

CARENCIAS NUTRIMENTALES EN CONÍFERAS CUBANAS. I. *PINUS TROPICALIS* MORELET

ANAIKAT FERRER GRAU, GRISSEL HERRERO HECHAVARRÍA, CIRO MILIÁN PADRÓN
Y BÁRBARA AGUIRRE DORADO

Instituto de Investigaciones Forestales (IIF). Calle 174 no. 1723
e/ 17B y 17C, Rpto. Siboney, Playa, La Habana, Cuba.

RESUMEN

En condiciones de invernadero se estableció un ensayo a fin de determinar las carencias nutrimentales y su relación sobre los caracteres de crecimiento, así como la simbiosis micorrizógena en posturas de Pinus tropicalis Morelet. Para el experimento se utilizó el método descrito por Chaminade, y los elementos nutrimentales fueron añadidos en soluciones a partir de reactivos químicos. Los elementos más limitantes para los índices de respuesta fueron fósforo, calcio, boro y nitrógeno.

ABSTRACT

An experiment under greenhouse conditions to determine the nutrimental lacks in Pinus tropicalis Morelet seedlings and the links between them, their parameters and mycorrhizal symbiosis was conducted. It was used the Chaminade method and the required nutrimental elements were incorporated from chemicals reagents. The most limiting elements for obtaining reaction indices requesting indices were phosphorus, calcium, boron and nitrogen.

INTRODUCCIÓN

En Cuba la fertilización de especies forestales, tanto en viveros como en plantaciones, se realiza generalmente de manera arbitraria, es decir, sin tener en cuenta la especie vegetal, las características del sitio, los tipos de suelo y sus propiedades.

Los estudios en condiciones controladas (invernaderos), permiten determinar las deficiencias nutrimentales de las plantas y, por tanto, la fórmula de fertilización en depen-

dencia del suelo y su contenido nutricional, al tener en cuenta los indicadores de rendimientos. En el caso de las especies de la familia *Pinaceae*, es necesario incluir la infección micorrizógena como uno de estos indicadores debido a que estos árboles son considerados micotróficos, es decir, que para obtener un crecimiento y sobrevivencia adecuada es preciso que el sistema radical se presente micorrizado por hongos específicos, que naturalmente se encuen-

tran en el suelo [Swart y Theron, 1990; Dodd y Thomson, 1994].

El método de Chaminade (1964) fue concebido para aplicarse en aquellas situaciones donde no existen técnicas analíticas calibradas para determinar los elementos asimilables del suelo, como en la actividad silvícola de Cuba. Por tanto, fue necesario realizar investigaciones que permitieran definir los elementos limitantes para la nutrición de *Pinus tropicalis* Morelet.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en condiciones de invernadero. Para ello se procedió a la siembra de semillas de *Pinus tropicalis* en macetas de 1kg de capacidad, las cuales contenían suelo Ferralítico Cuarcítico Amarillo Rojizo Lixiviado, que es donde crece naturalmente la especie forestal.

De acuerdo con el método de Chaminade (1964) se incluyeron 10 tratamientos, y aunque en él no se contempla el tratamiento testigo absoluto, se aclara que se estimó conveniente su inclusión, dado el escaso conocimiento sobre los requerimientos nutrimentales de la especie vegetal. Los tratamientos fueron:

- Fertilización completa (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Cu, Zn, y Mo). Testigo relativo.
- Fertilización completa menos P.
- Fertilización completa menos K.
- Fertilización completa menos Ca.
- Fertilización completa menos Mg.
- Fertilización completa menos S.
- Fertilización completa menos B.
- Fertilización completa menos Mn, Cu, Zn, y Mo.
- Fertilización completa menos N.
- Sin fertilización. Testigo absoluto.

A los seis meses se evaluaron los índices de respuesta: altura (cm), diámetro del cuello de la raíz (mm), peso seco foliar y radical (g) e infección micorrizógena (%), según el método de Garbaye [1983].

La *Tabla 1* representa los elementos que se añadieron en soluciones preparadas a partir de reactivos químicos. Por otra parte, al inicio del experimento se realizó el análisis químico del suelo, para lo cual se le determinó pH (H_2O y KCl), materia orgánica, fósforo asimilable por los métodos Bray I y II, cationes cambiables por el método de Moblaba y fraccionamiento de fósforo por la técnica de Chang-Jackson (*Tabla 2*).

También se determinó la concentración de N, P y K en el follaje de cuatro posturas para cada uno de los tratamientos, según los métodos establecidos en el CIF (1975). Con el fin de determinar las carencias nutrimentales se calcularon los rendimientos relativos para los índices de respuesta, y se utilizó la escala de deficiencia propuesta por Kellian y Veley (1964) con el objetivo de apreciar la jerarquía de la deficiencia.

El diseño experimental empleado fue totalmente aleatorizado con 10 repeticiones, y se realizó un análisis de varianza de clasificación simple para todos los indicadores de respuesta, y la prueba de Dunet a

5 % de probabilidad de error. Se calcularon además las matrices de correlación y ecuaciones de regresión

lineales múltiples entre los índices de respuesta y los contenidos de elementos foliares.

TABLA 1

Programa de secado de *Pinus caribaea* (pino macho) de la provincia de Camagüey

Días	Grueso (mm)				
	13	22	30	40	50
0	87,0	49,0	55,6	48,8	53,3
7	23,4	25,9	42,6	44,2	49,0
14	17,5	20,3	37,7	39,4	44,5
20	18,0	18,5	33,9	35,1	39,6
28	17,1	18,4	26,7	30,5	36,0
35		17,6	24,2	27,8	31,6
42		16,3	21,9	25,4	29,0
49			18,9	22,5	27,4
56			16,7	20,1	25,1
63				17,2	22,9
70					21,0
77					19,1
84					16,6

TABLA 2

Características químicas del suelo estudiado

pH		Materia orgánica	Na	K (meq/100 g)	Ca	Mg
H ₂ O	KCl	(%)	0,12	0,18	1,32	0,22
4,55	3,68	0,99				
Bray I		Bray II	Al-P	Fe-P (ppm P)	Ca-P	
2,34		3,61	6,56	7,55	4,30	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de rendimientos relativos muestran una deficiencia grave de fósforo, manifestada en los índices diámetro, peso seco foliar, radical e infección micorrizógena (Tabla 3). La importancia del fósforo para la nutrición de los pinos ha sido registrada para muchas regiones del trópico y subtrópico [Pritchett, 1968; Bevege y Richards, 1972; Jiménez y Herrero, 1984; Elliot y White, 1994]. Se encontraron además de-

ficiencias de calcio, lo que se evidencia en los pesos secos foliares y radicales, así como en la infección micorrizógena y de boro, representada en los dos últimos indicadores mencionados. La deficiencia de boro en *Pinaceae* y su relación con la colonización micorrizica ha sido reportada por Mitchell *et al.* (1990).

El análisis estadístico presentado en la Tabla 3 refleja diferencias significativas entre diámetro, peso seco foliar, peso seco radical y deficien-

cias de fósforo, calcio, boro y potasio, y en menor cuantía de microelementos que se manifiestan con el diámetro y el peso seco foliar. Dicho análisis también demostró que no hay diferencias significativas

entre las alturas y las infecciones micorrizógenas obtenidas en los diferentes tratamientos. Esto puede ser debido a que *Pinus tropicalis* es una especie de crecimiento lento en sus primeros estadios.

TABLA 3

Rendimientos promedio y relativos obtenidos para *Pinus tropicalis*

Rendimientos promedio					
Tratamiento	Altura	Diámetro	Peso seco foliar	Peso seco raíz	Ectomicorriza (%)
Completo	2,8	2,84**	0,85*	0,70	2,5-----62
(-P)	2,7	1,69	0,27	0,20	1,2-----30
(-K)	2,5	2,67*	0,95*	0,72	1,0-----25
(-Ca)	2,4	2,55*	0,52	0,37	1,2-----30
(-Mg)	2,7	3,50*	0,90*	1,27*	2,5-----62
(-S)	2,7	4,04*	1,80*	1,75*	1,7-----42
(-B)	2,8	2,58*	1,00*	0,52	1,2-----30
(Micro)	3,4	2,35	0,72	0,85*	2,5-----62
(-N)	3,2	2,89*	1,02*	0,92*	2,7-----67
(Testigo)	2,6	1,23	0,30	0,25	2,2-----55
Error estándar	0,2624	0,4031	0,1768	0,1739	0,4958
Rendimientos relativos (%)					
(-P)	96	60	32	29	48
(-K)	88	94	112	103	40
(-Ca)	84	90	61	53	48
(-Mg)	97	123	106	181	100
(-S)	95	142	212	250	68
(-B)	99	91	118	74	48
(Micro)	122	83	85	121	100
(-N)	113	102	120	131	100
(Testigo)	92	43	35	36	88

*Diferencia significativa a 5% según prueba de Dunet.

**Diferencia significativa a 1% según prueba de Dunet.

A pesar de que las infecciones micorrizógenas muestran diferencias apreciables entre los tratamientos, el hecho de que las diferencias no sean significativas puede deberse a que la infección no se realiza con una sola cepa de hongo, sino con diferentes especies micorrizógenas nativas del suelo experimental, y probablemente con una dis-

tribución no uniforme en el suelo, debido al método de inoculación utilizado en los viveros forestales (coníferas) en Cuba, donde se adiciona 10% de suelo de pinar al resto del suelo por maceta.

El contenido de fósforo asimilable es muy bajo en la muestra inicial de suelo (Tabla 2), lo que explica la respuesta de esta especie a ese

elemento. Por otro lado, la fracción de fosfato Ca-P se encuentra presente en pequeñas cantidades –característico de estos suelos–, por lo que la adición de calcio favorecería el aumento de la concentración de esta fracción, cuya disolución previa podría realizarse a un pH bajo,

propio de este suelo y aumentar la disponibilidad de fósforo.

El análisis foliar corrobora que el fósforo está muy deficitario en el suelo (Tabla 4), pues los valores medios de fósforo foliar en el tratamiento testigo y el tratamiento sin fósforo (–P) son muy bajos.

TABLA 4
Contenido de elementos foliares
de *Pinus tropicalis*

Tratamiento	N	P	K
Completo	1,59	0,106	1,29
(–P)	1,79	0,037	0,529
(–K)	1,14	0,087	0,80
(–Ca)	1,50	0,870	1,15
(–Mg)	1,26	0,079	1,23
(–S)	1,44	0,087	1,37
(–B)	1,54	0,083	1,17
(Micro)	1,43	0,070	1,20
(–N)	1,41	0,090	1,30
(Testigo)	1,64	0,038	0,675

El calcio y los micronutrientes favorecen la absorción de fósforo por las plantas, ya que cuando esos elementos no se aplican, la concentración de fósforo en el follaje disminuye. Este hecho podría explicar la respuesta al calcio y a los microelementos en algunos de los índices evaluados.

El aumento de nitrógeno foliar, cuando no se aplica el fósforo, puede deberse a que la planta absorbe más nitrógeno para contrarrestar la deficiencia fosfórica [Mohren *et al.*, 1986], o a una inhibición del desarrollo radical más que a un antagonismo [Bonneau, 1973]. Al mismo tiempo la concentración de potasio foliar

disminuye, lo que refleja el antagonismo N-K reportado por Jiménez y Herrero (1984).

La matriz de correlación calculada refleja una correlación significativa entre el diámetro y peso seco foliar (Tabla 5). Por otra parte, las ecuaciones de regresión están acorde con los resultados, aunque se cumple para concentraciones bajas de fósforo. Esto quiere decir que, o bien las relaciones que explican el fenómeno completo son de otro tipo [Aguirre, 1980], o que en las ecuaciones es necesario contemplar las concentraciones de los restantes elementos que limitan la nutrición de la especie, o ambas.

TABLA 5

Ecuación de regresión entre los índices de respuesta y los contenidos de N, P y K

Índice de respuesta	Ecuación de regresión	R ²	r
Diámetro	$0,9679 - 0,53658N + 1,2922P$	0,7356	0,8577
Peso seco foliar	$1,4748 + 0,4229N + 18,95232P + 0,31K$	0,5966	0,7744

CONCLUSIONES

- La fertilidad del suelo es baja e incide negativamente en el diámetro y en los pesos secos foliar y radical de las posturas.
- El elemento que más limita el crecimiento y la infección micorrizógena es el fósforo.
- Las deficiencias de calcio se evidencian en los valores promedio de los pesos secos foliar y radical y la infección micorrizógena.
- La formación de la simbiosis micorrizógena está limitada por el boro y el potasio.
- Existe correlación significativa entre el diámetro y el peso seco foliar con el fósforo, el nitrógeno y el potasio foliar.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, C.: *Técnicas de fertilidad en los suelos forestales*, Ed. Sección Agrícola, Recursos Hidráulicos, México, 1980.

BEVEGE, D. I.; B. M. RICHARDS: «Principle of Practice of Foliar Analysis As a Basis for Crop-Logging in Pine Plantations. II. Determination of Critical Phosphorus Levels», *Plant and Soil*, 37 (1):159-169, 1972.

BONNEAU, M.: *The State of Research on Forest Fertilization*, FAO, IUFRO, París, 1973.

CHAMINADE, R.: «Diagnostic des carences minerales du sol pour l' experimentation en petit vases de vegetation», *Science du Sol*, deuxieme semestre, 1964.

CIF: *Técnicas analíticas de laboratorio*, CIF, La Habana, 1975.

DODD, J. C.; B. D. THOMPSON: «The Screening and Selection of Inoculant Arbuscular-Mycorrhizal and Ectomycorrhizal Fungi», *Plant and Soil*, 159:149-158, 1994.

ELLIOT, K. J.; A. S. WHITE: «Effects of Light, Nitrogen and Phosphorus on Red Pine Seedling Growth and Nutrient Use Efficiency», *Forest Science*, 40 (1):47-58, 1994.

GARBAYE, J.: «Premiere resultats de recherches sur la competitivite des champignons ectomycorhiziens», *Plant and Soil* 71:303-308, 1983.

JIMÉNEZ, M.; G. HERRERO: «Valoración preliminar de la influencia de los fertilizantes minerales en el crecimiento y desarrollo de una plantación de *Pinus caribaea* var. *Caribaea*», *Revista Forestal Baracoa* 14(2):17-24, 1984.

KELLIAN, J.; J. VELEY: «Diagnostic des carences minerales envases de vegetation sur que ques sols de Madagascar», *L'Agronomie Tropicale* 19(5):413-443, 1964.

MITCHELL, R. J.; G. S GARRET; A. ATALAY: «Boron and Ectomycorrhizae Influences on Mineral Nutrition of Container Growth *Pinus echinata* Mill.», *Journal of Plant Nutrition*, 13(2):1555-1574, 1990.

MOHREN, G. M.; J. B. VAN DEN; F. W. BURGER: «Phosphorus Deficiency Induced by Nitrogen Input in *Douglas fir* in the Netherlands», *Plant and Soil* 95:191-200, 1986.

PRITCHETT, W. L.: «Progress in the Development of Techniques and Standards for Soil and Foliar Diagnosis of Phosphorus Deficiency in Slash Pine», *Forest Fertilization, Theory and Practice*, T.V.A., Muscle Schools, Alabama, 1968, pp. 81-87.

SWART, W. J.; J. M. THERON: «Future Needs of Mycorrhizae Research in South African Forestry», *South African Journal* 153, June 1990:31-35, 1990.