

Retención de Fosfatos en Andepts de Costa Rica. II. Respuesta a la Fertilización Fosfórica¹

J. Canessa*, F. Sancho*, A. Alvarado*

ABSTRACT

Under greenhouse conditions, the response of 15 soils to phosphorus fertilization was studied. The soils were classified as Andepts, belonging to the great groups Vitrandepts, Dystrandeps and Hydrandepts, all located in the Central Volcanic Mountain Range of Costa Rica. For the trial, five levels of phosphate were added at the rates of 0, 200, 400, 600 and 800 ug P ml⁻¹. Sorghum (*Sorghum vulgare* var. SX 17) was used as indicator plant. Treatments effects were evaluated through the yield in dry-matter weight and the element content of the foliage. Dry-matter yield correlated negatively and significantly with %P retained, pH in NaF and % active Al. With an increased retention of phosphates, the absolute increments of dry matter decreased due to the lesser availability of the nutrient in the soil solution. On the contrary, with an increased retention of phosphates, the relative increment of dry matter increased, showing that the addition of the first levels of phosphorus at least duplicated the relative yield in the three great groups of soils. Further additions produced relative increments of lesser magnitude in Vitrandepts, intermediate increments in Dystrandeps, with a maximum in Hydrandepts.

In order to obtain 80% of relative yield, it was necessary to apply 205, 286 and 512 ug P ml⁻¹ on Vitrandepts, Dystrandeps and Hydrandepts respectively. Moreover, the reduction of dry-matter production by 20% allowed saving of fertilizers by 60.1% in Vitrandepts, 59.3% in Dystrandeps and 33.5% in Hydrandepts.

The foliage contents showed a close relationship with the classification of the soils; the range of sufficient phosphorus (0.15 - 0.20% P in foliage) was reached with doses of 190 to 305 ug P ml⁻¹ in Vitrandepts, 384 to 524 ug P ml⁻¹ in Dystrandeps and, in the case of the Hydrandepts, the critical level was not reached, even with the maximum dose used.

INTRODUCCION

El conocimiento de las características químicas del suelo ayuda a lograr una fertilización adecuada de los cultivos, contribuye a elevar la eficiencia agrícola del país en forma integral y facilita los planes de manejo regional transferencia de tecnología.

Recibido para publicación el 4 de junio de 1986

¹ Este trabajo constituye parte de la tesis de Licenciatura en Fitotecnia, presentada por el primer autor a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

* Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica

COMPENDIO

Se estudió, bajo condiciones de invernadero, la respuesta a la fertilización fosfórica de 15 suelos clasificados como Andepts, pertenecientes a los grandes grupos: Vitrandepts, Dystrandeps e Hydrandepts, todos ubicados en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. Para el ensayo, se adicionaron cinco niveles de fosfato, a razón de 0, 200, 400, 600 y 800 ug P ml⁻¹ y se utilizó sorgo (*Sorghum vulgare* var. SX-17) como planta indicadora. Los efectos de los tratamientos se evaluaron a través del rendimiento en peso de materia seca y el contenido foliar del elemento.

El rendimiento de materia seca correlacionó en forma negativa y significativa con el %P-retenido, pH en NaF y %Al-activo. Se observó que, al aumentar la retención de fosfatos, los incrementos absolutos de materia seca disminuyeron debido a la menor disponibilidad del elemento en la solución del suelo. Por el contrario, al aumentar la retención de fosfatos aumentó el incremento relativo de materia seca, determinándose que la adición de los primeros niveles de fósforo, por lo menos, duplicaron el rendimiento relativo en los tres grandes grupos de suelos. Adiciones posteriores produjeron incrementos relativos de menor magnitud en Vitrandepts, intermedios en Dystrandeps y máximos en Hydrandepts.

Para obtener un 80% de rendimiento relativo se requirió aplicar 205, 286 y 512 ug P ml⁻¹ para Vitrandepts, Dystrandeps e Hydrandepts, respectivamente. Además, la reducción de la producción de materia seca en un 20% indujo a la economía de fertilizantes en un 60.1% en Vitrandepts, 59.3% en Dystrandeps y 33.5% en Hydrandepts. Los contenidos foliares mostraron estrecha relación con la clasificación de los suelos; el ámbito de suficiencia propuesto (0.15-0.20 %P foliar) se alcanzó con dosis de 190 a 305 ug P ml⁻¹ en Vitrandepts, 385 a 524 ug P ml⁻¹ en Dystrandeps y en el caso de los Hydrandepts ni aún con la dosis máxima utilizada se alcanzó el nivel crítico.

La clasificación detallada de los suelos tiene gran valor en la estimación y evaluación de los problemas nutricionales ya que uno de los propósitos claves de la clasificación es establecer modelos de predicción de la respuesta de los cultivos.

Beckwith (2) y Fox (10), basándose en la estimación de la retención de fosfatos mediante la técnica de isotermas de adsorción, proponen una relación de factores capacidad/intensidad que considera un nivel de 0.2 ug P ml⁻¹ en la solución del suelo como adecuada para el crecimiento de las plantas.

Fox (10), estudió la capacidad de retención de fosfatos en suelos de Costa Rica y encontró valores

de 10, 425, 1900 y 2500 ug P ml⁻¹ para alcanzar el nivel de 0.2 ug P ml⁻¹ en solución, para depósitos frescos de ceniza, **Umbric Vitrandept**, **Typic Dystrandept** y **Oxic Dystrandept**. El mismo autor (9), en suelos de Hawaii, requirió 80, 250 y 1650 ug P ml⁻¹ para obtener un óptimo crecimiento del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en suelos clasificados como **Typic Vitrandept**, **Typic Dystrandept** y **Typic Hydrandept**, respectivamente. Sánchez y Uehara (15), encontraron que un suelo clasificado como **Typic Hydrandept** requirió más de 2800 ug P ml⁻¹ para alcanzar el valor propuesto de 0.2 ug P ml⁻¹ en solución.

Bertsch *et al* (3) aplicaron dosis de 0, 1 y 2 veces la cantidad de P requerida para extraer del suelo 36 ug P ml⁻¹ con la solución Olsen modificada y encontraron que la adición de la primera dosis de P, cuando menos, duplicó el rendimiento en todos los suelos. Además, los suelos que respondieron significativamente a la doble dosis de P fueron aquellos con retenciones de fosfato mayores del 93% y éstos requirieron adiciones superiores a 500 ug P ml⁻¹ para obtener una extracción óptima.

El presente estudio tuvo como objetivos establecer la relación entre el fósforo retenido, el pH medido en NaF, el aluminio activo y la producción de materia seca utilizando una planta indicadora, bajo condiciones de invernadero. Además, estudiar las relaciones clasificación: fertilidad para **Andepts** de Costa Rica.

MATERIALES Y METODOS

Se tomaron muestras superficiales de 15 suelos de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica que fueron clasificados como **Vitrandepts**, **Hydrandeps** y **Dystrandeps**. La ubicación geográfica y la caracterización edáfica de los suelos estudiados fueron descritas en un artículo anterior (5).

Se realizó una prueba biológica con todos los suelos la cual consistió en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones para cada suelo y cinco niveles de aplicación de fosfatos, a razón de 0, 200, 400, 600 y 800 ug P ml⁻¹. Se utilizó H₃PO₄ 85% (D = 1.71 g cm³) como fuente de fósforo.

En cada uno de los suelos se aplicó una base de fertilización con K, Ca, Mg, Sn, Cu, S y B, la cual se determinó con base en curvas de sorción y la metodología sugerida por Díaz-Romeu y Hunter (6).

Las soluciones nutritivas se adicionaron una semana antes de la siembra, con excepción del Ca y el Mg, los cuales se agregaron tres meses antes, para lograr así el efecto deseado.

La unidad experimental consistió en potes de plástico con capacidad para 250 ml, en los que se sembraron ocho plantas de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* var SX-17). El riego se aplicó por capilaridad y el ensayo se mantuvo libre de plagas y enfermedades.

Las plantas se cosecharon a los 45 días y se secaron por 48 horas a 70°C, determinándose el rendimiento como peso seco de la parte aérea. También, se determinó el contenido foliar de fósforo mediante oxidación húmeda con una mezcla de ácido nítrico y perclórico en proporción 5:1. El fósforo se analizó por medio del método colorimétrico de azul de molibdeno (6).

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento en función del fósforo retenido, pH en NaF y aluminio activo

Se obtuvieron correlaciones negativas y significativas entre la producción de materia seca y el fósforo retenido, el pH en NaF y el aluminio activo (Figs, 1, 2 y 3). Estas últimas variables muestran correlaciones significativas entre sí, las cuales han sido demostradas por Alvarado (1).

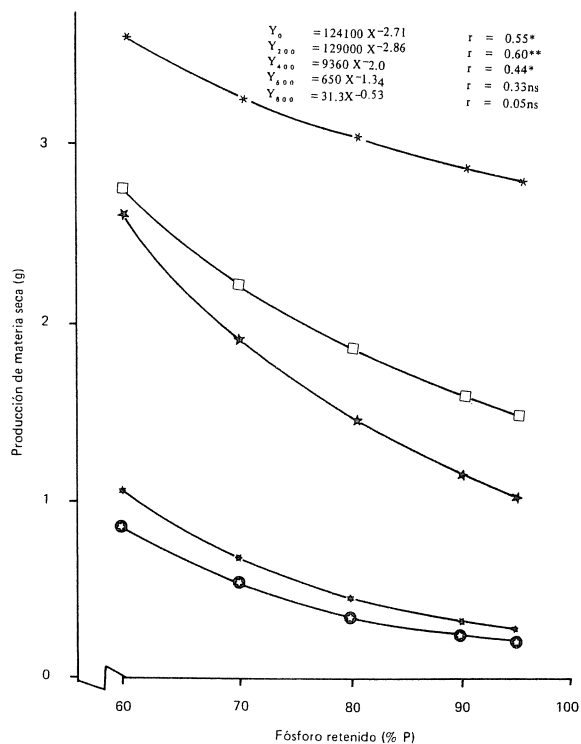


Fig. 1. Fósforo retenido y producción de materia seca para cinco niveles de aplicación de fosfatos en suelos volcánicos (n = 15).

Cuando se aplicaron dosis superiores a los 600 ug P ml^{-1} no se encontró una correlación significativa con la retención de fosfatos u otros parámetros evaluados. Con tales niveles de aplicación de fosfato, el sorgo se desarrolló adecuadamente no importando la magnitud de las variables en discusión.

A fin de ilustrar las diferencias entre los grandes grupos se estimó el rendimiento de materia seca para valores de retención de fosfatos de 70%, 80% y 90%. Estos valores coinciden con los promedios de retención de fosfatos para cada uno de los grandes grupos de suelos. Se calculó el incremento absoluto de materia seca entre las diferentes dosis y el tratamiento cero, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Incremento absoluto de materia seca (g/maceta) debido a la aplicación de P en suelos volcánicos.

Nivel P ugPm1-1	Fósforo retenido (%)		
	70	80	90
0	0.54	0.36	0.26
0 - 200	0.14	0.11	0.07
0 - 400	1.36	1.10	0.89
0 - 600	1.69	1.52	1.34
0 - 800	2.75	2.70	2.62

Al aumentar el porcentaje de retención de fosfatos, el incremento absoluto para cada uno de los niveles de P aplicado fue menor; estos resultados coinciden con lo encontrado por Bornemisza y Fassbender (4) quienes obtuvieron una correlación negativa y significativa entre el aumento de cosecha debido a la aplicación de P y el porcentaje de retención de fosfatos. La disminución del rendimiento absoluto conforme aumenta la retención de fosfatos es producto de una disminución en la concentración de fósforo disponible en la solución del suelo (5). Por el contrario, cuando se consideró el incremento relativo en la producción de materia seca, los mayores incrementos se obtuvieron en la medida en que la retención de fosfatos aumentó (Cuadro 2). La menor capacidad de retención de fosfatos y el enriquecimiento de la solución del suelo con dosis bajas de fósforo explica la disminución en la respuesta relativa de los suelos de baja retención. En suelos de alta retención de fosfatos la mayor respuesta relativa para cada uno de los niveles se explica por el bajo contenido inicial de P y su alta capacidad de retención.

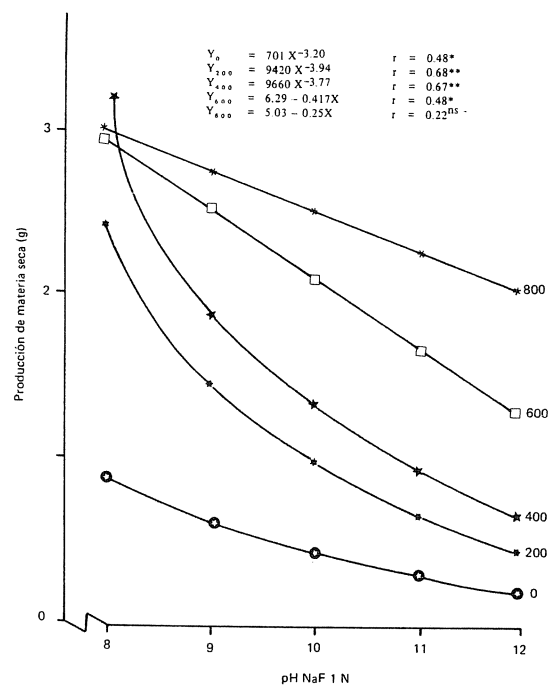


Fig. 2. pH en NaF y producción de materia seca para cinco niveles de aplicación de fosfatos en suelos volcánicos.

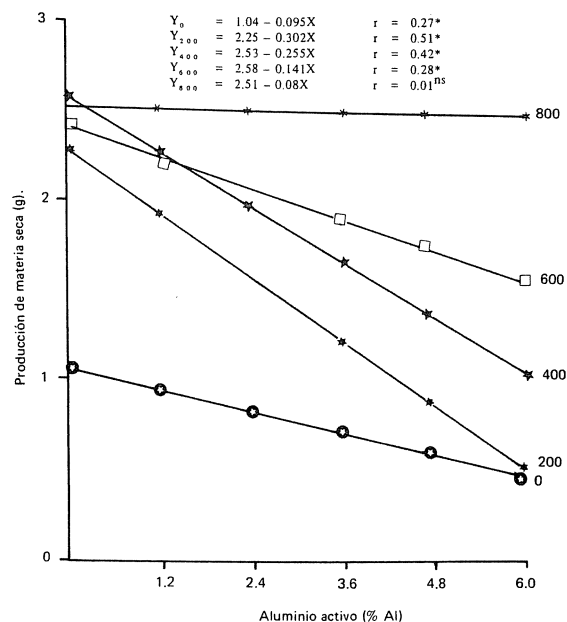


Fig. 3. Aluminio activo y producción de materia seca para cinco niveles de aplicación de fosfatos en suelos volcánicos.

Cuadro 2. Incrementos relativos (%) entre niveles de aplicación de fosfatos en suelos volcánicos con diferente capacidad de retención⁺⁺.

Nivel P ugPm l-1	Fósforo retenido (%)		
	70	80	90
0 - 200	26.0	30.5	26.9
200 - 400	179.0	210.0	248.5
400 - 600	17.4	28.8	39.1
600 - 800	47.5	62.8	80.0

⁺⁺ El incremento entre niveles se obtiene:
(Niv. Sup. - Niv. Inf. x 100)/Niv. Inf.

La adición de los primeros niveles de P duplicó el rendimiento con respecto al nivel anterior para cualquiera de los tres grandes grupos de suelos. Las adiciones posteriores produjeron incrementos relativos de menor magnitud en **Vitrandepts**, intermedios en **Dystrandepts** y máximos en **Hydrandepts**.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Bertsch *et al* (3), quien demostró que los suelos que respondieron significativamente al fósforo fueron aquellos con retenciones de fosfatos más altas.

Respuesta a la aplicación de P en los Tres Grandes Grupos

Los modelos de regresión de la Fig. 4 muestran la estrecha relación entre la clasificación de los suelos y la respuesta de éstos. Los **Hydrandepts** presentaron un comportamiento de tipo lineal; ni aún con la dosis máxima de fósforo aplicado se logró alcanzar el máximo rendimiento. La alta retención de fosfatos ($\bar{x}=92\%$) y su bajo contenido inicial de P (12 ug P ml^{-1}) explican este comportamiento el cual coincide con lo encontrado en otras investigaciones (9,10,15).

Los **Vitrandepts** y los **Dystrandepts** presentaron modelos de comportamiento similares; sin embargo, los **Vitrandepts** requirieron dosis de fósforo más bajas que los segundos para alcanzar máximos rendimientos.

Los **Vitrandepts** presentaron menores capacidades de retención de fosfatos ($\bar{x}=72\%$) y mayores contenidos de P-inicial ($45.5 \text{ ug P ml}^{-1}$) en comparación a los **Dystrandepts**; sin embargo, sus rendimientos absolutos fueron menores, y este comportamiento, que no coincide con lo encontrado en la literatura (10), se

debe a que, en el gran grupo de los **Vitrandepts**, se incluyeron varios suelos afectados fuertemente por cenizas muy recientes (<20 años), de tal forma que no ha pasado tiempo suficiente para desarrollar una capacidad adecuada de intercambio de cationes. Al respecto, Bertsch *et al* (3) encontraron que el pH y la cantidad de bases constituyen en un índice práctico de la fertilidad potencial del suelo y determinan las capacidades de crecimiento de las plantas. Considerando este criterio se observa que los **Dystrandepts** utilizados en el estudio presentaron una sumatoria de bases considerablemente mayor ($7.2 \text{ cmol (+)l}^{-1}$) que en el caso de los **Vitrandepts** ($3.35 \text{ cmol (+)l}^{-1}$), lo cual puede explicar las diferencias de rendimiento encontradas. Además, pueden haber intervenido otras propiedades de orden físico-químico-biológico que no fueron controladas pero que intervienen en el rendimiento.

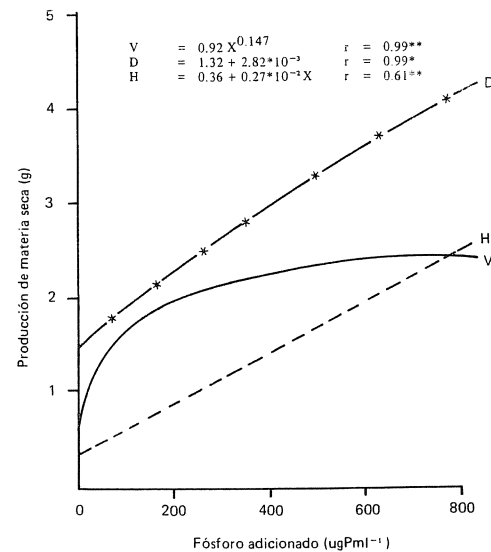


Fig. 4. Fósforo adicionado y producción de materia seca bajo condiciones de invernadero en tres grandes grupos de suelos volcánicos de Costa Rica. (V = Vitrandepts, D = Dystrandepts, H = Hydrandepts).

Rendimiento relativo y aplicación de fosfatos

Para estudiar el comportamiento de la producción de materia seca en relación al fósforo aplicado se consideraron tres valores de rendimiento relativo al óptimo, correspondiente al 100%, 80% y 70%. Las cantidades de fósforo requeridas para alcanzar dichos rendimientos se muestran en el Cuadro 3.

El valor de 100% representa el óptimo obtenido por maximización de la función de regresión: el segundo valor se estimó como 80% y fue sugerido por el autor como un rendimiento adecuado y el tercer

Cuadro 3. Cantidades de P requeridas para obtener rendimientos relativos al tratamiento óptimo correspondientes al 100, 80 y 70% de rendimiento.

Suelo	Rendimientos relativos		
	100%	80% (μgPml^{-1})	70%
Vitrandepts			
02	655	290	220
03	690	195	115
04	566	270	200
10	0	0	0
13	660	270	200
\bar{X}	514	205	107
Dystrandepts			
05	800	400	260
08	560	110	60
11	550	170	100
12	800	500	370
14	800	250	50
\bar{X}	702	286	168
Hydrandepts			
01	800	650	440
06	800	580	500
07	800	640	550
09	800	540	360
15	650	150	100
\bar{X}	770	512	390

valor lo sugiere Schenkel (14) para experimentos de invernadero indicando que índices de rendimiento menores sugieren problemas de asimilación del elemento evaluado.

Para obtener un 80% de rendimiento relativo se requirió aplicar 205, 286 y 512 $\mu\text{g P ml}^{-1}$ para **Vitrandepts**, **Dystrandepts** e **Hydrandepts**, respectivamente; esa misma tendencia se observó para los otros índices sugeridos de rendimiento relativo.

Al calcular el ahorro de fertilizante que se obtiene cuando la producción se disminuyó en un 20%, se observó que el máximo ahorro se obtuvo en los **Vitrandepts** (60.1%) y en los **Dystrandepts** (59.3%), mientras que en los **Hydrandepts** el fertilizante ahorrado correspondió a un 33.5%; se observaron tendencias similares cuando la reducción fue del 30% (Cuadro 3). Los anteriores resultados coinciden con lo descrito por Fassbender y Muller (7), quienes encontraron que

los suelos volcánicos, ni aún con la dosis máxima de fósforo adicionado ($350 \mu\text{g P ml}^{-1}$), alcanzaron el máximo rendimiento en tanto que suelos aluviales, con esa dosis, alcanzaron la producción máxima posible.

Contenidos foliares

Con el objeto de establecer comparaciones entre grandes grupos de suelos, se utilizó un ámbito de variación de los contenidos foliares del elemento entre 0.15% y 0.20% como aquel que corresponde al nivel crítico de fósforo en sorgo (11). En las regresiones de la Fig. 5 se puede observar que las plantas desarrolladas sobre suelos sin aplicación de fósforo presentaron contenidos inferiores al nivel crítico, lo cual enfatiza el serio problema del fósforo en suelos volcánicos.

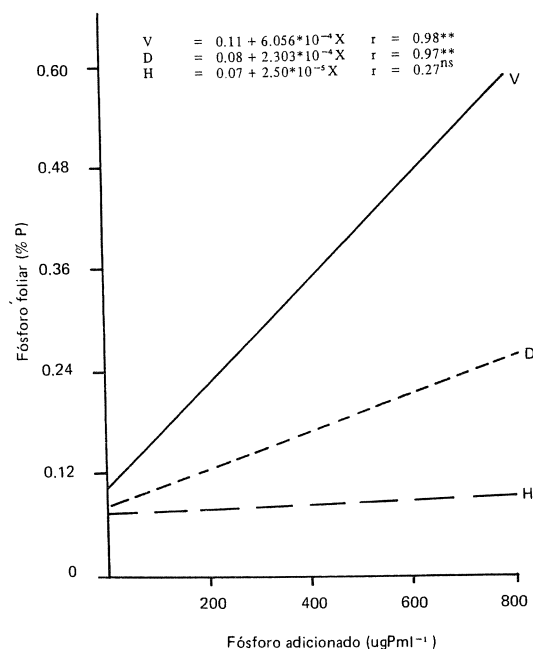


Fig. 5. Fósforo adicionado y contenido foliar de fósforo en sorgo bajo condiciones de invernadero en tres grandes grupos de suelos volcánicos.

Se observó que, al aumentar la capacidad de retención de fosfatos y disminuir los contenidos de fósforo inicial en el suelo, el contenido foliar disminuyó y consecuentemente las cantidades de fósforo requeridas para llegar al ámbito adecuado fueron mayores; éstas se muestran en el Cuadro 4.

Los mayores contenidos de fósforo foliar se obtuvieron en los **Vitrandepts** y las cantidades de fósforo necesario para alcanzar el ámbito de suficiencia fluctuó entre 190 y 305 $\mu\text{g P ml}^{-1}$; la baja retención de fosfatos permitió un enriquecimiento de la solución

del suelo favoreciendo que este elemento quedara disponible para la planta (7).

En los suelos **Dystrandeps** se requirió de dosis entre 385 y 524 ug P ml⁻¹ para alcanzar el ámbito de suficiencia sugerido.

Cuadro 4. Cantidades de P requerido (ug/ml) para obtener en el sorgo niveles de P foliar de 0.15% y 0.20%.

Suelo	% P Foliar	
	0.15	0.20
Vitrandep		
	ug/ml	
2	190	270
3	105	185
4	285	370
10	0	0
13	370	700
\bar{X}	190	305
Dystrandep		
5	+800	+800
8	370	570
11	220	370
12	350	540
14	185	340
\bar{X}	385	524
Hydrandep		
1	+800	+800
6	+800	+800
7	+800	+800
9	+800	+800
15	+800	+800
\bar{X}	+800	+800

Los **Hydrandeps** presentaron serios problemas de deficiencia del elemento ya que ni aún con la dosis más alta de fósforo utilizada, se logró el nivel de suficiencia dentro de la planta. Esto se explica por el hecho de que en suelos con alta capacidad de retención de fosfatos, la velocidad de restitución del fósforo a la solución del suelo no es lo suficientemente alta como para satisfacer las necesidades de absorción por parte de la planta (8). Además, la predominancia de aluminio activo en el complejo de cambio favoreció la formación de compuestos no asimilables para la planta reduciendo drásticamente su disponibilidad (12).

LITERATURA CITADA

- ALVARADO, A. 1982 Phosphate adsorption in **Andeps** from Guatemala and Costa Rica as related to other soil properties. Ph.D. Thesis, Raleigh, North Carolina State University 82 p.
- BECKWITH, R.S. 1980. Sorbed phosphate at standard supernatant concentration as an estimate of phosphorus needs of soils. In *The role of phosphorus in agriculture*. Ed by Sánchez, P y Uehara, G. Madison, WI, Soil Science of America. p 471-514
- BERISCH, F.; CORDERO, A.; ALVARADO, A. 1984. Fertilidad de **Typic Dystrandeps** de Costa Rica II Aniones (N-P-B-S-Mo), materia orgánica y textura. *Turrialba* 34(2):199-205
- BORNEMISZA, E.; FASSBENDER, H.W. 1970. Uptake of fertilizer phosphate from nine soils from the humid tropics. *Agrochimica* 15(2/3):259-268.
- CANESSA, J.; SANCHO, F.; ALVARADO, A. 1986. Retención de fosfatos en **Andeps** de Costa Rica. I Relaciones entre la retención de fosfatos, el pH en NaF y el aluminio activo. *Turrialba* 36(4):431-438
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978 Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelo y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. *Turrialba, Costa Rica, CATIE* 61 p.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A.; MULLER, L. 1969. Uso de enmiendas silicatadas en suelos altamente fijadores de fosfatos. II. Efecto de fertilizantes silicofosfatados. *Turrialba* 19(3):368-374.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A.; MULLER, L.; BALARDI, F. 1968. Estudio del fósforo en suelos de América Central II Formas y su relación con las plantas. *Turrialba* 18(4):333-347.
- FOX, R.L. 1974. Chemistry and management of soils dominated by amorphous colloids. *Soil and Crop Science Society Fla.* 33:112-119
- FOX, R.L. 1969. Fertilization of volcanic ash soils in Hawaii. In *Panel on soils derived from volcanic ash of Latin American*. *Turrialba Costa Rica, IICA*. C 6. p 1-13
- JONES, J.B. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In *Soil Testing and Plant Analysis*. Ed by Walesh, L.M y Beaton, J.D. Madison, WI, Soil Science Society of America. 359 p.
- KAMPRAITH, E.J. 1974. Chemical aspects and mineral forms of soil phosphorus in tropical regions. Department of Soil Science, School of Agriculture and Life Sciences, North Carolina State University, Raleigh, USA. 17 p.

- 13 SANCHEZ, P. 1981. Suelos del trópico; características y manejo. San José, Costa Rica, IICA. 660 p.
- 14 SCHENKEL, G. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas II. Diagramas de Fertilidad Turrialba 21(3):263-271.
- 15 SCHENKEL, G.; UEHARA, G. 1980. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In *The role of phosphorus in agriculture*. Ed. by Khasawsh, F.E.; SAMPLE, E.E. y KAMPRATH, E.J. Madison, WI, Soil Science Society of America. p. 471-514.

Notas y Comentarios

Superpastos con tendencias tropicales

A pesar de la caída de los precios del petróleo, la Comisión Económica Europea (CEE) está todavía tratando de asegurarse para el futuro con un programa de investigación no nuclear, que incluye trabajos de "energía de biomasa".

Steve Long y Marion Bingham, del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Essex, en Vivenhoe Park, Colchester, Inglaterra, han suministrado las técnicas para identificar tres buenos candidatos para un cultivo europeo suministrador de energía. Long y Bingham han identificado unas 200 especies de gramíneas que sintetizan tan eficientemente como las especies tropicales, y además pueden resistir inviernos severos. Una de estas especies crece en el noroeste de Canadá, las otras dos en Europa Occidental.

La mayor parte de las gramíneas tropicales sintetiza sus hidratos de carbono por la llamada ruta C4 (Cf. Turrialba, vol. 21, p. 4). Esta involucra rutas biosintéticas que difieren de aquellas de la ruta C3, común a virtualmente todas las plantas de las zonas templadas. Generalmente, la fotosíntesis C4 es vulnerable a las temperaturas invernales del norte de Europa. Las plantas C4 son un 40 por ciento más eficientes en convertir la luz del sol a material vegetal y requieren sólo la mitad del nitrógeno necesario para producir nuevo material vegetal que las plantas C3. La reducción en nitrógeno hace a las gramíneas C4 menos apropiadas como alimento de animales en pastoreo, pero no afecta el valor de la biomasa como combustible.

Long y sus colegas han desarrollado una forma de medir la eficiencia fotosintética en el campo. Enfocan una luz fuerte a las hojas y miden las cantidades vueltas a emitir como fluorescencia. Esto les indica cuánta luz ha necesitado la planta para la fotosíntesis. En esta forma, Long identificó tres gramíneas altas y perennes, de larga vida, las que fotosintetizan por la vía

C4. Las gramíneas identificadas por Long son también naturalmente resistentes a herbicidas como el Atrazine, lo que simplificará el control de malezas si son usadas como cultivos energéticos.

Trabajando con otro grupo del Trinity College, de Dublin, el grupo de Long está ahora probando las supergramíneas en sembríos piloto en cuatro lugares, durante los próximos tres años. Dos de los lugares tienen buenos suelos. Los otros dos, en Irlanda, son tierras abandonadas donde no se pueden cultivar plantas corrientes. Si las supergramíneas se comportan bien, se seguirá con ensayos en gran escala.

El grupo de Long también suministra apoyo técnico para un programa internacional, financiado por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PANU, o UNEP en inglés). Este organismo funciona para estudiar la eficiencia de los pastizales tropicales para atrapar el dióxido de carbono del aire por la vía de la fotosíntesis.

Los primeros resultados de este programa son sorprendentes. Estimados anteriores sobre la productividad de los pastizales tropicales eran demasiado bajos debido a que los investigadores se concentraron en la cantidad de carbono asimilado para biomasa por los tallos y las hojas, e ignoraron el papel jugado por el sistema radicular. Las cifras verdaderas sobre la capacidad de las gramíneas para atrapar el dióxido de carbono están entre tres y diez veces más altas de lo que se creía anteriormente.

Los pastizales tropicales son el segundo ecosistema más grande de la Tierra, después de los bosques tropicales húmedos. Conforme los bosques húmedos se están talando rápidamente, parece probable que los pastizales tropicales serán pronto el mayor factor individual para reciclar el carbono de la atmósfera en material vegetal, y de aquí de vuelta a la atmósfera. Los científicos van a tener que modificar sus ecuaciones, que se supone que resumen el efecto de los ecosistemas en la atmósfera de este planeta. A.G.

Notas y Comentarios

Nuevas Publicaciones

The Scientist. Eugene Garfield, el hombre que puso a la computadora a trabajar en la diseminación de la información contenida en las publicaciones científicas primarias, y que ha publicado primero el **Science Citation Index**, esa novel idea de informar quién cita a quién y, poco después, el **Current Contents**, que disemina las tablas de contenido de las revistas primarias, ha tenido otra idea para servir a la intercomunicación, publicando un periódico, **The Scientist**, para los profesionales de la ciencia (El subtítulo de esta publicación es **The Newspaper for the Science Professional**)

De formato tabloide, **The Scientist** no trata de reemplazar las revistas científicas, sino enfocarse en asuntos claves y materias fuera del laboratorio que pueden afectar la conducción de la ciencia y a los científicos mismos, tales como la ética científica, cuestiones de políticas científicas de los gobiernos, y tópicos financieros que afectan la labor de las instituciones. Se propone servir de foro para los hombres de ciencia, con secciones de entrevistas, relatos de los momentos más importantes de los grandes descubrimientos. Los médicos, los abogados y otros grupos profesionales han tenido acceso a revistas gremiales; ahora, los científicos en actividad tendrán una publicación que los pondrá al tanto del acontecer cotidiano de sus colegas, sus opiniones propias y ajenas. Como dice Garfield en uno de sus primeros editoriales, el periódico representaría la faz humana de la ciencia.

Por ejemplo, ¿por qué tenemos que esperar la muerte de nuestros colegas, se pregunta Garfield, para celebrar los logros que han tenido en su vida? Entre científicos, su primera noticia biográfica es, con demasiada frecuencia, su obituario. Y aún la biografía, u obituario, no pueden sustituir los detalles personales y opiniones reveladoras que se encuentran en los relatos en primera persona producidos en entrevistas y autobiografías.

El número que nos ha llegado corresponde al volumen 1, número 3, fechado 3 de diciembre de 1986. Aparecerá quincenalmente, con 24 números al año.

Turrialba, a la que Garfield incluyó temprano entre las primeras revistas latinoamericanas analizadas por su Instituto, saluda la aparición de este útil y oportuno periódico y le desea que tenga el éxito que se merece. A.G.

La aleopatía, posible arma contra las malezas

Un nuevo vocablo ha surgido en el mundo de las ciencias agrícolas y uno lo está encontrando cada vez más frecuentemente en los índices de las grandes revistas de bibliografías y compendios (**Agricultural Bibliography**, **Biological Abstracts**, **Chemical Abstracts**). Se trata de la aleopatía, término acuñado por A. R. Putnam, profesor de Horticultura, de la Universidad del Estado de Michigan, en East Lansing, para designar al fenómeno de lo que se podría llamar guerra química entre plantas. En su lucha por espacio vital, muchas plantas emiten sustancias químicas que inhiben el crecimiento o propagación de plantas con las que comparten territorio. El término se deriva del griego *allelon* (uno y otro, recíprocamente) y *patheia* (sufrimiento, enfermedad).

En el simposio sobre agricultura en el siglo veintiuno, realizado en 1983 en Richmond, Virginia, cuyo informe final ha sido comentado en Turrialba, se pronosticó que en los Estados Unidos se verá el uso de residuos de cosecha y de mantillos artificiales (*mulches*), con propiedades alelopáticas, en las prácticas de preparación de tierras, modificadas teniendo en cuenta la conservación de los recursos naturales. Si se usa adecuadamente, podría reducir o eliminar la necesidad de herbicidas químicos y los peligros que ahora se están asociando con la resistencia a herbicidas. Los productos "aleloquímicos", herbicidas de la propia naturaleza, tendrían entonces prominencia.

Putnam está estudiando las plantas que tienen propiedades alelopáticas y los tipos de otras plantas que son eliminadas por su acción. Esto puede también tener importancia para determinar cuáles cultivos no se pueden asociar con otros, en sembríos múltiples. Esto está apareciendo gradualmente en la literatura primaria (**Chem. Eng. News**, vol. 61, p. 34; **Plant Physiol.** vol. 69, p. 1212; **Crop Sci.**, vol. 25, p. 561). Hasta ahora se han determinado las propiedades alelopáticas de varias plantas. Entre las hortalizas, tenemos los espárragos, el frijol, el pepino, la mostaza, la arveja, la papa y el tomate. Entre los cultivos extensivos, tenemos la cebada, el maíz, el centeno y el sorgo. Entre los frutales, se cuentan la manzana, el albaricoque, los cítricos y el melocotón. A.G.