

Determinación de la fertilidad de un suelo laterítico mediante la utilización de una planta índice

L. A. BARBERIS, L. A. BERASATEGUI, F. WILKEN Y M. R. WEIL ¹

(Recibido : 17 de julio, 1970)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la provisión de macronutrientes de un suelo laterítico rojo de la localidad de Garruchos (provincia de Corrientes), mediante el empleo de una planta índice. Simultáneamente se trató de comprobar la correspondencia de los resultados con el análisis químico del suelo y la variación de la composición del tejido vegetal ante la adición de nutrientes.

En una primera etapa se usó el método del elemento faltante en macetas, con tomate como planta índice. Los resultados de este ensayo mostraron que los tratamientos testigo y menos fósforo son menores en forma muy significativa (0,01 %), siendo sus valores de peso seco con respecto al tratamiento completo del 1,3 % y 1,5 % respectivamente. La marcada deficiencia, indicada por el método biológico se vió confirmada por los bajos valores de fósforo asimilable obtenidos en el análisis químico. El tratamiento menos nitrógeno, produjo un 65 % en relación al completo con una significancia del 0,1 %. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos completo, menos potasio, menos calcio y menos magnesio.

Una vez establecido el elemento deficitario se utilizó el método de la fertilización aditiva en macetas con 5 dosis de fósforo. La dosis óptima fue de 82 kg/ha, ya que por encima de esa cantidad los aumentos de rendimiento no tuvieron significancia estadística. El análisis del vegetal evidencia una correlación positiva entre el fósforo aplicado al suelo y el fósforo absorbido por la planta índice.

SUMMARY

The macronutrient provision of a lateritic red soil of Garruchos (Province of Corrientes) was determined using an index plant. The results were compared with these from chemical analysis and with the variation in the plant tissue composition when nutrients were added.

In a first stage, the method of the lacking element in flowerspots with tomatoes as index plant, was used. In this trial the results from the control soil and from soils treated without phosphorus are significantly low (0,01 %), with values of dry weight of 1,3 % and 1,5 %, respectively with regard to the complete treatment. The marked deficiency pointed out by the biological method is confirmed by the low values of assimilable phosphorus as obtained with the chemical analysis. The treatment without nitrogen produced 65 % with regard to the complete one, with a significance in the range of 0,1 %. There were no significant differences among the complete treatment, treatment without potassium, without calcium or without magnesium.

¹ Profesor adjunto y Ayudante de primera del Departamento de Biología, orientación Edafología, Facultad de Agronomía y Veterinaria, asesor del CREA Concordia-Chajarí y Ayudante honorario de la Cátedra de Química Agrícola de la misma facultad respectivamente.

When the deficient element was detected, the method of additive fertilization in pots was used with 5 doses of phosphorus. The best dose was 82 kg/ha, because over this quantity the increase of yields was not statistically significant. The plant analysis shows a positive correlation between phosphorus applied to soil and phosphorus absorbed by the index plant.

INTRODUCCION

La evaluación de la dotación de nutrientes de un suelo por medio de ensayos biológicos está ampliamente difundida, utilizando como indicadores bacterias, hongos, algas o vegetales superiores (FRIED y BROESHART, 1967; MALAVOLTA, 1967). En este trabajo se efectúa el estudio de la provisión de macronutrientes de un suelo laterítico mediante el empleo de una planta índice, el tomate, especie ya utilizada en numerosas experiencias (MARTINI, 1968; FASSBENDER y otros, 1968; MORILLO y FASSBENDER, 1968).

En un primera etapa se empleó el tomate para la realización de un ensayo en macetas por fertilización sustractiva, también conocida como técnica del elemento faltante, a fin de diagnosticar cuál o cuáles eran los nutrientes que se comportaban como más limitantes del rendimiento (Ley del mínimo de Liebig).

Una vez establecido cualitativamente el elemento más deficitario se hizo un segundo ensayo en macetas de fertilización aditiva para medir la respuesta a la aplicación de ese nutriente y establecer dosis óptima de abono en estas condiciones de cultivo. La respuesta de la planta índice se valoró a través de la producción de materia seca y la absorción por parte de la planta del nutriente agregado.

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES EMPLEADOS

Suelos. Se utilizaron suelos lateríticos rojos de la localidad de Garruchos, al noreste de la provincia de Corrientes, cercano al límite con la provincia de Misiones. De acuerdo con los datos de la estación climatológica cercana de Santo Tomé (Servicio Meteorológico Nacional, 1958, 1962) es una región con una temperatura media anual de 20,3° C, teniendo el trimestre más caliente una media de 26,1° y el trimestre más frío una media de 15,3° C. Su régimen pluviométrico se caracteriza por una

precipitación anual de 1.530 mm, preferentemente distribuidas de primavera a otoño.

En esta zona se inicia la región de suelos laterizados que incluye, en la Argentina, a la mayor parte de Misiones y norte de Corrientes, prolongándose en Brasil. Se trata de suelos caracterizados por la acumulación de óxido férrico rojizo y óxido de aluminio e intensamente desbasificados. Debido a la falta de estudios básicos sobre la sistemática de los suelos de esta región no se discute su clasificación dentro del grupo de suelos laterizados, u Oxisoles dentro de la 7ª aproximación americana.

En el capítulo referente a los resultados analíticos de los suelos se podrá apreciar lo relativo a sus características físicas, físico-químicas y bioquímicas.

Para los ensayos en maceta se utilizaron muestras de los primeros 20 cm del horizonte A que se extendía hasta los 25 cm de profundidad y que era seguido por un horizonte B con acumulación de material fino, a través de un límite gradual.

Cabe observar que las muestras para el ensayo sustractivo y aditivo no fueron extraídas de la misma calicata sino en zig-zag, en dos lugares que se encontraban a una distancia de 1.400 metros aproximadamente, en diferente posición topográfica. Esto se debió a que el ensayo aditivo se efectuó con un suelo donde se inició un ensayo de campo cuyos resultados se malograron por inconvenientes del cultivo empleado. Sin embargo, la similitud morfológica de los suelos permite considerar al ensayo aditivo como una continuación del ensayo sustractivo, con las reservas que las diferencias analíticas determinan.

Las muestras de suelo fueron tamizadas por malla de 5 mm previo secado al aire. La cantidad agregada por recipiente fue de 3 kg.

Recipientes. Para la elección de éstos y otros materiales empleados en la experiencia se siguieron las normas generales que utiliza el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA detallados por MARTINI (1968) y basadas en la infor-

mación suministrada y recopilada por HEWITT (1966).

Se utilizaron envases cilíndricos de hojalata de una capacidad aproximada de 2,5 litros y con un diámetro de 16 cm, que fueron recubiertos interiormente con pintura asfáltica. Para permitir el desagüe se practicaron orificios de 5 mm de diámetro en el fondo de los mismos y para evitar la pérdida de suelo se ocluyó con una capa de 1 cm de material grueso inerte (perlita).

El agua o solución sobrante se recogía en platos de vidrio colocados debajo de los recipientes y luego se incorporaba por la parte superior para evitar la pérdida de nutrientes. En este caso en particular debido a las características de los suelos las pérdidas fueron insignificantes.

Fuente de nutrientes y dosis de aplicación. En todos los casos se emplearon como fuente de nutrientes reactivos químicos de pureza pro análisis según las dosis siguientes:

a) *Ensayo sustractivo*

Nutriente	Fuente	Dosis (expresada como elemento)
Nitrógeno	NO ₃ NH ₄	200 kg/ha
Fósforo	PO ₄ HNa ₂ . 12 H ₂ O	500 »
Potasio	ClK	200 »
Calcio	CO ₃ Ca	500 »
Magnesio	CO ₃ Mg	300 »
Azufre	SO ₄ Na ₂	100 »
Cobre	SO ₄ Cu . 5 H ₂ O	10 »
Cinc	Cl ₂ Zn	20 »
Manganeso	Cl ₂ Mn . 4 H ₂ O	40 »
Hierro	Fe(C ₆ H ₅ O ₇) . 3 H ₂ O	50 »
Molibdeno	MoO ₄ Na ₂ . 2 H ₂ O	10 »
Boro	B ₄ O ₇ Na ₂ . 10 H ₂ O	10 »

Las cantidades a agregar se calcularon considerando que el peso de la capa arable es de 2.000.000 de kg, valor que se obtiene tomando una profundidad de 15 cm y 1,33 g/cm³ como densidad aparente del suelo. De esta forma cada maceta representa 1,5 x 10⁻⁶ hectárea.

b) *Ensayo aditivo.* Se hicieron distintos tratamientos con fósforo como nutriente.

Tratamiento	Fuente	Dosis	
		(kg/ha de P ₂ O ₅)	(kg/ha de P)
Testigo .	—	—	—
I	PO ₄ HNa ₂ . 12 H ₂ O	41	17
II	»	82	34,1
III	»	123	51,2
IV	»	164	68,3
V	»	205	85,4

MÉTODOS BIOLÓGICOS

En primer lugar se utilizó el método de fertilización sustractiva en macetas, partiendo de una solución completa a la que se sustrae un nutriente o grupo de ellos en cada tratamiento. En esta forma se coloca al suelo en condiciones de altos niveles de dotación de todos los elementos, con excepción del nutriente en estudio; de allí que en los casos de deficiencias, éstas se encuentran exaltadas.

Este método es particularmente útil en los casos en que no se tiene información previa sobre las condiciones de fertilidad química de un suelo y se quieren determinar en forma cualitativa sus deficiencias.

Los tratamientos utilizados fueron:

- 1) Testigo.
- 2) Suelo más solución completa menos fósforo.
- 3) Suelo más solución completa menos nitrógeno.
- 4) Suelo más solución completa menos potasio.
- 5) Suelo más solución completa menos calcio.
- 6) Suelo más solución completa menos magnesio.
- 7) Suelo más solución completa.

En la segunda parte del trabajo se empleó el método de fertilización aditiva en macetas, sobre la base del añadido de cantidades crecientes del nutriente que resultó más deficitario cualitativamente. Los tratamientos incluyeron testigo y cinco dosis crecientes de fósforo a intervalo constante.

Planta índice. Se utilizó una planta anual, el tomate (*Lycopersicon sculentum* var. *platense*), por las ventajas que representa su empleo, tales como poseer un fotoperíodo indeterminado, crecer bien bajo condiciones de invernadero, poseer una fuerte demanda nutricional, tener un ciclo vegetativo corto, sus síntomas de deficiencia y toxicidad a los diversos nutrientes son bien conocidos, se enferma relativamente poco, requiere un riego mode-

rado y tiene un sistema radical extenso y fibroso que se distribuye con relativa uniformidad en la maceta (HEWITT, 1966; MARTINI, 1968).

Siembra. En ambos ensayos la siembra se realizó sobre 2,9 kg de suelo previamente regado hasta capacidad de campo y fertilizado. Se sembraron 20 semillas por maceta. Se cubrieron las semillas con 100 gramos de suelo que tomaron humedad inmediatamente por ascenso capilar. Durante los primeros días, hasta la germinación, se colocó un paño húmedo cubriendo las macetas para evitar la desecación de la superficie. Posteriormente mediante raleos se dejaron 9 plantas por recipiente.

Forma de aplicación de nutrientes. Los macronutrientes fueron agregados antes de la siembra en forma de solución cuando se llevó al suelo por primera vez a capacidad de campo. Se logró así una distribución más homogénea en todo el volumen del suelo.

En el ensayo sustractivo los micronutrientes fueron incorporados en forma conjunta como aplicación foliar a los 55 y 65 días después de la siembra.

Riegos. Los riegos se efectuaron con agua destilada y con periodicidad variable procurando que el suelo no se desecara por debajo del 75 % de su humedad equivalente. El control de humedad se hizo por pesadas siguiendo el siguiente esquema:

Tierra seca al aire.....	3,000 kg
Maceta más perlita	0,350 »
Humedad equivalente.....	1,100 »
Peso final.....	4,450 »

Diseño experimental. Para los dos ensayos se empleó un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, rotando las macetas cada 15 días. El invernáculo donde se llevó a cabo el experimento estaba construido en su totalidad con polietileno.

Cosecha y pesada. El corte de las plantas se realizó a 1 cm del nivel del suelo. Se secaron en estufa a 70-80° C y luego se pesaron con aproximación de 10 mg.

Cronología de las experiencias

a) Ensayo sustractivo

- 18-5-68 Se riega y aplican soluciones de macroelementos.
- 21-5-68 Se siembra.

- 3-6-68 Se observa germinación pareja.
- 21-6-68 Primer raleo a 10 plantas.
- 1-8-68 Segundo raleo a 9 plantas.
- 14-7-68 Se fotografían todos los tratamientos con sus repeticiones.
- 17-7-68 Primera aplicación foliar de microelementos.
- 26-7-68 Segunda aplicación foliar de microelementos.
- 9-8-69 Se fotografían todos los tratamientos con sus repeticiones y se efectúa la cosecha del material.

b) Ensayo aditivo

- 10-10-68 Se riega y aplican soluciones de fosfato.
- 22 10-68 Se siembra.
- 28-10-68 Se observa germinación pareja.
- 5-11-68 Primer raleo a 9 plantas.
- 28-11-69 Se fotografían los tratamientos con sus repeticiones y se efectúa la cosecha del material.

En ambos casos se practicaron observaciones periódicas de síntomas de deficiencias y estado general de las plantas.

Análisis del suelo

A continuación se detallan las distintas técnicas empleadas en el análisis. La referencia íntegra de las mismas se encuentra en MIZUNO *et al.* (1963).

Determinaciones físicas

- Análisis mecánico: método de la pipeta.
- Humedad equivalente: método de Bouyoucos.

Determinaciones físico-químicas

- pH: método potenciométrico; relación suelo/agua = 1/2,5.
- Capacidad de intercambio catiónico: método de Mehlich (Cl₂Ba, TEA). Método de acetato de amonio.

Determinaciones químicas

- Materia orgánica: método volumétrico de Walkley y Black, con indicador ácido n-fenil antranílico.
- Nitrógeno: método de Kjeldahl-Yoldbauer, recolección sobre ácido bórico.

Aluminio y hierro extractable; extracción con solución de cloruro de potasio 1 N pH 5 en relación 1 : 10 con agitación de 15 minutos.

Aluminio soluble: extracción con agua destilada en igual relación y tiempo (CONTI DE MARTÍNEZ, 1970).

Determinación de aluminio: método colorimétrico con aluminón.

Determinación de hierro: método colorimétrico con orthofenantrolina e hidroxilamina (BLACK, 1965).

Nutrientes asimilables: extracción con acetato de amonio normal a pH 7. Calcio y magnesio: complejometría con EDTA. Potasio y sodio: fotometría de llama.

Fósforo asimilable: método de Kurtz y Bray N° 1.

Análisis de la planta índice

En el ensayo aditivo se analizó el contenido de fósforo en parte aérea de las plantas índices correspondientes a los distintos tratamientos por el método del vanado molibdicó (BECKER, 1961).

Análisis estadístico

Las diferencias de los tratamientos se estudiaron por el método de variancia y su significancia por el test de Tuckey (SOLA, 1965).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis del suelo

Las diferencias que se advierten entre los resultados analíticos de las dos muestras de suelo son lo suficientemente aproximadas como para permitir hacer un comentario único, sin cometer mayores errores.

Por su composición mecánica estos suelos están incluidos en el grupo textural arcilloso (USDA, 1951). Su valor de humedad equivalente (37 %) y de capacidad de cambio (16 me/100 g) son bajos en relación a la cantidad de arcilla, pero este hecho es característico del material arcilloso de los suelos lateríticos (sesquióxidos de hierro y aluminio).

Su relación es fuertemente ácida (pH 4,6-4,9)

CUADRO 1. — Resultados analíticos de los suelos

Determinación analítica	Ensayo sustractivo	Ensayo aditivo	
Análisis mecánico %/o {	arcilla.....	65	52
	limo.....	12	22
	arena.....	23	26
Humedad equivalente %/o...	37,3	37,0	
Capacidad de intercambio catiónico me/100 g.....	16,0 (Mehlich)	15,4 (acetato amonio)	
	16,5 (acetato amonio)		
Carbono orgánico %/o.....	2,5	1,8	
Nitrógeno total %/o.....	0,20	0,14	
Relación carbono/nitrógeno..	12,5	12,8	
pH.....	4,9	4,6	
Aluminio {	extractable.....	—	5,0
	ppm { soluble.....	—	3,2
Hierro extractable ppm.....	—	4,8	
Potasio intercambiable mg/100 g.....	13,8	13,8	
Sodio intercambiable mg/100 g.....	7,3	11,4	
Calcio intercambiable mg/100 g.....	61,6	48,0	
Magnesio intercambiable mg/100 g.....	30,6	21,0	
Fósforo asimilable mg/100..	0,105	0,300	

denotando una marcada desbasificación, pudiendo estimarse el valor V de Hissink por cálculo en un 35 %. Los valores de aluminio extractable (5 ppm) están por debajo del límite tóxico de 27 ppm fijado por ABRUÑA *et al.* (1964).

Los contenidos de carbono y nitrógeno se encuentran en cifras medias, con diferencias entre los dos suelos como consecuencia de una distinta ubicación topográfica. Su relación carbono/nitrógeno, de aproximadamente 12, es equilibrada.

Entre los nutrientes asimilables se destacan los bajos valores hallados para fósforo disponible (0,1-0,3 mg/100 g) que según JACKSON (1964) los incluye en el rango de muy pobres en fósforo, utilizando la extracción de Kurtz y Bray N° 1.

Dentro de la dotación de cationes asimilables la relación potasio/magnesio estrecha de 0,45 a 0,65 se aleja del nivel 0,8 considerado como óptimo (MULDER, 1950). Esta desviación se debe a la alta cantidad presente de magnesio, superior a 1 me/100 g, cifra que se toma como máxima para suelos lateríticos (MOHR y VAN BAREN, 1954). Desde este punto de vista se puede afirmar que estos suelos

tienen deficiencia relativa de potasio inducida por un elevado tenor de magnesio.

Observando la relación tripartita calcio + magnesio/potasio sus valores (5-6,7) se aproximan más al óptimo de 7,3 (BEAR, 1945) al compensar los bajos valores de calcio los elevados de magnesio.

El contenido de sodio carece de mayor significación en ambos suelos.

MÉTODO BIOLÓGICO

a) *Ensayo sustractivo*

En el cuadro 2 se presentan las tablas de resultados de peso seco y de diferencias entre tratamientos. También se adjunta el estudio de la variancia y las medidas de error.

CUADRO 2. — *Resultados del ensayo sustractivo*

Tabla de resultados de peso seco (expresados en g por maceta)

	Test.	-P	-N	-K	-Ca	-Mg	Compl.
I.....	0,05	0,07	3,22	4,78	4,94	4,75	6,17
II.....	0,05	0,08	2,60	4,69	5,23	5,96	5,13
III.....	0,04	0,07	3,21	3,99	6,15	5,78	3,29
IV.....	0,12	0,05	2,99	3,30	4,53	5,13	3,82
SX.....	0,26	0,27	12,02	16,76	20,85	21,62	18,41
\bar{X}	0,06	0,07	3,00	4,19	5,21	5,40	4,60
\bar{X} %.....	1,30	1,52	65	91	114	117	100

C. V. = 19,4 % Error = 9,7 %.

Tabla de diferencias

	T.	-P	-N	-K	-Ca	-Mg	Compl.
T.....	—	0	×××	×××	×××	×××	×××
-P.....	0,01	—	×××	×××	×××	×××	×××
-N.....	2,94	2,93	—	0	×××	×××	×
-K.....	4,13	4,12	1,19	—	0	0	0
-Ca.....	5,15	5,14	2,21	1,02	—	0	0
-Mg.....	5,34	5,33	2,40	1,21	0,19	—	0
Compl.....	4,34	4,53	1,60	0,41	0,61	0,80	—

Significancia	Dif. mínima entre \bar{X}	Signo
0,01	2,02	×××
0,05	1,68	××
0,1	1,52	×
Nula	Menor	0

Las observaciones visuales de los síntomas de deficiencias mostraron que las plantas correspondientes al tratamiento testigo y menos fósforo presentaban un desarrollo muy pobre, envés de hoja púrpura y en algunos casos muerte de ejemplares.

El análisis estadístico indicó que las variables testigo y menos fósforo eran significativamente inferiores a las restantes. La significancia excede ampliamente el límite de 0,01 %, siendo la producción de materia seca de dichos tratamientos del 1,3 y 1,5 % respectivamente, en relación con la solución completa (fig. 1 a, b).

En lo que se refiere al tratamiento menos nitrógeno, hubo algunos significativamente menores (testigo y menos fósforo) y otros que lo superaron significativamente, ya sea al 0,01 % (menos calcio y menos magnesio) o al 0,1 % (completo), y final-



Fig. 1. — Distintos estados del ensayo según las indicaciones de tratamientos efectuados.

- a*, Ensayo sustractivo. Comparación entre el tratamiento completo (izquierda) y las cuatro repeticiones del testigo (T); *b*, Ensayo sustractivo. Comparación entre el tratamiento completo (izquierda) y las cuatro repeticiones del tratamiento sin fósforo; *c*, Ensayo sustractivo. Comparación entre el tratamiento completo (izquierda) y las cuatro repeticiones del tratamiento sin nitrógeno; *d*, Ensayo sustractivo. Comparación entre el tratamiento completo (izquierda) y las cuatro repeticiones del tratamiento sin potasio; *e*, Ensayo aditivo. Comparación entre los tratamientos 0, 1, 2, 3, 4 y 5 de dosis crecientes de fósforo. (De izquierda a derecha); *f*, Ensayo aditivo. Comparación entre la dosis máxima de fósforo (205 kg/ha P_2O_5) y las cuatro repeticiones del testigo (0); *g*, Ensayo aditivo. Comparación entre el testigo (0), las cuatro repeticiones del tratamiento 1 (41 kg/ha de P_2O_5) y la dosis máxima de fósforo (tratamiento 5 de 205 kg/ha P_2O_5); *h*, Ensayo aditivo. Comparación entre el testigo (0), las cuatro repeticiones del tratamiento 2 (82 kg/ha de P_2O_5) y la dosis máxima de fósforo (tratamiento 5 de 205 kg/ha P_2O_5).

mente, uno que no presentó diferencias significativas (menos potasio). (fig. 1 c y d).

El tratamiento completo mostró diferencias absolutas con respecto a -potasio, -calcio, -magnesio, pero éstas en ningún caso adquirieron significancia estadística.

Los resultados de la experiencia fueron claros para los tratamientos testigo y -fósforo; en el caso del nitrógeno se nota cierta deficiencia y en los restantes tratamientos no se pueden deducir conclusiones con valor significativo. Ello podría deberse

al elevado coeficiente de variabilidad que presenta el ensayo, posiblemente como resultado de la utilización de un diseño experimental que no se ajusta estrictamente a las condiciones en que se llevaron a cabo las experiencias.

b) Ensayo aditivo

A continuación se presentan (cuadro 3) los resultados del ensayo aditivo tratados estadísticamente.

CUADRO 3. — Resultados del ensayo aditivo

Expresados en peso seco (g/maceta)

	Testigo	41	82	123	164	205 (kg/ha P ₂ O ₅)
\bar{X}	1,21	7,16	9,50	8,86	9,09	9,98
\bar{X} %	12	72	95	89	91	100

C. V. = 13,2 % Error = 6,6 %.

Tablas de diferencias

	Testigo	41	82	123	164	205 (kg/ha P ₂ O ₅)
T	—	× × ×	× × ×	× × ×	× × ×	× × ×
41	5,95	—	× ×	0	0	× × ×
82	8,29	2,34	—	0	0	0
123	7,65	1,70	0,64	—	0	0
164	7,88	1,93	0,31	0,13	—	0
205	8,77	2,82	0,48	1,12	0,89	—

P. 0,01 : 2,82 = × × × ; P. 0,05 : 2,27 = × × ; Nula = 0.

Visualmente se diferenciaba muy bien el desarrollo del testigo con respecto a los demás tratamientos y estadísticamente:

1. El testigo fue significativamente menor a los demás tratamientos (fig. 1 f).
2. El tratamiento correspondiente a 41 kg de P₂O₅ fue significativamente menor al correspondiente a 82 kg de P₂O₅ (al 0,05), y al correspondiente a 205 kg de P₂O₅ (al 0,01) (fig. 1 g).
3. El tratamiento de 82 kg de P₂O₅ fue significativamente mayor al testigo y significativamente mayor al de 41 kg de P₂O₅ (fig. 1 h).

4. Entre los tratamientos correspondientes a 82, 123, 164 y 205 kg de P₂O₅ no hubo diferencias significativas.

5. Los rendimientos de materia seca con relación a los agregados de fósforo guardan una relación de tipo logarítmico siguiendo aproximadamente la tendencia de la ley de rendimientos no proporcionales tal como se ilustra en las figuras 1 c y 2.

De estos resultados se deduce que no sería conveniente fertilizar con una dosis mayor de 82 kg/ha de P₂O₅, puesto que sobre ese nivel los incremen-

CUADRO 4. — Resultados del análisis de la planta índice

	Dosis aplicada			Rendimiento		Fósforo en planta		
	P ₂ O ₅ kg/ha	P kg/ha	P mg/100 g	g mat. seca por pote	N° índice	P g/100 g	N° índice	P mg/pote
Testigo ...	—	—	—	1,21	12	0,209	54	2,52
I.....	41	17	0,85	7,16	72	0,281	73	20,1
II.....	82	34,1	1,7	9,50	95	0,312	81	29,6
III.....	123	51,2	2,55	8,86	89	0,344	89	30,4
IV.....	164	68,3	3,40	9,09	91	0,375	97	34,0
V.....	205	85,4	4,25	9,98	100	0,385	100	38,4

tos de la producción son mínimos o nulos, pero esto requeriría una verificación en experiencia de campo.

Análisis de la planta índice

En el ensayo aditivo se analizó el tenor de fósforo de las plantas en los distintos tratamientos. Los datos obtenidos se transcriben en el cuadro 4.

Se puede observar la alta correspondencia que existe entre dosis de fósforo aplicada y concentración de fósforo obtenido en el tejido de las plantas índice. Al representar gráficamente esta relación se advierte una tendencia rectilínea, que tien-

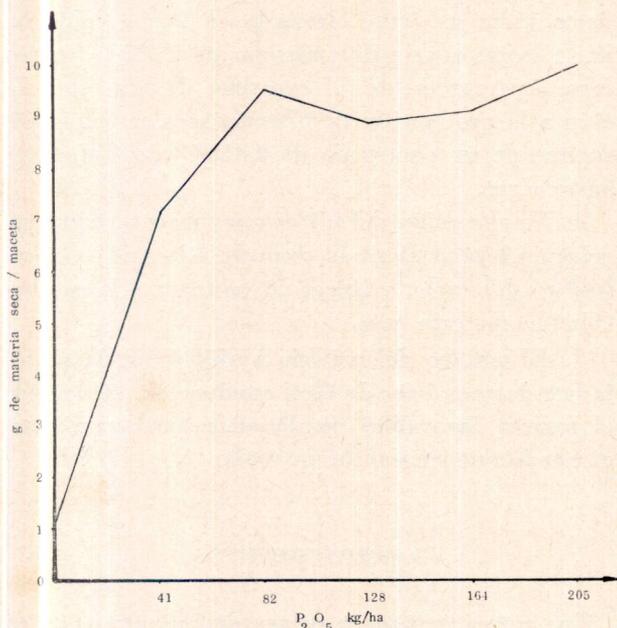


Fig. 2. — Relación entre rendimiento de materia seca por maceta y agregados de fósforo

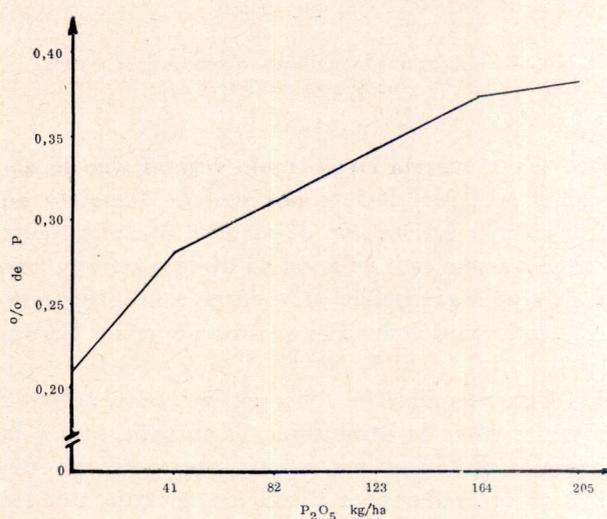


Fig. 3. — Relación entre concentración de fósforo en parte aérea y agregados de fósforo

de a horizontalizarse en la dosis máxima de fósforo (fig. 3). Se aprecia claramente la diferencia de este gráfico al compararlo con el obtenido al relacionar el rendimiento de materia seca y dosis de fósforo. El contenido de fósforo de la parte aérea aumenta constantemente con el agregado de fósforo, hecho que no ocurre con el rendimiento en materia seca, que no ofrece aumentos significativos por encima de una dosis de 82 kg/ha de P₂O₅. A partir de ese punto el mayor contenido de fósforo en el tejido no se traduce en un aumento del rendimiento de materia seca, entrando aparentemente, y para esta función de producción, en un consumo de lujo.

Otro tipo de relación se puede discutir al considerar los resultados de absorción de fósforo por maceta en función de la aplicación de fósforo al suelo. En este caso no interesa la concentración de

CONCLUSIONES

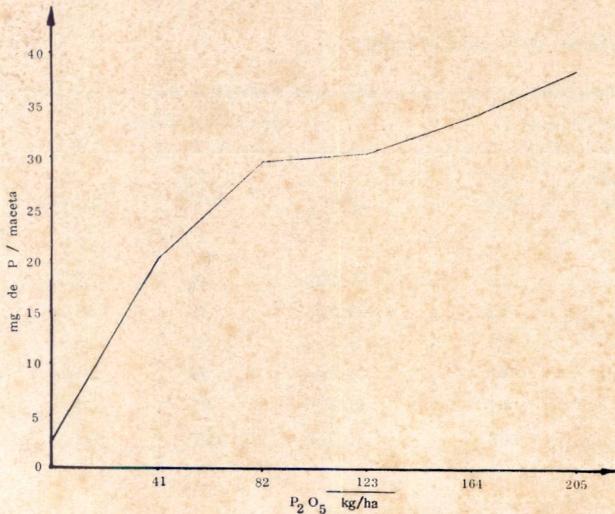


Fig. 4. — Relación entre fósforo absorbido por maceta y agregados de fósforo

fósforo por maceta en el tejido vegetal sino la absorción total del fósforo por maceta, tomando así en cuenta la producción de materia seca. La figura 4 muestra que esta relación se traduce en una curva de tipo logarítmico, de tendencia no proporcional, fácilmente deducible al superponer las figuras 2 y 3.

Finalmente, se debe tener en cuenta la relación existente entre la producción de materia seca y la absorción de fósforo por maceta, que sigue una función aproximadamente lineal, de acuerdo con los datos obtenidos por FASSBENDER y otros (1968) (fig. 5).

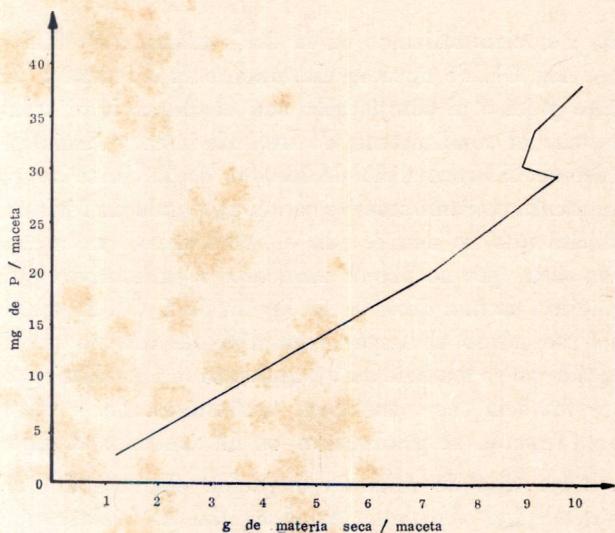


Fig. 5. — Relación entre fósforo absorbido por maceta y producción de materia seca

1. La aplicación del método sustractivo en macetas, usando como planta índice el tomate permitió diagnosticar cualitativamente que el macronutriente en máxima deficiencia en los suelos lateríticos de Garruchos (provincia de Corrientes) es el fósforo, con un rendimiento de materia seca del 1,5 % en relación al tratamiento completo (significativo al 0,01 %). En segundo lugar se encuentra el nitrógeno, cuya deficiencia se traduce en una reducción del rendimiento que sólo está en el rango de significancia del 0,1 %. Por este método no se revelan deficiencias significativas de potasio, calcio y magnesio.

2. Los resultados del ensayo sustractivo guardan una estrecha correspondencia con los datos del análisis químico de fósforo, ya que el contenido en este nutriente por el método de Kurtz y Bray N° 1 se encuentra en el rango de muy pobremente provisto. En cambio a través de los resultados del ensayo biológico no se evidenció respuesta significativa a la aplicación de potasio, pese a que el análisis químico hacía suponer una deficiencia relativa de este nutriente, provocada por un elevado contenido de magnesio.

3. En el experimento aditivo se comprobó que no hay respuesta de significancia estadística con agregados superiores a 82 kg/ha de P₂O₅. Sin embargo, el contenido de fósforo en el tejido vegetal de la parte aérea se siguió elevando en forma continua, hasta llegar a un valor máximo de 0,385 % de fósforo. Aparentemente, el consumo de lujo en relación a la producción de materia seca se inicia por encima de un contenido de 0,312 % de fósforo en parte aérea.

4. La absorción del fósforo por maceta sigue una relación logarítmica con respecto a la aplicación de fósforo del suelo, y lineal en relación a la producción de materia seca.

5. El empleo del método biológico de la planta índice demostró ser de fácil conducción, ofreciendo el tomate favorables condiciones para manifestar el estado nutricional de un suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las autoridades y personal del Instituto Juan O'Hall, a la técnica estadística del INTA, Srta. VIOLETA SON-

VICO, como así también a la LIEBIG'S EXTRACT OF MEAT CO. por la valiosa colaboración prestada.

BIBLIOGRAFIA

- ABRUÑA, F. et al. 1961. *Effects of liming on yields and composition on heavily fertilized grasses and on soil properties under humid tropical conditions*. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 28 (5): 657-661.
- BEAR, F. et al. 1945. *Potassium needs of New Jersey soils*. Bull. New Jers. agric. Exp. Stn. 721.
- BECKER, M. 1961. *Análisis y valoración de piensos y forrajes*. Acribia, 209 pp. Zaragoza.
- BLACK, C. et al. 1965. *Methods of soil analysis*. Part 2. Wisconsin. Am. Soc. of Agronomy, 1572 p.
- CONTI DE MARTÍNEZ, M. 1970. *Comunicación personal*.
- FASSBENDER, H. et al. 1968. *Estudio del fósforo en suelos de América Central*. Turrialba 18 (4): 333-347.
- FRIED, M. and BROKSHART, H. 1967. *The soil-plant system*. New York. Ac. Press, 358 p.
- HEWITT, E. 1966. *Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition*. Tech. Com. 22. Kent, Commonwealth Agric. Bureaux. 535 p.
- JACKSON, M. 1964. *Análisis químico de suelos*. Barcelona. Omega, 662 p.
- MALAVOLTA, E. 1967. *Manual de química agrícola*. São Paulo. Ceres, 606 p.
- MARTINI, J. 1969. *Algunas notas sobre la investigación en invernaderos. Curso de Fertilidad de suelos*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, 20 p. (mimeogr.).
- MIZUNO, I. et al. 1968. *Guía de trabajos prácticos de Edafología*. Buenos Aires. Facultad de Agronomía y Veterinaria, 124 p.
- MOHR, E. and VAN BAREN, F. 1954. *Tropical soils*. New York. Interscience, 498 p.
- MORILLO, M. y FASSBENDER, H. 1968. *Formas y disponibilidad de los fosfatos de los suelos de la cuenca baja del río Choluteca, Honduras*. Turrialba 18 (1): 26-33.
- MULDER, D. 1950. *Magnesium deficiency in fruit trees on sandy soils and clay soils in Holland*. Pl. Soil 2: 145-157.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1958. *Estadísticas climatológicas*. Buenos Aires.
- 1962. *Estadísticas climatológicas*. Buenos Aires.
- SOLA, E. 1965. *Guía práctica para la planificación, análisis e interpretación de los diseños experimentales más comunes*. Paraná. Estación Experimental agropecuaria, serie didáctica N° 1.
- U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1951. *Soil survey manual*. Washington. Handbook 18, 503 p.

