P (Cuadro 1). En el suelo esterilizado, las plantas sin inocular estaban libres de infección de micorriza como se esperaba. Sin embargo, en el suelo sin esterilizar tampoco se pudo observar infección,

lo que es sorprendente considerando el crecimiento comparativamente bueno y la alta absorción de P en este tratamiento. Lo anterior puede ser causado por la presencia de algunas cepas nativas de micorriza con hifas extremadamente delgadas, y básicamente sin vesículas en las raíces, como se ha encontrado recientemente en otros cultivos.

Varios investigadores (Hayman 1975, Sanders 1975, Daft y Nicolson 1969, van der Zaag et al 1979, Yost y Fox 1979), han informado que el efecto benéfico de las asociaciones con micorriza disminuye a medida que la concentración de P en el suelo aumenta, y también que a niveles extremadamente bajos de P la asociación no es eficiente (Mosse et al 1975, Abbot y Robson 1977). Se obtuvieron resultados similares en este estudio. No obstante, poco se sabe sobre el rango de concentraciones de P en que la micorriza es más eficiente. Van der Zaag et al (1979), informaron que el efecto benéfico de la micorriza en la yuca se reducía cerca de cero a concentraciones de P en la solución de suelo superior a 52 μM , determinado con el método de Fox y Kamprath (1970). La figura 4 muestra la relación entre el rendimiento relativo de materia seca y la concentración de P determinada en la solución de suelo. La inoculación con micorrizas aumentó los rendimientos en el rango de 2 a 50 μM P, lo que corresponde con los datos de van der Zaag et al (1979). También es claro que la micorriza no cambia significativamente

el requerimiento externo de P de la planta, lo que es la concentración externa de P que corresponde al 95% del rendimiento máximo, ya que el efecto de la micorriza básicamente desaparece a las altas concentraciones de P necesarias para alcanzar rendimientos máximos. El requerimiento externo de P obtenido en este ensayo, para todos los tratamientos con micorriza, fué de unos 100 μM , que no difiere mucho del requerimiento de P de 72 μM obtenido por Jintakanon et al (1979), para el mismo cultivar en solución nutritiva.

Efecto de la micorriza en la solución nutritiva fluente

Si la micorriza sólo desempeña una función en el aumento del transporte de P a la raíz, se espera que el efecto benéfico en una solución de nutrientes vigorosamente agitada, sea mínimo, no obstante, Mosse et al (1978), recientemente reportaron sobre infección de micorriza bajo condiciones de solución nutritiva.

En las unidades de cultivo de solución nutritiva fluente, en la Universidad de Queensland, se sembraron ocho cultivares de yuca y sólo un cultivar de maíz, arroz, caupí y frijol común a cuatro concentraciones de 0.1, 1, 10 y 100 μM P, tanto en unidades con plantas sin inocular como en unidades con plantas inoculadas con raíces de yuca infectadas con micorriza (Howeler et al, para publicar). Las

concentraciones de P fueron cuidadosamente mantenidas constantes a través del período de crecimiento, tanto mediante un análisis diario y corrección de la concentración de P en cada unidad, como mediante alimentación continua por goteo de una solución de P correspondiendo a la tasa de absorción de P esperada en las plantas. Después de seis semanas, las partes aéreas de las plantas se cosecharon, pesaron y analizaron en cuanto al contenido de P. Muestras de raíces se tuvieron e inspeccionaron respecto a infección con micorriza.

El crecimiento de las plantas de todos los cultivares de yuca fué vigoroso a las dos mayores concentraciones de P, de 10 y 100 μM independiente de los tratamientos de inoculación. A una concentración de 0.1 μM P, todas las plantas presentaban un enanismo extremo con síntomas típicos de deficiencia de P. La inoculación a esta concentración extremadamente baja de P, no mejoró el crecimiento de la planta, sino que redujo los síntomas de deficiencia. Al nivel intermedio de 1 μM P, el crecimiento de la planta sólo fué un poco mejor que a 0.1 μM durante las primeras tres semanas. Sin embargo, durante las últimas tres semanas las plantas inoculadas presentaron una considerable mejoría y no presentaron síntomas de deficiencia de P, mientras que las plantas sin inocular continuaron presentando deficiencia de P. En contraposición, el maíz, arroz, caupí y frijol

presentaban enanismo y deficiencia de P sólo a la menor concentración de 0.1 μ M P, y alcanzaron el máximo crecimiento al siguiente nivel de 1 μ M P. Ningún efecto benéfico de la inoculación se observó en estas especies, que tienen un sistema radicular fino y extensamente ramificado.

Observando cuidadosamente el sistema radicular de las plantas de yuca se notó que aquellas plantas inoculadas con las dos concentraciones menores de P, estaban cubiertas de una sustancia fangosa, especialmente cerca a la superficie de la solución. El exámen microscópico y la tinción con azul de tripan mostraron que esta sustancia estaba formada por masas de hifas de micorriza que cubrían las superficies radiculares y formaban una red extensa de micelio entre las raíces. Dentro de las raíces, estas hifas estaban conectadas a vesículas. A las 2 concentraciones mayores de P, y en todos los tratamientos sin inoculación, las raíces no tenían lama y tampoco se observaban hifas o vesículas, las raíces de todas las otras especies no presentaban lama ni infección con micorriza en todos los tratamientos. El cuadro 2 muestra el porcentaje promedio de infección radicular de los ocho cultivares de yuca, como también la producción de materia seca y la concentración de P en las partes aéreas y raíces, y como está afectado por la concentración de P en la solución y en la inoculación con micorriza.

Las raíces de yuca de las plantas inoculadas a 0.1 μM P, se encontraban claramente infectadas con micorriza lo que resulta en un aumento significativo en la concentración de P, tanto en las partes aéreas como en las raíces, pero las concentraciones todavía eran demasiado bajas para ocasionar un aumento significativo en el crecimiento de la planta y en la producción de materia seca. Sin embargo, a 1 μM P, la inoculación aumentó la concentración de P de las partes aéreas de 0.17 a 0.21%, y de las raíces de 0.12 a 0.40%, resultando así en un aumento de la materia seca de casi un 50%. Los aumentos en la producción de materia seca, debido a la inoculación, variaron entre los cultivares de 16 a 103%, lo que indica que los cultivares difieren significativamente en su respuesta a la infección con micorriza. A concentraciones de 10 y 100 μM P, la yuca presentó rendimientos máximos y tenía una concentración de P en las partes aéreas cercana o superior al nivel crítico de 0.4% (Howler 1978). A estas altas concentraciones la inoculación no tuvo efecto benéfico, ya sea en términos de las concentraciones de P en los tejidos o en la producción de materia seca. Por lo tanto, como en el experimento de suelo, no había un efecto benéfico de la asociación con micorriza a altas concentraciones de P, y así sería difícil estudiar estos efectos a las concentraciones relativamente altas de P, que normalmente se utilizan en soluciones nutritivas convencionales.

A la concentración intermedia de P de 1 uM P, el crecimiento radicular de las plantas de yuca sin inocular fué muy pobre, pero cuando se inoculaban mejoró considerablemente, lo que resultó en un gran número de raíces delgadas. Por lo tanto se concluyó que sin infección con micorriza la yuca tiene un sistema radical ineficiente y burdo y esto explica su alto requerimiento de P en soluciones nutritivas sin micorriza, mientras que la inoculación mejoró significativamente la absorción de P resultando en una planta más vigorosa y un sistema radicular más eficiente. Esto le permitiría a la yuca con micorriza absorber el P, incluso en el caso de suelos con muy bajo nivel de P.

Implicaciones de los efectos de la micorriza en la investigación y producción de yuca

En comparación con otros cultivos, la yuca parece particularmente dependiente de una asociación eficiente con micorrizas. Esto tiene varias implicaciones importantes.

1. Aunque los tratamientos con fungicidas del material de la yuca mejoran el tiempo de almacenamiento y germinación, estos pueden tener un efecto perjudicial en el desarrollo de las micorrizas. Una investigación al respecto debería efectuarse.
2. Se tiene muy poca información sobre el efecto del pH, Al, Mn, y la sequía en las micorrizas, y podría ser

necesario seleccionar cepas especiales que toleren condiciones adversas del suelo como un bajo pH, altos niveles de Al y/o Mn, y también períodos prolongados de sequía

- 3 Deberán investigarse métodos prácticos de inoculación, utilizando esporas de micorriza o raíces infectadas de yuca como inóculo, alternativamente, si las micorrizas no son muy específicas al hospedante, sería más práctico producir inóculo en, por ejemplo, raíces de gramíneas, o sembrar la yuca en rotación con pastos o cultivos que tengan una elevada infección de micorrizas
- 4 Las diferencias de los cultivares en su respuesta al P, pueden ser ocasionadas por diferencias en la capacidad de la planta para absorber o utilizar el P de forma eficiente, como también en su capacidad para formar asociaciones eficientes con micorrizas. Los métodos de selección en soluciones nutritivas tienden a pasar por alto el último aspecto, por lo tanto, las evaluaciones en el campo pueden ser más significativas, especialmente si los cultivares son evaluados en relación a la infección con micorriza
- 5 Ya que la producción de yuca tiene su mayor potencial en las extensas regiones de suelos muy ácidos y con bajos niveles de P, la inoculación con micorriza puede

convertirse en algo de gran importancia práctica para mejorar la eficiencia de la planta en la absorción de fósforo

Agradecimientos

El autor agradece a los Drs Edwards y C J Asher del Departamento de Agricultura de la Universidad de Queensland, por la ayuda y sugerencias brindadas, como también a los Drs R K Jones y W Jehne del Laboratorio Cunningham del CSIRO, en Sta Lucía, Queensland, igualmente presenta sus agradecimientos a la Universidad de Queensland por haberle permitido utilizar su equipo e instalaciones durante el año sabático

REFERENCIAS

- 1 ABBOTT, L K and ROBSON, A D 1977 Growth stimulation of subterranean clover with vesicular arbuscular mycorrhizas Austr J Agric Res 28 639-649
- 2 BARBER, S A , WALKER, J M and E H VASEY 1963 Mechanisms for the movement of plant nutrients from the soil and fertilizer to the plant root Agric Food Chemistry 11 204-207
- 3 ✓ COCK, J H , and HOWELDER, R H 1978 The ability of cassava to grow on poor soils In Jung, G A , ed Crop tolerance to suboptimal land conditions Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy ASA Special Publication No 32 pp 145-154
- 4 DAFT, M J , and NICOLSON, T H 1969 Effect of Endogone mycorrhiza on plant growth II influence of soluble phosphate on endophyte and host in maize New Phytol 68 945-952
- 5 EDWARDS, D G , ASHEP, C J , and WILSON, G L 1977 Mineral nutrition of cassava and adaptation to low fertility conditions In Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4th, Cali, Colombia, 1976 Proceedings Ottawa, Canada International Development Research Centre pp 124-130
- 6 FOX, R L , and KAMPRAH, E J 1970 Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils Soil Sci Soc Amer Proc 34 902-907
- 7 GILLMAN, G P 1976 A centrifuge method for obtaining soil solution Commonwealth Scientific and Industrial Research Org (CSIRO), Australia, Division of Soils Divisional Report No 16 pp 1-6
- 8 HAYMAN, D S 1975 The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility In Endomycorrhiza Proceedings Symposium at Univ Leeds, July 22-25, 1974 (Eds) F A Sanders, B Mosse, and P B Tinker Academic Press, London pp 495-509
- 10 HEPPER, C M , and MOSSE, B 1975 Techniques used to study the interaction between Endogone and plant roots In Endomycorrhizas Proceedings of a Symposium at Un Leeds, July 22-25, 1974 (Eds) F E Sanders, B Mosse and P B Tinker Academic Press, London

- 11 HOWLLLR, R H 1977 Respuesta de la yuca a la aplicación del fósforo (The response of cassava to phosphorus) Cali, Colombia Centro Internacional de Agricultura Tropical Seminarios Internos Serie SE-09-77
- 12 HOWELER, R H 1978 The mineral nutrition and fertilization of cassava In Cassava Production Course Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali, Colombia pp 247-292
- 13 HOWELER, R H , EDWARDS, D G , and ASHER, C J 1979 The effect of soil sterilization and mycorrhizal inoculation on the growth, nutrient uptake and critical phosphorus concentration of cassava International Symp Trop Root Crops Manila, Philippines, Sept 17-21
- 14 → HOWELER, R H , EDWARDS, D G , and ASHER, C J A nutrient solution technique used to study the effect of mycorrhizal association on the growth and P-uptake of cassava (Manihot esculenta Crantz) Subm for publ
- 15 IITA Annual Report 1976 International Institute of Tropical Agriculture Ibadán, Nigeria
- 16 JINTAKA'ON, S , D G EDWARDS, and C J ASHER 1979 An anomalous, high external phosphorus requirement for young cassava plants in solution culture Internat Symp Trop Root Crops Manila, Philippines, Sept 17-21
- 17 LOPEZ, A S , and WOLLUM, A G 1976 Comparative effects of methylbromide, propylene oxide, and autoclave sterilization on specific soil chemical characteristics Turrialba 26 351-355
- 18 MOSSL, B , POWEL, C Ll and HAYMAN, D S 1975 Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza IX Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphates and symbiotic nitrogen fixation New Phytol 76 331-342
- 19 MOSSE, B , THOMPSON and SMITH 1978
Rothamstead Annual Report 1978 pp 235
- 20 OFORI, C S 1973 Decline in fertility status of a tropical forest orchosol under continuous cropping Experimental Agric 9 15-22
- 21 PHILLIPS, J H , and HAYMAN, D S 1970 Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid

assessment of infection Trans Br Mycol Soc
55 158-161

- 22 POTTY, V P 1978 Occurrence of vesicular arbuscular mycorrhiza in certain tuber crops J Root Crops 4 49-50
- 23 REDHEAD, J F , 1979 Soil mycorrhiza in relation to soil fertility and productivity In Soils Research in Agroforestry Proc Expert Consultation Nairobi March 26-30, 1979 H O Mongi, P A Huxley, D Spurgeon (Eds)
- 24 ROVIRA, A D 1976 Studies on soil fumigation I Effects on ammonium, nitrate, and phosphate in soil and on growth, nutrition and yield of wheat Soil Biol Biochem 8 241-247
- 25 SANDERS, F E 1975 The effect of foliar-applied phosphate on the mycorrhizal infections of onion roots In Endomycorrhizas Proceedings Symposium Un Leeds July 22-25, 1974
- 26 SPEAR, S N , ASHER, C J and EDWARDS, D G 1978 Response of cassava sunflower, and maize to potassium concentration in solution. II Potassium absorption and its relation to growth Field Crops Research 1 363-373
- 27 YOST, R S , and R L FOX 1979 Contribution of mycorrhiza to the P nutrition of crops growing on an Oxisol Field Crops Research (in press)
- 28 ZAAG, P Vander, FOX, R L , PEÑA, R S and YOST, R S 1979 Phosphorus nutrition of cassava, including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn, and Ca uptake Field Crops Research (in press)

TABLA 1 El efecto de la esterilización del suelo sobre el porcentaje de infección de raíces de yuca, cv M Aus 10, inoculados con micorrizas y cultivados durante dos meses en un Oxisol con varias aplicaciones de P

P aplicado t/ha	Suelo esterilizado	Suelo sin esterilizar
	% de infección	
0	0	5
0.1	14	49
0.5	38	79
1	51	65
2	53	77
4	61	45
8	9	57
16	4	14

TABLA 2 El efecto de la concentración de P en solución y la inoculación con micorrizas sobre el porcentaje promedio de infección de las raíces, la producción total de materia seca, y el contenido de P en la parte aérea y las raíces de ocho cultivares de yuca, cultivados en soluciones nutritivas fluentes

Concentra- ción de P en solu- ción- μ M	% infección raíces		M S total-g/planta		% P en parte aérea		% P en raíces	
	sin inoc	inoc	sin inoc	inoc	sin inoc	inoc	sin inoc	inoc
0.1	nil	30	2.24	2.15	0.71	0.87	0.94	1.39
1	nil	38	3.72	5.55	1.68	2.14	1.22	4.01
10	nil	nil	9.94	9.04	3.51	3.39	3.68	4.12
100	nil	nil	9.10	8.48	4.94	4.57	5.95	5.03

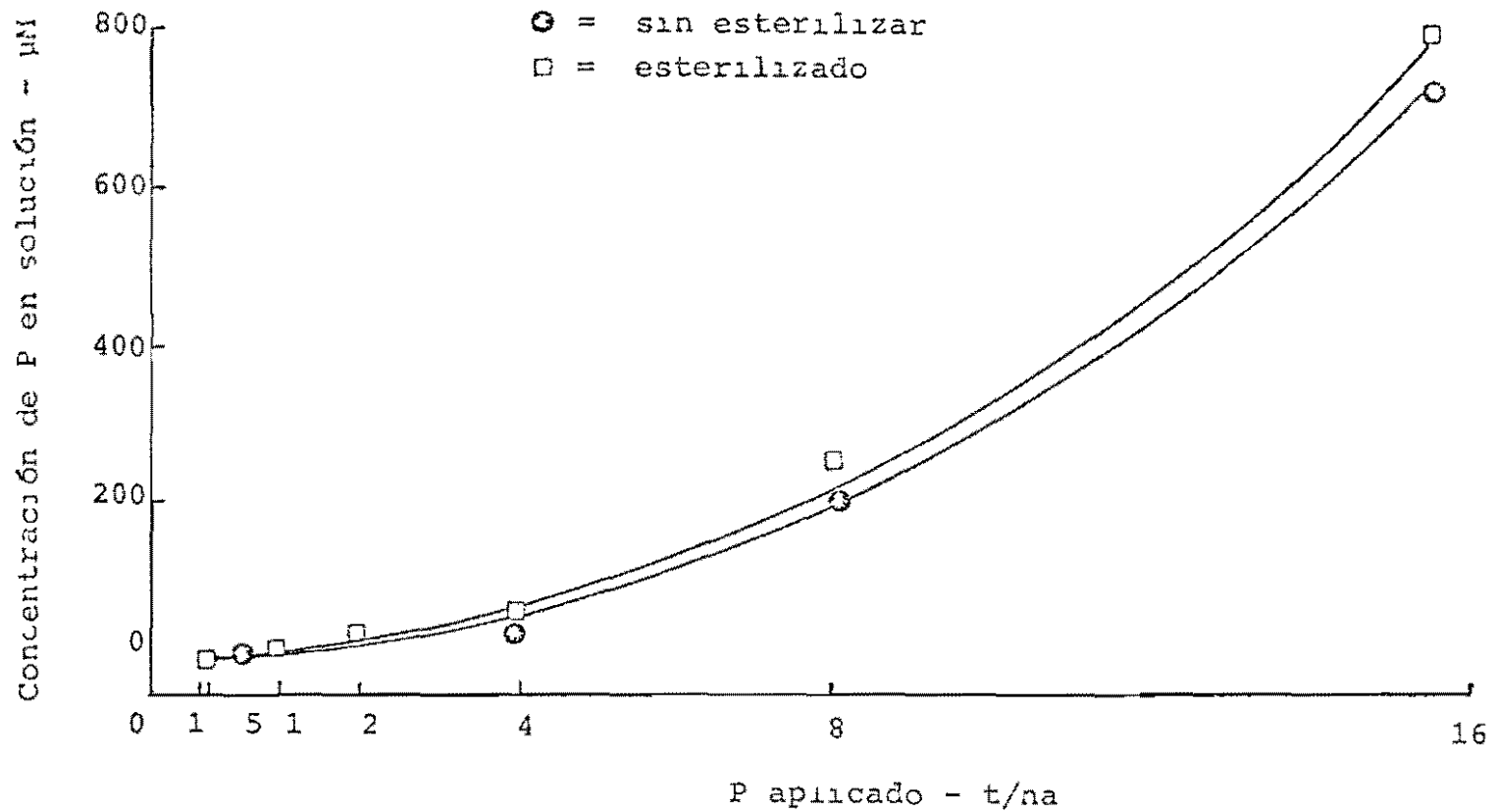


FIGURA 1 El efecto de varios niveles de P aplicados y la esterilización del suelo con bromuro de metilo sobre la concentración de P en la solución del suelo a capacidad de campo

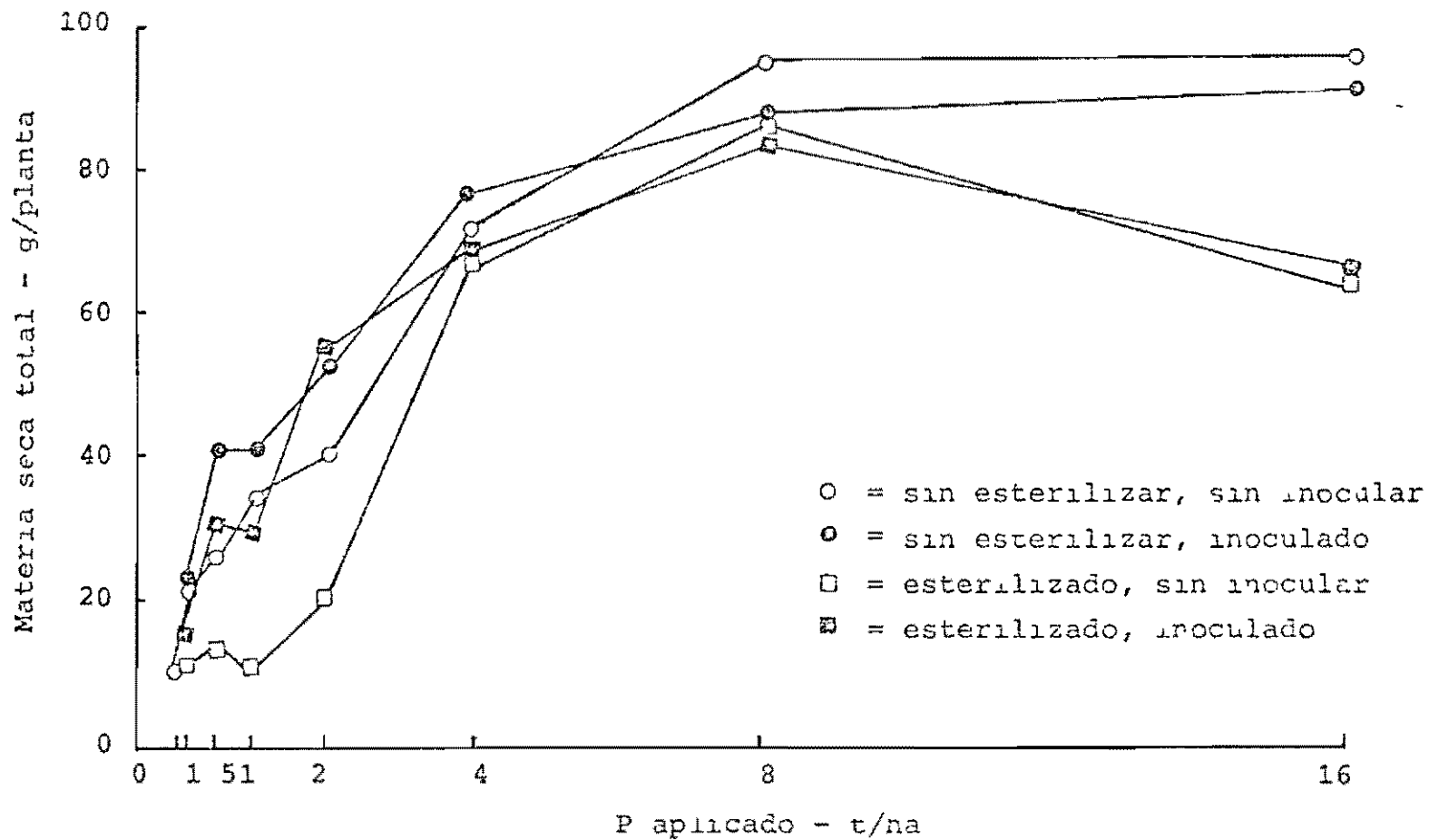


FIGURA 2 El efecto de la esterilización del suelo, la inoculación con micorrizas y la aplicación de varios niveles de P sobre la producción de materia seca de yuca, cv M Aus 10 cultivados durante dos meses en un Oxisol

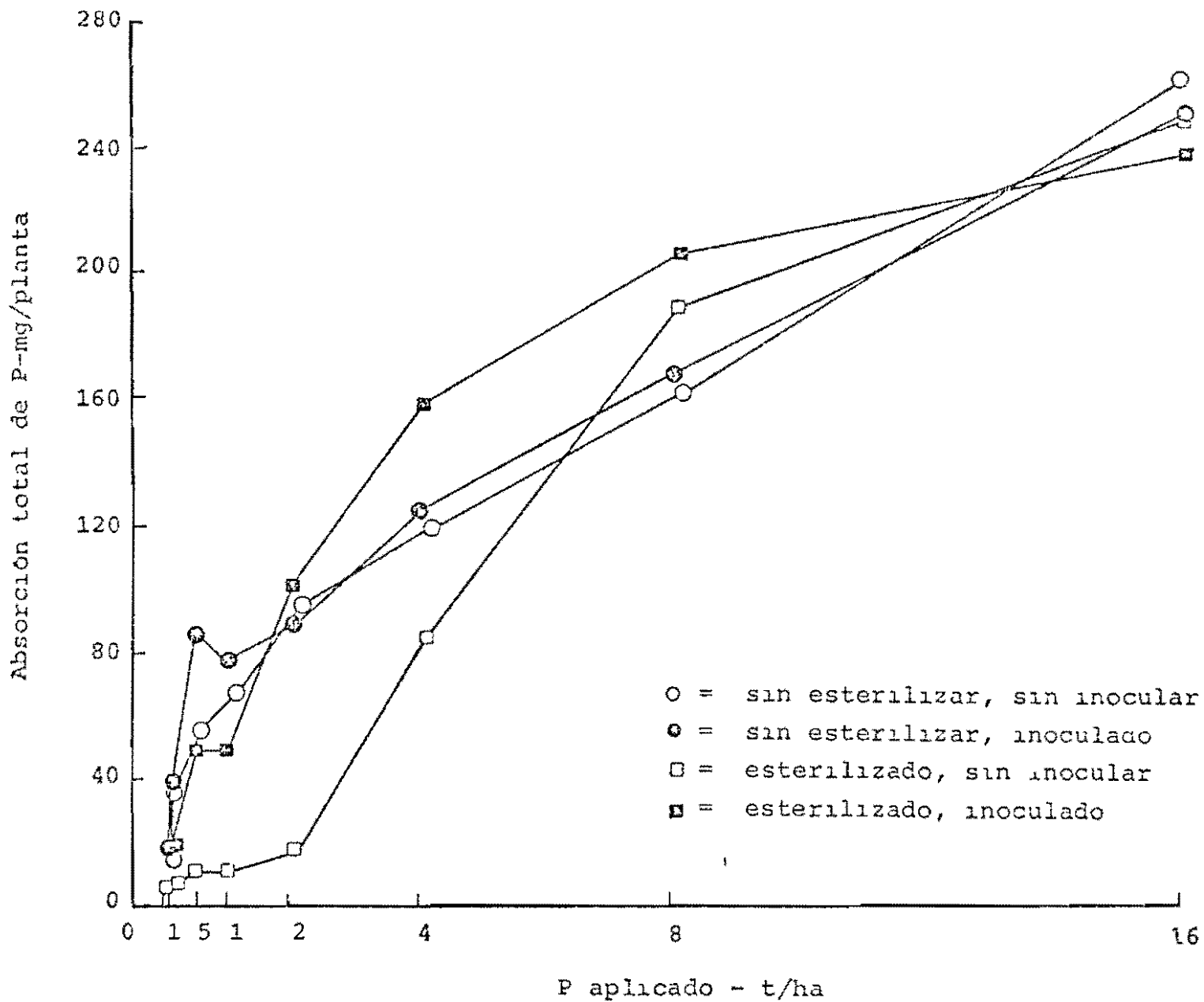


FIGURA 3 El efecto de la esterilización del suelo, la inoculación con micorrizas y la aplicación de varios niveles de P sobre la absorción total de P por Yuca, cv M Aus 10 cultivados durante dos meses en un Oxisol