

ESTUDIO DE LAS FORMAS DE ELIMINAR EL ATRASO DEL CRECIMIENTO EN LECHUGAS, CUANDO SE TRASPLANTAN EN EL INVERNADERO SOBRE SUELOS DE LA SIERRA TARASCA

Por Antonio Turrent¹

R. J. Laird²

Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

Sinopsis

Se describe el procedimiento seguido para determinar las formas y métodos de fertilización apropiados, para evitar el crecimiento retardado de las plantas en sus primeras fases de desarrollo, en suelos de la Meseta Tarasca: los suelos de esta meseta provienen de material volcánico y presentan un alto contenido de "aluminio extraíble". Se encontró que el retraso del crecimiento se debe a la baja concentración de fósforo aprovechable presente o a una combinación de esta condición y a la presencia de niveles fitotóxicos de sales de aluminio.

Por medio de aplicaciones fósforo se pudo eliminar el atraso del desarrollo de las plantas y éstas alcanzaron niveles de producción de materia seca, iguales o superiores a aquellos obtenidos en suelos sin problemas específicos.

Summary

It is described the method used in order to determine how to fertilize to avoid the plant delayed growing in the Meseta Tarasca soils. These soils have developed from volcanic material and contain a large amount of "available aluminum". It was found that the delayed growing of plants was due to the low level of phosphates in the soil or to a combination of fitotoxic aluminum salts concentrations and low phosphate levels. By adding phosphates to the soil, it was possible to avoid the plant growing delay and plants produced dry matter as much or even more than those grown in soils without specific problems.

Introducción y Revisión Bibliográfica.

En el Estado de Michoacán, en la denominada "Meseta Tarasca", se localiza una zona agrícola de una extensión bastante considerable. En esta zona se siembra principalmente maíz de temporal con la práctica de "año y vez", obteniéndose producciones unitarias bajas. Varios intentos para aumentar los rendimientos mediante el uso de fertilizantes no han dado resultados prometedores.

Estudios hechos por varios investigadores (4, 5, 6 y 7) muestran que estos suelos tienen un problema nutricional aún no esclarecido. Estos suelos son muy deficientes en fósforo y moderadamente ácidos, muestran contenidos altos de materia orgánica de relación carbono-nitrógeno alta y tienen niveles altos de "Aluminio Activo".

Cuando se han estudiado los suelos de la Meseta Tarasca en el invernadero usando a la Lechuga Romanita como cultivo indicador, se había encontrado que la curva de crecimiento (altura máxima vs tiempo) de esta planta es diferente

1 y 2 Domicilio actual: CIMMYT, Londres No. 40, México 6, D. F.

a la curva que se obtiene cuando se trasplanta sobre suelos sin problemas específicos. En este último caso la curva de crecimiento es fundamentalmente logarítmica con un período muy corto inmediatamente después del trasplante con muy baja producción de materia seca. A esta manera de desarrollarse hemos llamado "Curva de Crecimiento Normal" (Figura No. 1). En suelos de la Meseta Tarasca el período de baja producción de materia seca es mayor, dándole a la curva de crecimiento un aspecto marcadamente sigmoide; a esto hemos llamado "Curva de Crecimiento Anormal".

No se encuentran fácilmente antecedentes bibliográficos sobre lo que hemos definido como "Curva de Crecimiento Anormal" de la Lechuga Romanita. Los trabajos que tienen un cierto nexo con nuestro problema se refieren más bien a crecimientos raquíuticos de esa planta en presencia de niveles tóxicos, deficiencias o ciertas relaciones de elementos ligados de alguna forma al desarrollo vegetal, mas no hacen referencia a un crecimiento retrasado con recuperación posterior.

Varios trabajos señalan que el crecimiento raquíutico de la Lechuga Romanita en suelos ácidos puede deberse a una deficiencia de fósforo o a una combinación de esa deficiencia en la presencia de niveles tóxicos de sales de aluminio.

Ante la posibilidad de que exista alguna relación entre lo que causa el atraso del desarrollo de las lechugas Romanita cuando se trasplantan sobre los suelos de la Meseta Tarasca y el problema nutricional que se presenta en el campo, se planeó el presente trabajo con la idea de eliminar la etapa inicial en que no hay desarrollo apreciable. El tratamiento que lleve el suelo a una condición en que las lechugas crezcan normalmente, puede dar algún indicio sobre el problema nutricional que limita la fertilidad de estos suelos.

Figura No. 1.- Crecimientos acumulativos de lechuga romanita, en dos suelos

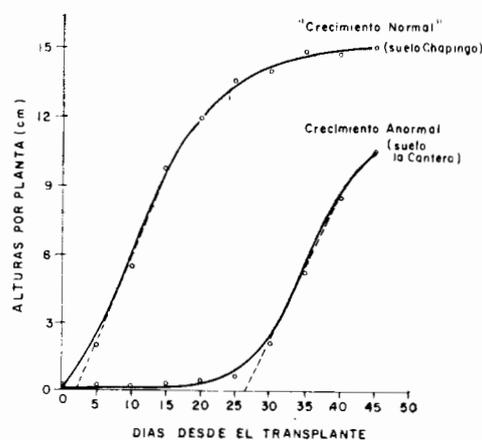
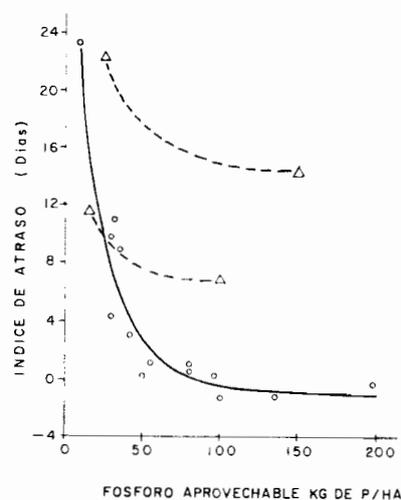


Figura No. 2.- Relación entre el contenido de Fósforo aprovechable y el índice de Atraso en los suelos estudiados en el experimento número 2



Δ Suelos de la Meseta Tarasca
 ○ Otros suelos considerados

Materiales y Métodos.

Los suelos de la Meseta Tarasca derivan de material volcánico; Aguilera (1) los clasifica dentro del orden Inceptisol, suborden Andeptico con grandes grupos Ochrandeptico, Umbrandeptico y Durandeptico.

Algunas de las características físicas y químicas de muestras tomadas en varias localidades dentro de la Meseta Tarasca aparecen en el Cuadro 1.

El presente estudio constó de 3 experimentos de invernadero, tendientes a eliminar el período inicial en que no se produce material verde.

Experimento 1.

Se trataba de comparar la "Curva de Crecimiento Anormal" con las curvas observadas en otros suelos deficientes en fósforo, para establecer si aquel tipo de crecimiento es una característica de los suelos de la Meseta Tarasca o deriva sólo de su deficiencia en fósforo. Con tal objeto se colectaron muestras de suelos en varias partes de la República. Algunas características de esos suelos se presentan en el Cuadro 2.

Como muestras de la Meseta Tarasca se consideraron los suelos San Gregorio y La Cantera. Se incluyó en este experimento y en los dos restantes una muestra de suelo de Chapingo, México, sobre el que las lechugas se desarrollan de acuerdo con una "Curva de Crecimiento Normal".

Los tratamientos correspondientes al experimento 1 se presentan en el Cuadro 3. Se usaron cuatro repeticiones, consistiendo cada unidad experimental en una maceta con 1.6 kg de suelo, sobre la que se trasplantó una lechuga. El nitrógeno y el potasio se aplicaron en solución en forma de nitrato de amonio y cloruro de potasio respectivamente, el fósforo en forma de superfosfato simple (18.5% P_2O_5) que se mezcló con el suelo inmediatamente antes de hacer el trasplante. Una semana después se muestrearon las macetas para las determinaciones de fósforo aprovechable.

Experimento 2.

El objetivo principal fue valorar el efecto de las aplicaciones de fósforo, cal, gallinaza e incubación sobre el desarrollo de la lechuga en el suelo La Cantera. Los tratamientos se presentan en el Cuadro 4.

Se usaron cinco repeticiones, destinándose una de ellas para fines de muestreo y análisis de la condición del suelo respecto a fósforo, aluminio, manganeso y fierro, una semana después del trasplante y al final del ciclo. Los análisis para fósforo se hicieron sobre las muestras colectadas a la semana del trasplante y al final del ciclo; los análisis para aluminio se hicieron a la semana del trasplante. Para los análisis de manganeso y fierro se consideraron las muestras obtenidas después de cosechar (debido a que con una semana de mantenerse el suelo húmedo es poco probable que se haya restablecido la condición de equilibrio para manganeso y fierro, dicha condición de equilibrio había sido alterada al permitir que las muestras de suelo se secaran cuando fueran colectadas).

C U A D R O 1

Propiedades de Algunos Suelos de la Meseta Tarasca

Suelo	Prof. en cm	pH	N-T %	Mat. Org. %	Rel. c/n	Fósf. * Asim. kg/ha	Alum. ** ppm	C. I. C. meq/100 g	Ca	Cationes Intercambiables			Clasificación Textural
										Mg meq/100 g	K	Al	
SAN GREGORIO	0-15	5.4	0.72	12.4	9.8	4	433	40.6	1.60	2.90	0.26	0.54	Franco
	15-30	5.6	0.64	12.4	11.1	3		45.6	2.30	0.93	0.30	0.48	Franco
CASAS BLANCAS	0-15	6.1	0.37	7.8	12.0	3	232	35.2	10.50	1.22	1.22	0.66	Franco
	15-30	6.3	0.33	8.3	14.4	3		37.8	3.60	0.57	1.22	0.26	Franco
LA CRUZ	0-15	5.5	0.60	13.2	12.6	3	227	39.2	3.90	0.84	0.45	0.31	Franco
	15-30	5.7	0.56	13.1	13.3	3	402	42.3	2.90	0.66	0.25	0.43	Franco
LA CANTERA	0-15	5.4	0.47	12.1	14.6	3		36.1	2.70	0.68	0.50	0.48	Mig. Arc.
	15-30	5.6	0.45	10.9	13.8	3		38.2	3.40	0.19	0.48	0.32	Mig. Arc.
MOLINO DE SAN JOSE	0-15	6.1	0.27	6.3	13.4	3	187	33.0	11.20	2.92	0.77	0.15	Franco
	15-30	6.3	0.25	6.6	15.0	2		38.0	10.90	2.90	1.40	0.51	Mig. Arc.
SAN JUAN DE VIÑA	0-15	6.2	0.43	10.6	14.1	2	210	38.0	8.40	2.54	0.77	0.31	Mig. Arc.
	15-30	6.3	0.43	10.2	13.5	2		37.8	8.60	3.64	0.66	0.32	Mig. Arc.
ARIO DE ROSALES	0-15	6.1	0.42	9.3	12.9	2		32.2	3.20	0.78	0.94	0.47	Franco
	15-30	6.3	0.40	9.6	13.9	2		30.5	8.90	1.18	0.72	0.31	Franco
GUNGO	0-15	5.5	0.47	14.4	13.9	2	250	38.1	6.80	1.43	0.58	0.34	Mig. Lim.
	15-30	5.5	0.46	11.0	13.7	2		38.6	2.70	0.89	0.38	0.46	Mig. Lim.
LOS TANQUES	0-15	5.9	0.26	6.7	14.6	3	236	37.1	7.10	0.88	1.18	0.36	Franco
	15-30	6.1	0.26	7.2	15.9	2		38.0	7.10	0.76	0.87	0.36	Franco

(*) Solución extractora de "Pech-Morgan"

(**) Solución extractora Acetato de Amonio 1 N pH 4.8 (26).

C U A D R O 2

Algunas Propiedades Físicas y Químicas de los Suelos Estudiados en el Experimento 1 ()*

Suelo	pH	Materia orgánica %	Fósforo** Apro. (kg/ha)	Aluminio*** ppm	Textura	Color suelo seco	Cont. de agua a Cap. de campo %	Cont. de agua del suelo seco al aire %
Chapingo	7.8	1.77	38.0	48	Arcilla	Café grisáceo	28.6	5.34
San Gregorio	5.5	15.19	14.9	970	Franco	Café	65.2	12.61
La Cantera	5.5	9.78	10.0	715	Mig. Arc.	Café	57.7	14.43
Tixcacal Quemado	7.0	4.99	20.0	107	Arcilla	Rojo obscuro	37.8	2.27
Tixcacal no Quemado	7.9	6.55	10.4	47	Arcilla	Rojo amarillento	41.4	7.31
San Francisco	7.5	3.96	12.2	80	Arcilla	Rojo	32.9	5.85
Chiapas	5.9	1.46	4.7	118	Arcilla	Café fuerte	34.6	4.32
Quiroga	6.2	2.51	3.5	95	Arcilla	Rojo amarillento	36.0	6.18
Acayucan	5.8	4.00	4.6	66	Arcilla	Café obscuro	25.5	3.94

* Datos reportados sobre base de suelo secado al aire.

** Método de Bray (2).

*** Extraído con Acetato de Amonio 1 N pH 4.8 (26).

Base de suelo secado a 110°C.

CUADRO 3

Fertilización observaciones* Suelos	200-0-100			200-200-100			200-800-100			200-3200-100		
	P (kg P/ha)	I.A. (días)	M.S. (g/planta)									
Chapingo	40	10.0	1.95	97	0	4.27	189	0	3.85			
Quiroga	4	—	0.04	7	23.0	0.50	38	-1.0	2.99			
Chiapas	5	—	0.02	7	—	0.12	44	0.5	1.44			
Ayucan	5	—	0.06	17	3.0	0.78	79	0.5	2.29			
Tixcaal A	14	—	0.05	35	2.0	0.73	102	-2.0	3.73			
Tixcaal B	9	—	0.01	27	9.5	0.48	21	1.0	2.79			
San Francisco	13	—	0.04	45	8.0	1.10	123	-1.0	3.35			
San Gregorio	20	—					28	21.0	0.30	128	15.0	0.91
La Cantera	11	—					15	11.0	1.26	77	6.0	2.21

* P = Fósforo aprovechable; I.A. = Índice de atraso; M.S. = Materia seca.

CUADRO 4

Tratamientos y Observaciones al Experimento II.

Tratamientos	Fósforo aprovechable** muestreo a la semana	Aluminio** muestreo al cosechar	Manga- neso** a la cosechar	Fierro** a la cosechar	Indice de atraso días
Suelo La Cantera	kg P/ha	ppm	ppm	meq/100g	
200— 0—100: N ₂ P ₀ K ₁	5.84	8.31	207	0.022	—
200— 200—100	6.84	6.04	255	0.011	26.5
200— 800—100	12.06	9.49	237	0.012	17.0
200—3200—100	53.89	29.76	339	0.009	3.0
***G1 + N ₂ P ₀ K ₁ 6 semanas antes del trasplante	9.57	8.18	600	0.008	17.0
(al + N ₂ P ₀ K ₁ " " "	29.06	24.41	333	0.007	7.0
6 semanas + N ₂ P ₀ K ₁ al trasplantar	11.81	9.24	584	0.009	14.0
" " + N ₂ P ₀ K ₁ " " "	43.66	31.00	333	0.005	5.0
N ₂ P ₀ K ₁ " " "	9.38	9.18	636	0.012	13.0
25 ton gallinaza 6 semanas antes del trasplante	36.21	27.44	327	0.012	3.0
" " 3 " " "	11.72	10.35	648	0.010	20.5
" " al trasplantar	11.94	10.23	588	0.006	14.5
200 kg P ₂ O ₅ como extracto de gallinaza	10.78	11.36	408	0.016	16.5
800 " " " "	6.45	7.26	726	0.010	—
" " " " fosfato monocalcico	9.55	6.96	696	0.010	—
SUELO DE CHAPINCO					
200—200—100	117.28	8.49	672	0.016	—
		134.87	32	0.002	0

* Los datos de fierro y manganeso se presentan sobre la base de suelo secado a 110°C.

** Los datos de fósforo y aluminio sobre base de suelo secado al aire (14.43% de agua sobre base de 110°C).

*** 6.25 ton de CaCo₃/ha.

Experimento 3.

Se trató de valorar el efecto de aplicaciones muy altas de fósforo de diferentes fuentes sobre el desarrollo de las lechugas; nuevamente se usó el suelo de "La Cantera". Los tratamientos se presentan en el Cuadro 5.

Se usaron dos repeticiones en este experimento que se muestrearon una semana después del trasplante. Estas muestras se prepararon para análisis químicos.

Para analizar el contenido de aluminio se trataron las muestras con una solución IN de acetato de amonio acidificada a pH de 4.8 con HCl concentrado (9). Posteriormente se separó el aluminio del hierro, manganeso y titanio (3, pp. 298-299) y se determinó el "Aluminio Extraíble" por el método modificado del aluminio (8). Para análisis de manganeso se consideró la fracción asimilable, que se extrae con acetato de amonio IN a pH 7.0, más hidroquinona (3, pp. 393-396); para su determinación cuantitativa se le oxidó con parapediodato trisódico (3, pp. 102-106). Se consideró el hierro ferroso intercambiable y soluble en agua (3, pp. 391-392) se le determinó colorimétricamente con ortofenantrolina (3, pp. 389-391). Para determinar fósforo aprovechable se usó el método de Bray y Kurtz (2). Estos métodos de análisis se usaron en los 3 experimentos que se reportan.

Al comparar las curvas de crecimiento anormal con la curva de crecimiento normal de la Figura 1, puede apreciarse que el largo y lento período de crecimiento de las primeras, causa un atraso respecto al crecimiento normal. El tiempo que transcurre entre el trasplante y el momento en que la planta deja de crecer verticalmente, es hasta 50% mayor para el crecimiento anormal.

C U A D R O 5

Tratamientos	Fósforo aprovechable kg/ha	Índices de atraso	Peso de materia seca/planta g	pH*
SUELO "LA CANTERA"				
200 — 0 — 100	8.4	—	0.13	5.3
200 — 200 — 100 Monocálcico	9.2	13.0	1.53	—
200 — 800 — 100 "	12.4	20.0	0.90	5.2
200 — 3200 — 100 "	31.0	12.5	2.76	5.4
200 — 3200 — 100 Dicálcico	29.0	7.5	4.42	5.65
200 — 3200 — 100 Tricálcico	43.0	7.5	3.31	5.35
200 — 3200 — 100 Super 18.5%	44.0	3.0	7.45	—
200 — 6400 — 100 Monocálcico	66.0	1.0	6.04	5.50
200 — 12800 — 100 "	142.0	— 3.5	4.53	5.60
200 — 12800 — 100 Super 18.5%	156.0	— 3.5	6.64	—
200 — 25600 — 100 Monocálcico	260.0	— 3.0	5.33	5.60
SUELO CHAPINGO				
200 — 200 — 100	76.0	0	5.42	—

* Medido en las muestras colectadas una semana después del trasplante. Se usó la relación agua:suelo, 2:1.

Puede verse en la Figura 1 que tanto la curva de crecimiento normal como la anormal presentan una zona con pendiente máxima y prácticamente constante. Esta zona corresponde en el eje de tiempo a un período de 10 o más días. Para obtener una medida del atraso en los crecimientos anormales obtenidos en los 3 experimentos que se reportan, se prolongó gráficamente la parte casi recta de la curva de crecimiento hasta el eje de tiempo. A la diferencia entre el valor obtenido para una curva de crecimiento anormal y la obtenida sobre el suelo Chapingo con 200 kg de P_2O_5 , se llamó "Índice de Atraso".

Resultados y Discusión

Experimento 1.

Se determinaron los índices de atraso, pesos de materia seca y los contenidos de fósforo aprovechable una semana después del trasplante. Estos resultados se presentan en el Cuadro 3. Para el tratamiento con 0 kg de P_2O_5 /ha fue imposible (excepto en el suelo de Chapingo) determinar el índice de atraso porque las plantas prácticamente no se desarrollaron. Puede observarse en el Cuadro 3 que las aplicaciones de fósforo modificaron los valores de fósforo aprovechable, índice de atraso y producción de materia seca. En todos los suelos, excepto los de la Meseta Tarasca, hubo una aplicación de fósforo que llevó el índice de atraso a un valor alrededor de 0; es decir, que produjo un crecimiento normal.

En la Figura 2 se presenta la relación entre fósforo aprovechable y el índice de atraso para todos los suelos estudiados. Puede observarse en esta figura que el índice de atraso disminuye al aumentar la cantidad de fósforo aprovechable, observándose una tendencia común para todos los suelos, excepto en el caso de los dos suelos de la Meseta Tarasca. Para estos suelos, la disminución en el valor del índice por concepto de unidad de fósforo aprovechable es relativamente menor (los dos puntos superiores de la Meseta Tarasca en la Figura 2 corresponden a San Gregorio y los dos inferiores a La Cantera). Este efecto menor del fósforo en los suelos de la Meseta Tarasca sugiere que puede haber otro(s) factor(es) relacionado(s) con el valor del índice de atraso. En el Cuadro 2 puede observarse que las cantidades de aluminio extraíble en los suelos San Gregorio y La Cantera son muy superiores a los otros suelos reportados; además, en el suelo San Gregorio el efecto unitario de fósforo aprovechable sobre el índice de atraso es menor que en el suelo La Cantera, coincidiendo con el hecho de que en el suelo San Gregorio hay más aluminio extraíble (970 ppm) que en el suelo La Cantera (715 ppm). Esto sugiere que otro de los factores que afectan el índice de atraso puede ser una toxicidad de aluminio.

Experimento 2

En vista de que en los suelos de la Meseta Tarasca es posible que haya otros factores que afecten el valor del índice de atraso, se llevó a cabo un segundo experimento de invernadero para estudiar cómo aquel valor es modificado por aplicaciones de fósforo, cal y gallinaza (estiércol de gallina). En adición se examinó el efecto de esos tratamientos sobre el estado del suelo en cuanto a fósforo

asimilable, aluminio extraíble, manganeso y fierro. Estos resultados se presentan en el Cuadro 4.

Al adicionar el fertilizante fosfórico al momento de trasplantar, hay una relación muy estrecha entre la cantidad de fósforo aprovechable (P), una semana después del trasplante y el valor del índice de atraso (I.A.), relación que es descrita por la ecuación exponencial:

$$\begin{aligned} \text{Log}_{10} \text{ I.A.} &= 1.5346 - 0.01971 P \\ r &= 0.992 \end{aligned}$$

Considerando el contenido de fósforo aprovechable una semana después del trasplante, la aplicación de fósforo 6 semanas antes del trasplante, causó valores más bajos que cuando se aplicó el día del trasplante. Esto es entendible en términos de los procesos de reversión de fosfatos; sin embargo, esos menores niveles de fósforo aprovechable estuvieron asociados con índices de atraso también menores, como si aún cuando la relación entre fósforo aprovechable e índice de atraso es estrecha, la disponibilidad de fósforo no fuera la única condición que define el valor del Índice de Atraso.

Puede apreciarse en el mismo Cuadro 4 que en la mayor parte de los casos la aplicación de 25 toneladas de gallinaza tuvo un efecto similar al de 800 kg de P_2O_5 , como superfosfato simple, en lo que se refiere a fósforo aprovechable e índice de atraso. En la gallinaza usada había alrededor de 3% de P_2O_5 total, que en 25 ton corresponden a unos 750 kg de P_2O_5 ; por lo tanto la eficiencia de los dos materiales fue muy semejante.

La relación entre índice de atraso y aluminio extraíble es descrita por la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Log}_{10} &= - 0.1271 + 0.002304 A1 \\ r &= 0.952 \end{aligned}$$

Esta relación indica la posibilidad de una toxicidad de aluminio, que causa un atraso en el crecimiento temprano mientras sobreviene una adaptación de las plantas. Esto ocurriría cuando el nivel inicial de aluminio haya sido modificado por aplicaciones de fósforo.

Se ve en el Cuadro 4 que la aplicación de cal (6.25 ton de $CaCO_3$ /ha) no tuvo efecto sobre la cantidad de aluminio extraíble en el muestreo realizado una semana después del trasplante. Esto es difícil de entender porque el material usado tenía un tamaño de partícula fino (reactivo Q.P.) y estuvo en contacto con el suelo mojado durante siete semanas. El pH fue modificado de 5.4 a 6.3. En tal condición, si el aluminio hubiera estado presente en forma intercambiable o en una combinación inorgánica, el encalado habría provocado la precipitación de la mayor parte de esos compuestos. Esto deja abierta la posibilidad de que el aluminio esté en una combinación orgánica o que después de haber sido precipitado por la cal, puede solubilizarse en el extractor usado para determinar aluminio.

Con los datos del Cuadro 4 se puede calcular una cantidad que en este estudio llamaremos "Fósforo Fijado" y que es igual a la cantidad de fósforo añ-

cida más cantidad presente inicialmente en el suelo, menos la fracción aprovechable una semana después del trasplante.

La cantidad de fósforo fijado (Pf) está relacionada directamente con la cantidad de aluminio extraíble (Al), mediante la ecuación lineal:

$$\begin{aligned} \text{Al} &= 1385.2342 - 0.5401 \text{ Pf} \\ r &= 0.99 \end{aligned}$$

Esta relación tan estrecha sugiere que una fracción muy importante del fósforo añadido puede ser revertido a formas de baja aprovechabilidad por algún compuesto de aluminio incluido en la fracción "Aluminio Extraíble".

Existió también una relación muy estrecha entre las cantidades de fósforo aprovechable (P) y de aluminio extraíble (Al), que se representa por la ecuación lineal:

$$\begin{aligned} \text{P} &= 73.6353 - 0.1014 \text{ Al} \\ r &= -0.93 \end{aligned}$$

En síntesis, el efecto del fósforo aprovechable sobre el índice de atraso no fue separado del efecto del aluminio extraíble sobre el mismo índice de atraso.

Los resultados que se presentan en el Cuadro 4 no muestran valor alguno para fierro y manganeso como variable para explicar la variación en los valores del "Índice de Atraso".

Queda fundamentado que el atraso en el crecimiento de la Lechuga Romanita al trasplantarse sobre los suelos de la Meseta Tarasca, está relacionado con la cantidad de fósforo aprovechable y que hay indicios de que la disponibilidad de este nutrimento no es el único factor que influye sobre el mencionado atraso. La relación entre el "Aluminio Extraíble" y el "Índice de Atraso" es también muy estrecha y es posible que a niveles de fósforo aprovechable el aluminio, además de afectar la disponibilidad de fósforo, tenga un efecto tóxico directo. Por todo esto se deduce que si se aplicara una cantidad de fósforo suficientemente grande debería eliminarse el atraso en crecimiento.

Experimento 3

En este experimento se estudiaron aplicaciones de fósforo entre 0 y 25600 kg de P_2O_5 /ha considerando varios materiales fertilizantes. Los resultados se presentan en el Cuadro 5. De acuerdo con estos resultados fue necesario aplicar 12.800 kg de P_2O_5 /ha para alcanzar niveles de fósforo aprovechable del orden de 150 kg de P/ha que propiciaron una condición adecuada para obtener un crecimiento normal (Índice de Atraso igual a -3.5). La curva de crecimiento obtenida al aplicar 25.600 kg de P_2O_5 /ha es también normal; la cantidad de fósforo aprovechable fue en este caso de 260 kg de P/ha.

A nivel de 3,200 kg de P_2O_5 /ha, único estudiado para comparar fuentes, hubo diferencias en cuanto a índices de atraso. El superfosfato simple resultó ser el mejor material fertilizante; en orden siguieron los fosfatos di y tricálcicos con resultados semejantes entre sí y finalmente el fosfato monocálcico.

Conclusiones

1. Se encontró que el atraso en el crecimiento de las lechugas trasplantadas en el invernadero sobre suelos de la Meseta Tarasca, está relacionado inversamente con la cantidad de fósforo aprovechable y directamente con el contenido de "Aluminio Extraíble".

2. Por medio de aplicaciones altas de fósforo se pudo eliminar totalmente el atraso en el desarrollo y alcanzar producciones de materia seca iguales o superiores a las obtenidas en suelos sin problemas específicos.

3. El atraso en el crecimiento se debe a la baja concentración de fósforo aprovechable presente o a una combinación de esa condición y la presencia de niveles tóxicos de sales de aluminio.

Bibliografía

1. AGUILERA, H. N. "Génesis y clasificación de algunos suelos de la Meseta Tarasca, Michoacán, Méx". *Folleto Técnico No. 1*. Esc. Nal. de Agric. y Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. (en prensa), 1962.
2. BRAY, R. H. y L. T. KURTZ. "Determination of total, organic and available forms of Phosphorus in Soils". *Soil Sc.* (59): 39-45, 1945.
3. JACKSON, M. L. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. Págs. 298-299; 393-396; 102-106; 389-392, 1958.
4. MONCADA, P. J. *Estudio Físico-Químico de Algunos Suelos de Origen Volcánico del Estado de Michoacán, Méx.* Chapingo, México, Tesis Colegio de Postgraduados, 1960.
5. NAVARRO, G. L. ET AL. "Fertilidad de algunos Suelos de la Sierra Tarasca". *Agricultura Técnica en México*. No. 5, 1962.
6. PÉREZ, M. J. *Estudio de Invernadero y Laboratorio sobre respuestas a fósforo en suelos de Michoacán*. Monterrey, Méx. Tesis Profesional. Inst. Téc. de Estudios Superiores de Monterrey, 1956.
7. SÁNCHEZ, D. N. y PÉREZ, M. J. "Respuesta del maíz a fertilizantes y encalado en la Sierra de Michoacán". *Agricultura Técnica en México*. (9): 13-14, 1959.
8. YUAN, T. I. y FISKELL, J. C. "Aluminum studies; I. Soil and plant analysis of aluminum by modification of the aluminon method". *J. Agric. Food Chem.* (7): 115-117, 1959.
9. YUAN, T. I. y FISKELL, J. C. "Aluminum studies; II. The extraction of aluminum from some Florida Soils". *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* (23): 3, 202-205, 1969.