

EFECTO DE NPK SOBRE LAS POSTURAS DE *Pinus maestrensis* EN VIVERO Y EN CAMPO

G. MOLINA¹, GRISSEL HERRERO², L. YERO¹, J. BANCHEZ¹
Y B. LOBAINA³

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados alcanzados en un estudio para conocer los efectos de los macroelementos NPK sobre las posturas, en vivero de *P. maestrensis* Bisse. Se utilizó un diseño San Cristóbal con 12 tratamientos y tres réplicas. Se evaluaron los índices de supervivencia y altura. Se comprobó que las posturas responden positivamente cuando se hacen aplicaciones de estos elementos en dosis convenientes. Los tratamientos $N_0 P_3 K_{0,15}$, $N_0 P_3 K_0$ y $N_{0,2} P_{1,5} K_{0,15}$ mostraron los mejores resultados. El fósforo es determinante para el crecimiento en altura y para la supervivencia. El nitrógeno influye positivamente en la altura pero deprime la supervivencia a partir de dosis medias. La aplicación de los tres elementos brinda los mejores rendimientos.

Manuscrito recibido para su publicación 21 de julio de 1987

¹ Investigadores aspirantes, ² investigador auxiliar y ³ técnico medio

Instituto de Investigaciones Forestales
Calle 174 No. 1723 e/ 17 B y 17 C, Reparto Siboney, Playa,
Ciudad de La Habana, Cuba

INTRODUCCION

La fertilización en vivero persigue el objetivo de poner a disposición de las posturas, una mayor fuente de alimentación en la primera etapa de su vida, con vistas a obtener plantas más vigorosas que resistan condiciones adversas cuando sean llevadas al campo (Bonneau, 1967).

Algunos suelos utilizados en la preparación de la mezcla para la producción de posturas, son pobres en algún elemento nutritivo necesario para su crecimiento, desarrollo y supervivencia, por lo que en estos casos resulta sumamente importante aplicar al suelo fertilizantes que, en lo fundamental, contengan los nutrientes deficientes.

Es necesario ser extremadamente cautelosos en el momento de elegir el tipo y dosis de producto a emplear (Ballard y Pritchett, 1975) por cuanto se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes, en la práctica, es un problema complejo. y de hacerse incorrectamente se pueden perjudicar las plantas, con los daños y pérdidas económicas resultantes (Samek, 1967).

De igual forma, cada especie responde de una manera diferente a la adición de nutrientes (Fornes et al., 1970; Baker y Brendemuehl 1972; Lea y Ballard, 1982) lo que hace necesario investigar en cada caso su comportamiento en este sentido, antes de proceder a realizar aplicaciones a escalas mayores.

En Cuba se han realizado investigaciones en vivero para analizar el comportamiento de las posturas ante la aplicación de fertilizantes inorgánicos, lo que ha servido de base para la ejecución de investigaciones posteriores; sin embargo, se puede considerar que esta es la primera experiencia en *P. maestrensis* Bisse.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental Forestal Guisa, ubicada en la precordillera Norte de la Sierra Maestra, situada a una altitud aproximada de 300 msnm. Según datos del observatorio Nacional (1965), citados por Frías et al. (1970), el clima en la zona de la Estación es de tropical a subtropical con un periodo de lluvias que se extiende desde abril hasta octubre y un régimen de temperatura promedio anual de 25°C.

Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 12 cm x 19 cm, las cuales se llenaron con una mezcla consistente en 90 % de suelo y 10 % de eachaza descompuesta.

A las semillas se les aplicó tratamiento pregerminativo consistente en inmersión en agua durante 24 horas con cambio de la misma a la mitad de ese tiempo.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño San Cristóbal con 12 tratamientos y tres réplicas, en cada una de las cuales fueron utilizadas 80 bolsas en total y 24 bolsas en la parcela útil. En cada extremo de los bloques (réplicas) se colocó una parcela sanitaria de 40 bolsas.

Como fuente de fósforo se empleó superfosfato triple (**SFT**), el cual se aplicó mezclado con el suelo ocho días antes de la puesta de semillas. El sulfato de amonio y el cloruro de potasio fueron las fuentes de nitrógeno y potasio, respectivamente, y ambos se aplicaron en solución. En la Tabla 1 aparecen las dosis en que fueron aplicados dichos productos.

Mediciones

Se realizaron mediciones de supervivencia, altura y peso seco foliar de las posturas durante los seis meses que duró el experimento. La supervivencia se tomó al mes y medio de la siembra y a los seis meses. La altura se midió cuatro meses posteriores a los cuatro meses después de la siembra y se repitió cada mes hasta finalizar la experiencia. Al terminar el periodo de observaciones, se cortaron 20 posturas de la parcela útil para posteriormente realizar el cálculo del peso de materia seca.

En esta investigación se tuvieron en cuenta todas las atenciones comunes en un vivero, tales como riegos efectuados diariamente con regaderas, escardas y atenciones fitosanitarias.

Además, las posturas fueron llevadas al campo, para lo cual se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y a una distancia de plantación de 2 m x 2 m. Las posturas de los tratamientos 2, 5, 6, 8 y 10 no pudieron ser plantadas por la baja supervivencia y las del tratamiento 4 por presentar escaso desarrollo radical, en diámetro y altura. Se efectuaron mediciones de diámetro, altura y conteos de supervivencia hasta los tres años después de efectuada la plantación.

Se procesaron estadísticamente los datos de las mediciones de los índices objeto de evaluación. En los casos que el análisis de varianza reveló diferencias significativas, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Los porcentajes de supervivencia se transformaron a arcosen para realizar dicho análisis. Para los índices que resultaron significativos, se les calculó la ecuación de respuesta para determinar las dosis adecuadas de nutrientes.

TABLA 1. Aplicación de los fertilizantes (g/bolsa).

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8 días antes de la siembra												
Super-fosfato triple	-	-	3	-	3	-	3	3	1,5	1,5	4,5	1,5
2,3 y 4 meses después de la siembra												
Sulfato de amonio	-	0,4	-	-	0,4	0,4	-	0,4	0,2	0,5	0,2	0,2
Cloruro de potasio	-	-	-	0,10	-	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,15

RESULTADOS Y DISCUSION

El primer contenido de supervivencia realizado fue el único índice que no presentó diferencias significativas entre los tratamientos estudiados (Tabla 2), En el segundo chequeo de este índice se detectaron diferencias significativas al 1 % de probabilidad. Los tratamientos 7, 4, 12, 1, 3 y 3 alcanzaron los valores más altos de supervivencia por lo que constituyen un grupo estadísticamente homogéneo; mientras, los tratamientos 10, 2 y 6 fueron los de más bajos porcentajes en este índice, sin diferencias de significación entre ellos. En estos últimos tres tratamientos, la supervivencia no llegó en ningún caso al 30 % (Tabla 2).

TABLA 2. Porcentaje de supervivencia alcanzado en cada tratamiento

No. de tratamiento	Tratamientos (g/bolsa)	Supervivencia promedio (%)	
		(45 días después de la siembra)	(6 meses después de la siembra)
1	$N_{0,0}P_{0,0}K_{0,0}$	66,38 ^a	49,43 ^{ab}
2	$N_{0,4}P_{0,0}K_{0,0}$	69,26 ^a	25,59 ^{cd}
3	$N_{0,3}P_{0,0}K_{0,0}$	63,63 ^a	45,17 ^{ab}
4	$N_{0,0}P_{0,0}K_{0,10}$	72,36 ^a	51,37 ^{ab}
5	$N_{0,4}P_{0,3}K_{0,0}$	67,20 ^a	32,13 ^c
6	$N_{0,4}P_{0,0}K_{0,10}$	66,45 ^a	23,49 ^d
7	$N_{0,3}P_{0,0}K_{0,10}$	69,42 ^a	51,90 ^a
8	$N_{0,4}P_{0,3}K_{0,10}$	65,49 ^a	30,81 ^c
9	$N_{0,2}P_{1,5}K_{0,05}$	66,27 ^a	49,26 ^{ab}
10	$N_{0,6}P_{1,5}K_{0,05}$	67,96 ^a	27,47 ^{cd}
11	$N_{0,2}P_{4,5}K_{0,05}$	70,06 ^a	43,85 ^b
12	$N_{0,2}P_{1,5}K_{0,15}$	67,45 ^a	50,03 ^{ab}

a - d Letras iguales no difieren significativamente a $P \leq 5\%$. Prueba de rangos múltiples de Duncan.

Puede observarse que los tratamientos que reportan supervivencias más bajas se corresponden con las aplicaciones más altas de nitrógeno y muy bajas o ninguna de potasio, principalmente, y fósforo. Las aplicaciones de potasio solamente (tratamiento 4) y las de fósforo y potasio (tratamiento 7) garantizan las mayores supervivencias. Sin embargo, la adición de los tres elementos de manera balanceada puede ofrecer buenos resultados como es el caso de los tratamientos $N_{0,2}P_{1,5}K_{0,05}$ (tratamientos 12, 9 y 11, respectivamente).

Similares resultados encontraron Jiménez y Herrero (1984) en un experimento de fertilización de Pinus caribaea en plantaciones.

La ecuación de respuesta calculada para la supervivencia al mes y media no fue significativa y a los seis meses de edad de las posturas se encontró la siguiente:

$$S = 47,85 - 44,89N + 3,01P - 1,13P^2 - 151,13NK$$

De dicha ecuación puede deducirse que el nitrógeno actúa negativamente sobre la supervivencia, así como la interacción **NK**, es decir, que en esta especie se manifiesta, como exponen otros autores (Themlitz, 1967) para otras especies, el antagonismo entre esos dos elementos.

La supervivencia aumenta hasta una dosis determinada de fósforo, a partir de la cual comienza a decrecer.

Esa dosis óptima de fósforo calculada a partir de la ecuación de respuesta es de 13 g de SFT/bolsa.

En la Tabla 2 se observa que la supervivencia se ve favorecida en vivero cuando se aplica potasio solamente (tratamiento 4), la combinación NP (tratamiento 7) y NPK (tratamiento 12). Sin embargo, las dosis estudiadas de potasio no permiten determinar la cantidad óptima a aplicar cuando se evalúa la supervivencia.

Sería de gran interés continuar el estudio de este aspecto, pues esta especie muestra problemas grandes con ese índice tan importante para realizar planes rentables de reforestación con la misma.

En cuanto al crecimiento promedio en la altura de las posturas, se observaron diferencias altamente significativas en las tres mediciones realizadas (Tabla 3). Los tratamientos 1, 2, 4 y 6 no contemplaron aplicación de superfosfato triple antes de la siembra y resultaron significativamente inferiores, mientras que con el resto de los tratamientos (3, 5, 7, 8, 9, 10, 11 y 12), en los que sí se aplicó este nutriente, se lograron posturas con alturas promedios de 46, 58 y 63 % superiores en las tres mediciones respectivas. Es decir, la aplicación de superfosfato triple como fuente de fósforo antes de la siembra, influyó de forma significativa en la altura. Semejantes resultados obtuvieron Cameron et al. (1981) en una experiencia sobre P. caribaea var. hondurensis.

La importancia del fósforo en el crecimiento de especies forestales la han demostrado, entre otros autores, Baker y Brendemuehl (1972), Burley et al. (1973), Batlard y Pritchett (1975), Jiménez y Herrero (1984) para coníferas y Braga et al. (1982) para eucalyptus.

La ecuación de respuesta para la altura (a los seis meses) en dependencia de los nutrientes aplicados se expone a continuación:

$$h = 6,93 + 7,68N + 4,24P - 20,97N^2 - 0,77P^2$$

De la misma puede inferirse que la aplicación conjunta de N y P determina el crecimiento de las posturas de *P. maestrensis*. No obstante la aplicación de los tres elementos, generalmente, es más aconsejable, pues se evitan desequilibrios nutrimentales (Herrero *et al.*, 1985).

En la Tabla 3 se puede observar que el tratamiento 5 (N_{0,4}P₃) es superado solamente por aquellos que se corresponden con aplicaciones de todos los elementos y por el tratamiento 3.

TABLA 3. Altura promedio (cm) de cada tratamiento en vivero.

Tratamientos	A los 4 meses	A los 5 meses	A los 6 meses
1	4,83 ^a	5,37 ^a	6,77 ^a
2	4,67 ^a	5,37 ^a	6,80 ^a
3	8,00 ^{bc}	9,73 ^b	12,90 ^{bc}
4	4,53 ^a	5,23 ^a	6,83 ^a
5	7,90 ^{bc}	9,43 ^b	12,27 ^{bc}
6	4,57 ^a	5,50 ^a	5,93 ^a
7	7,70 ^{bc}	8,73 ^b	12,00 ^{bc}
8	8,20 ^c	10,27 ^b	13,57 ^c
9	7,83 ^{bc}	8,97 ^b	14,03 ^c
10	7,07 ^b	8,77 ^b	11,17 ^b
11	7,80 ^{bc}	9,43 ^b	13,70 ^c
12	7,63 ^{bc}	9,00 ^b	12,73 ^{bc}

^{a, b, c} Letras iguales no difieren significativamente a $P \leq 5\%$. Prueba de rangos múltiples de Duncan.

Las dosis óptimas calculadas a partir de la ecuación fueron, para el nitrógeno, de 0,18 g de Sulfato de amonio por bolsa y para el fósforo, de 2,75 g de SFT/bolsa.

La dosis de N calculada coincide con la mínima ensayada, por lo cual deberían realizarse estudios donde se apliquen cantidades inferiores a esa.

El fósforo es el elemento que influye de manera similar tanto para la supervivencia como para la altura. Sin embargo, el potasio y el nitrógeno ejercen efectos diferentes sobre ambos índices. Para lograr a la vez buenas rendimientos integralmente aconsejable la combinación NPK.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la fórmula $N_{0,2} P_{2,75} K_{0,15}$ sería la más adecuada para garantizar supervivencias y alturas mayores. No obstante, la dosis propuesta debe ser perfeccionada de acuerdo con los criterios expuestos en este trabajo y tener en consideración el papel de vital importancia que juegan los hongos micorrizógenos en el desarrollo y crecimiento de especies forestales (Ferrer *et al.*, 1983; Herrera *et al.*, 1983).

Los resultados del comportamiento de las posturas en el campo se resumen en las Tablas 4 y 5.

La supervivencia se comporta, según los tratamientos, de manera diferente en plantaciones y viveros.

Para ganar claridad en la selección de un adecuado tratamiento se calculó la cantidad de posturas que se perderían tanto en vivero como en la plantación, sobre la base de la supervivencia obtenida en cada uno de ellos con un volumen de 1 000 plantas. De acuerdo con esos datos, si se aplicara las cantidades estimadas de los fertilizantes para los tratamientos 9 y 11, se perderían más plantas que con la aplicación. Los tratamientos 7, 3 y 12 aseguran mayor supervivencia y, además, árboles de mayor altura y diámetro.

TABLA 4. Porcentaje de supervivencia en el campo ⁽¹⁾

Tratamientos	Al mes	Al año	A los 3 años
1	90,00	68,85	68,85
3	90,00	81,39	81,39
7	90,00	76,84	76,84
9	90,00	68,10	68,10
11	90,00	73,40	73,40
12	83,85	68,66	68,66

⁽¹⁾ No hay diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 5. Altura, diámetro y volumen maderable promedios para cada tratamiento.

Tratamientos	Mes	Altura (m)		DAP (cm)		V(m ³ /ha)
		Año	3 años	3 años	3 años	
1	0,11 ^b	0,33 ^b	1,84 ^a	1,50 ^a	0,47 ^a	
3	0,20 ^a	0,57 ^a	2,13 ^a	2,03 ^a	1,23 ^a	
7	0,19 ^a	0,56 ^a	2,30 ^a	2,06 ^a	1,46 ^a	
9	0,21 ^a	0,52 ^a	1,90 ^a	1,63 ^a	0,57 ^a	
11	0,22 ^a	0,62 ^a	2,33 ^a	1,96 ^a	1,16 ^a	
12	0,20 ^a	0,59 ^a	2,28 ^a	2,30 ^a	1,55 ^a	

^{a,b} Letras iguales no difieren significativamente a $F \leq 5\%$ Prueba de rangos múltiples de Duncan.

Las dosis calculadas de las curvas de respuesta a $N_{0,2}$, $P_{2,75}$, $K_{0,15}$ podrían brindar buenos resultados, pues se aumenta la cantidad de P a un valor similar al correspondiente a los tratamientos 7 y 3, mientras que mantiene la de N y K del tratamiento 12.

CONCLUSIONES

- Las posturas de *P. maestrensis* Bisse responden a la fertilización en vivero.
- El fósforo desempeña el papel de mayor importancia en el crecimiento en altura de las posturas y en la producción de materia seca foliar, así como en la supervivencia, cuando se adiciona con potasio.
- El nitrógeno influye positivamente en el crecimiento en altura de esta especie cuando se aplica combinado con el fósforo y en altas concentraciones, reduce la supervivencia de las posturas de *P. maestrensis* Bisse en vivero.
- La adición conjunta de los tres elementos permite aumentar la altura y la supervivencia de las posturas en vivero y en campo.
- La dosis adecuada calculada a partir de las ecuaciones de respuesta fue $N_{0,2}$, $P_{2,75}$, $K_{0,15}$.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar 0,2 g de sulfato de amonio, 2,75 g de **SFT** y 0,15 g de cloruro de potasio por bolsa o una fórmula completa de fertilizante mineral NPK en cantidad equivalente a las dosis propuestas.
- Realizar otras Investigaciones donde se estudien combinaciones de los tres elementos en dosis de nitrógeno más bajas y de potasio más altas y compararlas con aplicaciones de 3 g de **SFT** por bolsa y 3 g de **S F T** 0,1 mg de cloruro de potasio por bolsa.
- Tener en cuenta el papel de las micorrizas en la calidad de las posturas para futuras investigaciones.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF THE MACRONUTRIENTS NPK ON *P. maestrensis* SEEDLINGS IN THE NURSERY

In this work are presented the results arising in a study in order to know the effects of the macronutrients **NPK** on *P. maestrensis* seedlings in the nursery. A San Cristobal design was used with 12 treatments and three replications. Height and survival parameters were evaluated. It was verified that the seedlings response positive and when these elements are applied in adequate doses. The $N_0P_3K_{0,1}$, $N_0P_3K_0$ y $N_{0,2}P_{1,5}K_{0,15}$ (g/planta) treatment showed the best results. Phosphorus is determinant for the growth in height and survival.

Nitrogen influences positively on height, but reduces survival when applied mid dose. The application of the three elements offers the best yields.

BIBLIOGRAFIA

- BAKER, J.B. and R.H. BRENDENMUEHL. Soil phosphorus level adequate for growth of Ocala sand pine seedlings, a

greenhouse evaluation, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36 (4): 666-667, 1972.

BALLARD, R. and W.L. PRITCHETT. Utilization of soil and fertilizer phosphorus compounds by slash pine seedlings in relation to theirs solubility, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39 (3): 537-540, 1975.

BRAGA, J.M., D. ROCHA, J.T. LIMA THIEBAUT y M.J.B. NEVES. Efecto de las fuentes de fósforo sobre el crecimiento de Eucalipto Ceres 29 (164): 352-358, 1982.

BURLEY, J., A.B. AWAN y G. FRIAS. Investigación preliminar de un ensayo de fertilizante del P. caribaea var. caribaea; Un estudio representativo de diseño y análisis. Revista Forestal Baracoa 3 (1-2): 11-24, 1973.

CAMERON, M.D., S.I. RANCE y E.R. WILLIAMS. Respuesta a los fertilizantes de P. caribaea var. hondurensis sobre un suelo rojo tropical. Australian Forestry Research 11 (1): 35-45, 1981.

FERRER, A., T. CABRERA y S. HERRERA. Perspectivas para la utilización de las micorrizas ectótrofas en el cultivo de P. caribaea var. caribaea. -- Resúmenes Primer Seminario Científico Forestal. -- La Habana; Centro de Investigación Forestal, 1983. -- p. 93.

FORNES, D.H., J.V. BERGLUND y A.L. LEAF. A comparison of the growth and nutrition of Picea abies (L.) and Pinus resinosa on a K-deficient site subjected to K fertilization. Plant and Soil 33 (2): 345-360, 1970.

FRIAS, G., A.B. AWAN y R. NAVIA. Los suelos de la Estación Experimental Forestal de Guisa. -- La Habana, CIF, 1970. -- 15 p.

HERRERA, R., R. FERRER, T. CABRERA, S. HERRERA, M. OROZCO, A. FERRER, y N. BOUZA. Propuesta para el uso de micorriza en varios cultivos de Cuba. Resúmenes del VI Foro Científico. -- Academia de Ciencias de Cuba. -- La Habana; 1983.

- HERRERO G., A. BETANCOURT, A. GARCIA, M. JIMENEZ y A. ROMERO. Influencia de la fertilización mineral y orgánica en el crecimiento de P. caribaea. -- Resúmenes del VIII Foro Científico de la Academia de Ciencias de Cuba. -- La Habana: Academia de Ciencias de Cuba, 1985.
- JIMENEZ, M. y G. HERRERO. Valoración preliminar de la influencia de fertilizantes minerales en el crecimiento y desarrollo en una plantación de P. caribaea var. Caribaea. Revista Forestal Baracoa 1984, 7:24, 1984.
- LEA, R. and R. BALLARD. Predicting loblolly pine growth response from N fertilizers using soil N availability indices. Soil Sci Soc. Am. J. 46 (5): 1096-1099, 1982.
- SAMEK, V. Elementos de silvicultura de los pinares. -- La Habana: Universidad de La Habana, 1967. -- 102 p.
- THEMLITZ, R. El valor indicativo de los análisis del suelo y agujas. Rev. de la Potasa. Sección 22/19: 8, 1967.
- BONNEAU, M. Choix du sol et fumures organique et minérale pour les pépinières forestières. La Fumure des Pépinières 47-56, 1967.