

ESPECIES VEGETALES PARA ENSAYOS DE INVERNACULO, CARACTERISTICAS DE LAS VARIABLES DE MAXIMA SENSIBILIDAD PARA EVALUAR LA FERTILIDAD FOSFORADA DE LOS SUELOS

Mirta G. Gonzalez; G. D. Maccarini; M. E. Conti (1); A. Struffolino (2)

Recibido: 4/3/85

Aceptado: 16/4/86

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estudiar la sensibilidad de las variables que evidencian deficiencias en fósforo de distintas especies vegetales, usados como plantas índices.

Para ello se diseñó un ensayo donde se utilizaron seis especies vegetales: lechuga, tomate, rabanito, "ray grass", soja y trébol rojo, y una escala de fósforo extractable en suelo que cubre el rango desde deficiencias hasta bien provisto, 5,5 - 15 - 28 ppm de P.

El resultado obtenido muestra que las especies de mejor comportamiento dentro de estos rangos fueron lechuga, tomate y rabanito, siguiéndole "ray grass", finalmente trébol rojo y soja. Las variables de máxima sensibilidad a la deficiencia son fósforo total por maceta, le sigue por ciento de fósforo en planta, materia seca y por último altura de planta.

PLANT SPECIES AND MEASURABLE CHARACTERISTICS THAT REVEAL P DEFICIENCIES IN GREENHOUSE EXPERIMENTS

SUMMARY

The scope of this work is to study parameters that reveal P deficiencies in different index plants. Six species were used in this experiment: lettuce, tomato, peanut, rye grass, soy beans and red clover, and a range of extractable P in soils from deficient to well provided: 5,5 - 15 - 28 ppm. The results show the best species are lettuce, tomato and peanut, followed by rye grass and finally red clover and soy beans.

Measurable characteristics of maximum sensibility are: total P by pot, then percent of P in plant, dry matter and finally plant's height.

INTRODUCCION

El estudio de suelos en maceta e invernáculo, presenta la posibilidad de controlar condiciones ambientales, observar las sintomatologías y medir variables que serían imposibles de seguir a campo.

Estos ensayos permiten conocer las deficiencias nutrimentales de los suelos en un período corto de tiempo y seleccionar las mejores técnicas analíticas y de medición. El problema más serio, es la elección de la planta índice apta para revelar dichas deficiencias, dentro de una escala de carencias lo su-

(1) Investigador del CONICET

(2) Dto. Suelos - Fac. Agronomía - U. B. A. - Av. San Martín 4453 (1417) Bs. As.

ficientemente amplia para poder abarcar las necesidades de la región.

Muchas han sido las plantas utilizadas, entre ellas: tabaco (Morgan, 1929), forrajeras (Woodhouse Yr., 1964), coliflor, papa, remolacha azucarera, avena (según Wallace, 1961).

Así como también para análisis tisulares, lechuga, tomate, soja, alfalfa, forrajeras, etc. (Kenworthy, Chapman, Bennton Jones, Yr., 1967).

Para el caso específico de fósforo las plantas usadas han sido: soja (Werner y Barber, 1964), bróccoli, coliflor, navo silvestre, lechuga y rabanito (Wallace, 1961), tomate (Barberis *et al*, 1970), "ray grass" (Schenkel y Baherle, 1971), trébol rojo (Schenkel y Baherle, 1982).

El objeto de este trabajo es estudiar algunas de las especies que presentan síntomas de carencia en fósforo, y poder seleccionar aquellas que presenten las variables de mayor sensibilidad y más fácil medición para ser usados en ensayos de fertilidad fosforados.

Las especies utilizadas han sido elegidas teniendo en cuenta su fuerte demanda nutricional fosforada, ciclo vegetativo corto y buenas condiciones de sanidad en invernáculo.

MATERIALES Y METODOS

Metodología de invernáculo

Se realizó un ensayo de invernáculo en maceta con un suelo argiudol típico, proveniente de la provincia de Buenos Aires (los datos analíticos se presentan en el Cuadro 1).

Se utilizaron seis plantas índices:

- tomate (*Lycopersicum esculentum* Var. platense)
- lechuga (*Lactuca sativa*)
- rabanito (*Rafanus sativus*)
- "ray grass" (*Lolium multiflorum*)
- trébol rojo (*Trifolium repens*)
- soja (*Glicine max*)

Las mismas fueron sembradas en macetas que contenían un kilogramo de suelo tamizado por malla de 5 mm y se mantuvieron en un contenido hídrico de 90% de la capacidad de campo.

Se condujeron tres tratamientos: suelo sin y con agregado de fósforo en dos dosis. Estas tres situaciones conforman una escala que presentaba valores de 5,5 - 15 y 28 ppm de fósforo extractable por Bray y Kurtz N° 1. Se realizaron tres repeticiones de cada situación.

Los datos obtenidos se calcularon considerando los datos de 5,5 ppm como 100% en (I) 5,5 a 15 ppm y 15 ppm como 100% en (II) 15 a 28 ppm de P extractable.

Los valores de fósforo obtenidos cubren la gama de niveles de este elemento desde deficiencia hasta buena provisión del mismo en los suelos argentinos de la Pradera Pampeana (según Conti *et al*, 1977; Darwich, 1980; Mizuno *et al*, 1980; Mizuno, 1981).

Cada tratamiento se complementó con nitrógeno, potasio, sodio, calcio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, boro y molibdeno.

Por cada maceta se sembraron diez semillas. Cuando las plántulas alcanzaron tres cm de altura se realizó el raleo a cinco plantas por maceta, efectuando un repique cuando habían germinado menos de cinco plantas.

Cuadro 1. Datos analíticos

Muestra	C%	N%	C/N	P ppm	Ca	Mg	Na	K	CIC
					m.c./100 g				
1	1,98	0,18	11	5,5	10	3,2	0,4	2,2	19

VARIABLES A MEDIR

Las variables fueron elegidas teniendo en cuenta la mayor o menor facilidad de determinación. Las mismas se pueden agrupar en:

- a) determinación directa: altura de la primera observación, altura de la segunda observación y materia seca.
- b) determinación analítica: fósforo total en planta y fósforo extractable en suelos.

La primera observación se realizó a los veinte días, donde se consideraron altura de las plantas y sintomatología de deficiencias en hojas.

La segunda observación se realizó a los cuarenta días de comienzo del ensayo repitiéndose las mismas observaciones. Posteriormente se efectuó la cosecha.

Método de laboratorio

Las plantas fueron secadas a 75° C durante cuarenta y ocho horas, realizándose la determinación de peso seco y el análisis de fósforo total en planta utilizando una mezcla de ácido clorhídrico, ácido perclórico y ácido nítrico, valorándolo por la técnica del ácido sulfomolibdico y ácido ascórbico como reductor (Schlighting y Blume, 1966). Con este dato se calcula el porcentaje de fósforo total por maceta, el cual se obtiene por el producto de la materia seca y el porcentaje de fósforo total en planta. En el suelo se determinó el fósforo extractable por el método de Bray y Kurtz N° 1 (Bray y Kurtz, 1945).

síntomas de deficiencia de las especies vegetales, que evidencian la diferente fertilidad fosforada del suelo.

Con el propósito de estimar las variables medidas en relación con el fósforo extractable del suelo se calculan los coeficientes de correlación r (Cuadro N° 4). Los datos de las especies vegetales muestran que las mejores correlaciones fueron las lineales y exponenciales no encontrándose correlación significativa con las funciones logarítmicas y potenciales.

El análisis de cada especie muestra que en lechuga, tomate, rabanito, "ray grass" y trebol rojo todas las correlaciones son muy altas y similares, mientras que en soja no arrojó correlación la altura medida en cm de la 1° y 2° observación.

El conjunto de todas las especies presenta el mayor valor de correlación en el % de fósforo en planta $r = 0,85 - 0,82$ (para correlación lineal y exponencial, respectivamente), luego el contenido de materia seca $r = 0,63 - 0,59$; le sigue cm de altura de la 2° observación $r = 0,48 - 0,54$ y las menores correlaciones son obtenidas en los cm de altura de la 1° observación $r = 0,28 - 0,31$.

Una especie sensible a la deficiencia de fósforo en el suelo será aquella que muestra, a diferencia de otra menos sensible, el mayor cambio en una variable como consecuencia de un incremento de cantidad de fósforo asimilable. Una medida sencilla y clara de esa sensibilidad se calcula con el incremento relativo de los valores de la variable considerada indicadora. Tómese por ejemplo del Cuadro N° 2, los datos de lechuga y su contenido de fósforo por maceta para 5,5 a 15 ppm de fósforo en el suelo, la valoración de sensibilidad será el incremento relativo obtenido por:

$$\frac{1}{15 - 5,5} \times \frac{9,2 - 0,295}{0,295} \times 100 = 317,75\%$$

En el Cuadro 5, se resumen las sensibilidades de las especies estudiadas a los diferen-

RESULTADOS Y DISCUSION

El resultado de los análisis realizados se presentan en los Cuadros 2 y 3. En ellos se muestran las diferentes variables medidas y

Cuadro 2. Resultados obtenidos (cada dato es el promedio de las tres repeticiones del ensayo)

Especie	Trat. ppm P extract. B - K	Variables Medidas							
		MS (g)	cv	P (%)	cv	P total por mac (mg)	cv	Altura de pl 1º Ob (cm)	2º Ob (cm)
Tomate	5,5 ppm	0,20	9,33	0,13	1,18	0,26	5,54	2,5	9,0
	15 ppm	2,45	14,50	0,27	6,23	6,84	2,33	4,0	27,5
	28 ppm	2,51	26,21	0,44	2,85	11,15	6,42	4,0	27,0
Lechuga	5,5 ppm	0,41	6,45	0,07	2,15	0,29	0,91	1,0	4,5
	15 ppm	2,18	0,63	0,42	8,43	9,20	2,02	7,0	17,0
	28 ppm	1,96	5,30	0,60	6,48	11,93	2,75	7,0	20,0
Rabanito	5,5 ppm	0,98	0,07	10,12	7,74	1,21	5,54	5,0	10,0
	15 ppm	3,45	1,43	0,39	8,11	13,53	7,33	10,0	17,5
	28 ppm	3,53	9,14	0,55	3,70	19,52	5,66	8,0	18,0
"Ray Grass"	5,5 ppm	1,06	3,24	0,13	8,54	1,38	6,77	12,5	18,0
	15 ppm	3,26	0,76	0,31	4,51	10,90	2,76	18,0	23,0
	28 ppm	3,62	5,63	0,39	2,78	14,28	6,75	18,0	25,5
Soja	5,5 ppm	1,47	4,81	0,17	7,28	2,62	3,32	17,0	38,0
	15 ppm	2,28	4,64	0,34	3,29	7,77	1,59	21,0	42,0
	28 ppm	3,38	3,55	0,42	6,16	14,24	1,96	21,0	48,0
Trébol rojo	5,5 ppm	0,21	5,12	0,16	4,04	0,36	1,79	4,0	9,0
	15 ppm	1,09	6,36	0,41	3,68	4,55	6,95	6,0	16,0
	28 ppm	1,07	8,76	0,41	5,36	4,40	0,93	6,0	19,0

Cuadro 3. Sintomatología observada en el ensayo

Especie	Tratamiento ppm P extrac	Sintomatología hoja	
		1º observación	2º observación
Lechuga	5,5	Amarillo bronceado	Amarillo bronceado con clorosis general
	15	Sin síntomas	Sin síntomas
	28	Sin síntomas	Sin síntomas
Tomate	5,5	Cara inferior morada	Cara inferior morada
	15	Verde con manchas moradas	Verde con manchas moradas
	28	Sin síntomas	Sin síntomas
Rabanito	5,5	Cotiledón con línea rojiza	Bordes rojizos
	15	Sin síntomas	Sin síntomas
	28	Sin síntomas	Sin síntomas
Ray Grass	5,5	Algunas secas en la base	Algunas secas en la base
	15	Sin síntomas	Sin síntomas
	28	Sin síntomas	Sin síntomas
Soja	5,5	Verde más oscuro	Algunas deformadas
	15	Verde claro	Verde claro
	28	Verde claro	Verde claro
Trébol rojo	5,5	Hojas reducidas	Hojas reducidas
	15	Hojas reducidas	Hojas reducidas
	28	Sin síntomas	Sin síntomas

Cuadro 4. Análisis de regresión y correlación entre el fósforo extractable y las características medidas en las plantas.

	lineal			exponenciales				
	ord.	pend.	r	ord.	pend.	r		
Todas las especies								
% P en planta	0,047	0,015	0,85	**	0,167	0,018	0,82	**
g de M. seca	0,460	0,081	0,63	**	0,820	0,019	0,59	**
cm de altura 1º Ob	6,740	0,199	0,28	*	6,020	0,012	0,31	*
cm de altura 2º Ob	11,310	0,600	0,48	**	25,430	-0,029	0,54	**
Lechuga								
% P en planta	0,004	0,024	0,90	**	0,141	0,029	0,82	**
g de M. seca	0,436	0,066	0,69	*	0,736	0,021	0,72	**
cm de altura 1º Ob	0,830	0,243	0,79	**	0,213	0,024	0,75	**
cm de altura 2º Ob	2,690	0,701	0,86	**	4,844	0,503	0,83	**
Tomate								
% P en planta	0,029	0,013	0,84	**	0,144	0,017	0,79	**
g de M. seca	-0,228	0,104	0,89	**	0,360	0,035	0,83	**
cm de altura 1º Ob	2,200	0,070	0,85	**	2,880	0,006	0,85	**
cm de altura 2º Ob	4,650	4,880	0,84	**	10,490	-0,440	0,85	**
Rabanito								
% P en planta	-0,001	0,021	0,93	**	0,170	0,020	0,89	**
g de M. seca	0,470	0,126	0,82	**	1,450	0,017	0,81	**
cm de altura 1º Ob	4,040	0,500	0,89	**	7,350	0,022	0,82	**
cm de altura 2º Ob	7,410	0,670	0,97	**	136,500	-0,150	0,93	**
Soja								
% P en planta	0,111	0,010	0,84	**	0,191	0,014	0,84	**
g de M. seca	0,950	0,077	0,92	**	1,570	0,012	0,87	**
cm de altura 1º Ob	19,130	-0,470	0,007	o	18,880	0,114	0,04	o
cm de altura 2º Ob	32,590	2,840	0,168	o	40,000	0,000	0,20	0
Ray Grass								
% P en planta	0,014	0,016	0,92	**	0,153	0,017	0,88	**
g de M. seca	0,220	0,148	0,92	**	1,530	0,016	0,90	**
cm de altura 1º Ob	10,120	0,350	0,87	**	6,190	0,062	0,86	**
cm de altura 2º Ob	12,870	0,520	0,88	**	22,260	-0,009	0,84	**
Trébol rojo								
% P en planta	0,090	0,012	0,92	**	0,21	0,012	0,93	**
g de M. seca	-0,020	0,039	0,88	**	0,29	0,022	0,89	**
cm de altura 1º Ob	3,510	0,091	0,93	**	4,47	0,005	0,93	**
cm de altura 2º Ob	6,340	0,416	0,94	**	9,34	0,017	0,94	**

o: no significativo

*: sig. est. 5%

** : sig. est. 1%

No se encontraron correlaciones logarítmicas y potenciales estadísticamente significativas.

Cuadro 5. Sensibilidad de las especies estudiadas a los distintos valores de P extractable del suelo (% de variación por unidad de fósforo extractable del suelo).

Especie	M. seca	%P	P total x maceta	Altura de planta (cm)		
				1º ob.	2º ob.	
Lechuga	I	44,5	52,2	317,7	63,1	29,2
	II	-0,51	3,4	2,2	0	1,3
Tomate	I	118,5	11,7	263,0	6,3	21,0
	II	0,20	4,5	37,9	0	-0,01
Rabanito	I	26,4	22,8	107,1	10,5	7,9
	II	0,16	3,1	3,4	-1,5	0,2
"Ray Grass"	I	21,8	15,0	72,0	4,6	2,9
	II	0,84	1,8	2,3	0	0,83
Soja	I	5,7	9,6	20,6	-	-
	II	3,7	1,8	6,4	-	-
Trébol Rojo	I	42,4	15,7	122,5	5,2	8,1
	II	-0,02	-0,08	-0,25	0	1,44

tes niveles de fósforo extractable del suelo.

Se separa la escala de fósforo extractable en dos, la primera parte refleja condiciones desde déficit a suficiencia y la segunda de suficiencia a bien provisto. Se considera que 15 ppm de fósforo se encuentra dentro de la zona crítica de la mayoría de las especies usadas en este trabajo, 5,5 ppm en valor de deficiencia y 28 ppm en el de aceptable.

Todas las especies manifiestan mayor sensibilidad en la primer parte de la escala de fósforo extractable, I = 5,5 y 15, siendo el P total por maceta el que presenta los máximos valores en todos los casos. Dentro de la misma zona le sigue materia seca para tomate, rabanito, "ray grass" y trébol rojo; luego altura de planta de 1º observación en lechuga y porciento de P en planta para soja.

La sensibilidad disminuye notoriamente en la segunda parte de la escala, II = 15 a 28 ppm, la que coincide con valores desde el umbral crítico a bien provisto. Las variables más notorias lo son en pequeña magnitud destacándose P total por maceta en tomate,

rabanito, "ray grass" y soja; porciento de P en lechuga y altura de 2º observación en trébol rojo. Algunas especies presentan variables sin ninguna sensibilidad a esos niveles de fósforo extractable, el caso más sobresaliente lo presenta trébol rojo con todas las variables, menos altura de planta de 2º observación, sin respuesta al fósforo extractable.

CONCLUSIONES

En ensayos que abarquen una escala de 5,5 a 28 ppm P extractable con Bray y Kurtz surge que:

- 1.-Las plantas índices de mejor comportamiento en deficiencias de fósforo del suelo son: tomate, lechuga y rabanito siguiéndole "ray grass" y, finalmente, trébol rojo y soja.

2.-La variable medida de mayor sensibilidad es fósforo total por maceta, le sigue porcentaje de fósforo en planta y materia seca, finalmente altura de planta.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Barberis, L. A., Berasategui, L. A., Wilken, F. y Weill, M., 1970. Determinación de la fertilidad de un suelo laterítico mediante la utilización de una planta índice. *Rev. Fac. Agronomía y Veterinaria* 18 (2 - 3): 91-101.
- 2) Bray, R. H. and Kurtz, L. T., 1945. Determination of total organic and available phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- 3) Conti, M. E., Barberis, L. A., Chamorro, E., 1977. Estado del fósforo en suelos de Entre Ríos, Buenos Aires y Santa Fe. *Rev. IDIA Supl.* Nº 1.
- 4) Darwich, N., 1980. Niveles de fósforo asimilable en los suelos pampeanos. Comunicación. IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná, Actas, II: 707-710.
- 5) Haward, B., Sprague, 1964. Hunger signs in crops. Published by David Mc Kay Company.
- 6) Jones, J. P., 1931. The diagnostic value of plant symptoms in determining nutrient deficiencies of soil. *Journal of the American Society of Agronomy.* 23: 353-356.
- 7) Kenworthy, A. L., Chapman, H. D., Bennton Jones, I. Soil testing and plant analysis - Part II plant analysis 1967. Soil Science Society of America Inc. Publisher Madison Wisconsin.
- 8) Mizuno, I., 1981. Fósforo en suelos argentinos. Comunicación, Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Tomo XXXV Nº 6.
- 9) Mizuno, I., Conti, M. E., Lafuente, I. S. y Fertig, P., 1980. Caracterización del fósforo en algunos suelos argentinos. 7º Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.
- 10) Morgan, M. F., 1929. Tobacco as an indicator plant in studying nutritional deficiencies of soils under greenhouse conditions. *Journal of American Society of Agronomy* 21: 130-141.
- 11) Schenkel, G. y Baherle, P. V., 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II Método usado. *Agricultura Técnica.* 31 (1): 9-24.
- 12) Schenkel, G. y Baherle, P. V., 1982. Identificación de micronutrientes deficientes con ensayos en macetas. II Método empleado con *Trifolium pratense*, *Agricultura Técnica* 42 (3): 199-207.
- 13) Schlightin, E. und H. P. Blume, 1966. *Bodenkundlicher Praktikum*, Ed. Parey Hamburgo.
- 14) Wallace, T., 1961. The diagnosis of mineral deficiencies in plants, by visual symptoms. University of Bristol Agricultural and Horticultural Research Station long. Ashton, Bristol, Capítulo V - 81-116 London.
- 15) Werner, L. and Barber, S., 1964. Nutrient deficiencies in legumes for grain and forage. Chapter V. Hunger signs in crops 143-179. David Mc Kay Company INC, New York.
- 16) Woodhouse Jr., W., 1964. Nutrient Deficiencies in forage grasses. Chapter VI. Hunger signs in crops - 181-208. David Mc Kay Company INC - New York.