

EFFECTO DE LA DOSIS DE P AL ALMACIGO, EN ECONOMIA DEL P, EN POST-PLANTACION Y RITMO DE ABSORCION NPK EN TOMATES Ace 55 VF, CULTIVADOS AL AIRE LIBRE¹

Effects in established tomato plants of P rates applied in seedbed and NPK absorption rhythm of cv Ace 55 VF

Rafael Ruiz S.² y Walter Rathgeb P.³

SUMMARY

Phosphorus nutrition was more important than N nutrition in seedlings of tomatoes, at the nursery. The opposite occurs under field conditions. This results can be explained by the different way these two nutrients are absorbed.

It was also demonstrated that an excess of phosphate during the seedling stage, produces a faster growth and a larger early production of fruits. Also, these experiments showed that in the case of a mild to medium phosphorus deficiency (without P, the yield was 77% of the maximum), the application of high doses of P at the nursery can obviate the need of P under field conditions. In this experiment, the best yield was obtained with high doses of P in nursery, plus an optimal dose in the field, according to previous experimental determinations.

The absorption of N, P and K increases sharply from transplantation to flowering, period in which the rate of absorption reaches up to 1.4, 0.25 and 1.75 kg/ha/day, respectively. This rates are demanded by vegetative growth, principally. The maximum absorption rate of N and K occurs at the beginning of the harvest period (1.9 to 1.75 kg/ha/day) and is demanded by the actively growing fruitlets. The absorption of P does not increase in this period. Absorption rates of the three nutrients decreases sharply, towards the end of the growing season.

INTRODUCCION

Una jerarquización de las necesidades de fertilización del tomate cultivado al aire libre en la zona central del país, indica que el N es el principal elemento que limita los rendimientos, siendo P el segundo en importancia (Ruiz, 1986; Alvarado y Rodríguez, 1975). Sin embargo, el fósforo tendría el papel preponderante a nivel de plántulas en condición de almácigo (Walter Rathgeb, ANASAC, comunicación personal).

La experiencia presente, consistió, en primer lugar, en validar la información anterior, a nivel de almácigo, y luego medir los efectos con posterioridad al trasplante, en cuanto a producción y necesidades de fertilización fosfatada. Paralelamente, se pretendió medir el ritmo de absorción de los macronutrientes NPK, desde el trasplante hasta el fin de la cosecha comercial.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental La Platina (INIA), entre el período de almácigo y trasplante de tomates, variedad Ace 55 VF, constituyendo con ello, los ensayos 1 y 2, respectivamente.

Ensayo Nº 1: experimento en almácigo

Un primer estudio consistió en la comparación de la respuesta vegetativa a diferentes dosis de N y P combinadas en un diseño factorial. El N se probó en dosis equivalentes a 0, 45, 90 y 135 kg de N/ha y el P a 19,6; 39,2 y 58,9 kg de P/ha. Las parcelas fueron de 1 x 1 m y los 16 tratamientos se repitieron 4 veces, incorporándose los fertilizantes (urea y superfosfato triple) molidos y mezclados con material inerte, para homogenizar la aplicación. El análisis de suelo previo a la siembra, indicó un valor bajo de N mineral (8 ppm) y de P (2 ppm, Olsen). El suelo era de pH alcalino (8,1) y bajo en materia orgánica (2,1%). Las mediciones consistieron en determinación de m.s. y análisis del contenido de N y P de las plantas, incluyendo la raíz.

¹Recepción de originales: 12 de septiembre de 1989.

²Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

³ANASAC, Almirante Pastene 300, Providencia, Santiago, Chile.

Ensayo Nº 2: experimento almácigo-trasplante

En base a la información anterior se desarrollaron plántulas de almácigo con diferentes estados de nutrición fosfatada, incluyendo una estimada "excesiva", con el propósito de incorporar la mayor cantidad de fósforo posible a la planta en la etapa de pre-plantación. Las dosis en que se desarrollaron las plántulas, fueron: 0; 39,2 y 117,6 kg de P/ha equivalente, manteniéndose el N fijo en 135 kg/ha.

Al trasplantar, las plantas procedentes de cada uno de los tratamientos fosforados en el almácigo, se analizaron químicamente y se plantaron en parcelas donde previamente se había adicionado fósforo (como superfosfato triple), en dosis 0; 19,6 y 39,2 kg/ha, con una dosis fija de N (150 kg/ha). Los tratamientos repetidos 4 veces, fueron los indicados en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Dosis de P aplicadas al almácigo y trasplante
TABLE. 1. Field and nursery P doses applied

Tratamiento	Dosis de Fósforo (kg P/ha)	
	Almácigo	Trasplante
1	0	0
2	0	19,6
3	0	39,2
4	19,6	0
5	19,6	19,6
6	19,6	39,2
7	117,6	0
8	117,6	19,6
9	117,6	39,2

Las parcelas fueron de tres hileras, de 10 m de largo, separadas a 1,5 m; la distancia de plantación sobre la hilera fue de 0,25 m. En esta disposición resultan 26.666 plantas/ha.

Los primeros 5 m de cada parcela se destinaron a diferentes mediciones del desarrollo vegetativo y reproductivo, lo cual implicó la destrucción de las plantas. Los muestreos siguientes se efectuaron en los sectores restantes, con la población original de plantas/ha. Las mediciones contemplaron estados fenológicos y m.s. de las partes reproductivas y vegetativas, desde el trasplante hasta el inicio de la cosecha, al momento de los primeros frutos en pinta. Los análisis de la absorción de nutrientes en el tiempo se efectuaron combinando la información del seguimiento del desarrollo vegetativo en el tiempo hasta inicio de cosecha, con el desarrollo

reproductivo. La absorción de nutrientes que demanda el proceso de fructificación, desde flor a fruto apto para cosecha, fue estimado de la siguiente forma: conocido el lapso promedio de tiempo desde flor a fruto (45 días), se asumió que la extracción medida en el momento de cosecha (peso seco de la cosecha x porcentaje de nutriente), aumenta en forma lineal, desde el momento de la floración-cuajado, que ocurre 45 días antes. Por superposición de las rectas correspondientes a cada fecha de cosecha, se calculó la absorción acumulada y la tasa diaria de demanda.

RESULTADOS Y DISCUSION**Ensayo Nº 1: experimento en almácigo**

La respuesta de las plántulas de almácigo a diferentes combinaciones NP se indica en la Figura 1. Se observa que el P es claramente el elemento más limitante, al extremo que, sin P, no hay efecto de la adición de N. La extrema deficiencia de P al almácigo, fue visible por el desarrollo notablemente restringido y el color azul-violáceo de las plantas. La respuesta al N se manifiesta sólo una vez que se adiciona P al suelo y aumenta claramente hasta las dosis equivalente a 90 kg de N/ha. La respuesta al P en m.s., alcanza hasta una dosis de 39,2 kg/ha.

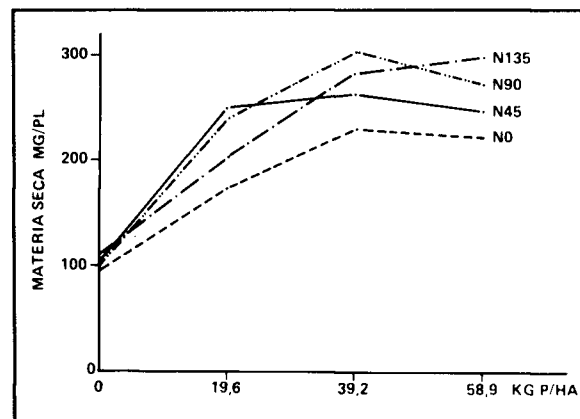


FIGURA 1. Respuesta de plántulas de tomate en condiciones de almácigo a diferentes combinaciones N-P.

FIGURE 1. Tomatoes seedling response to different N-P combinations.

La preponderancia de la deficiencia de P sobre la de N, se puede visualizar también al comparar el estado nutricional interno de la planta. En la Figura 2, se ha graficado los valores de concentración de N y P promedios de la plántula, respecto al rendimiento relativo en m.s. (máximo = 100%). Para

el caso de P, se seleccionó los tratamiento con aporte suficiente de N (90 y 135 kg/ha) y para el N, aquellos en que el P no es limitante (39,2 a 58,9 kg de P/ha).

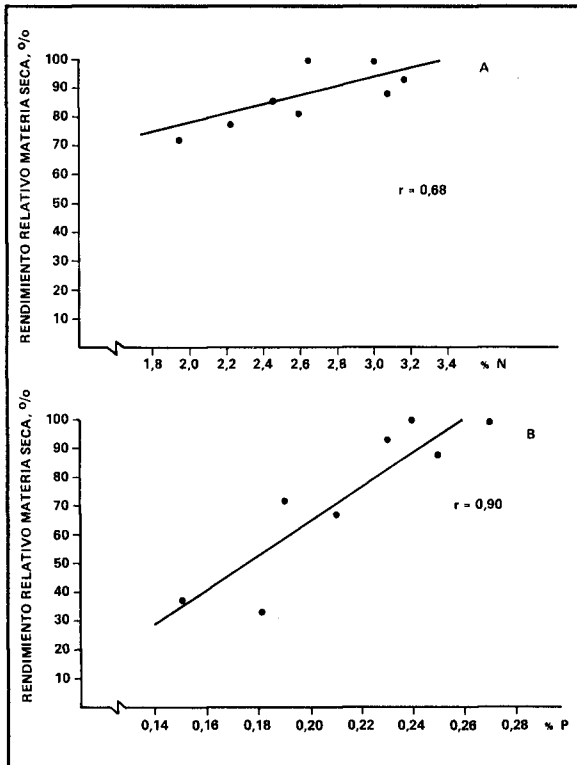


FIGURA 2. Relación entre el porcentaje de nitrógeno (A) y de fósforo (B) en plántulas y el rendimiento relativo en materia seca.

FIGURE 2. Seedling dry matter yield in relation to percentage of N (A) and P (B).

Se observa que el desarrollo de las plantas está más limitado por P que por N. En el primer caso los valores bajos de P permiten alcanzar sólo el 40% del rendimiento máximo; mientras que con los bajos niveles de N, se logra el 70-80% del máximo. Fijando como criterio el 85% del rendimiento máximo es posible estimar el nivel crítico para N al estado de plántulas de almácigo en alrededor de 2,4% para P, dicho rango estaría alrededor de 0,23%, base m.s.

Los resultados obtenidos indican una mayor respuesta al P que al N al estado de plántulas, lo que podría explicarse por la diferente forma en que ambos se absorben. Las formas disponibles de N (nitrato, amonio) están en la solución del suelo y son absorbidos por flujo masivo. El P, en cambio, está ligado a la fracción coloidal y las raíces deben "interceptarlo" para que pueda ser absorbido. Si el

suelo es bajo en P disponible, como es en este caso, y por otra parte la plántula tiene en esta etapa un alto requerimiento fisiológico de este nutriente, la incapacidad de absorción se refleja en crecimiento del sistema radicular (Cuadro 2) y éste no puede explorar otras zonas del suelo para absorber más P.

CUADRO 2. Características de las plantas bajo diferentes tratamientos fosforados en el almácigo, al momento del trasplante
TABLE 2. Characteristics of the nursery plants growing under different P treatments, at the moment of transplanting

Características	Fertilización Fosfatada, kg P/ha		
	0	39,2	117,6
Color	Verde azulado	Verde normal	Verde normal
Peso seco raíz, mg	19,0	34,0	51,0
Peso seco planta entera, mg	126,0	213,0	298,0
Altura, cm ¹	14,9	18,2	23,9
Nº hojas	3,0	3,3	3,8
Porcentaje de P ²	0,18	0,21	0,25

¹Incluye raíz.

²En planta entera.

Ensayo Nº 2: experimento almácigo-trasplante

En base al planteamiento anterior se efectuó otro experimento bajo la hipótesis de que si se adiciona un exceso relativo de P (absorción en la zona de "consumo de lujo") a la plántula de tomate, ésta estaría en condiciones de desarrollar un sistema radicular capaz de obviar esta etapa crítica inicial y adquirir el P necesario, posteriormente en el sitio de plantación.

Las características de las plántulas después de finalizada la etapa de almácigo e inmediatamente antes del trasplante, se indican en el Cuadro 2. Se observa importantes diferencias morfológicas y de contenido de fósforo, en dicho momento (14.11).

Las diferencias en el desarrollo posterior, hasta el inicio del cuajado, se indican en la Figura 3. Se observa que la adición de una dosis alta de fósforo al almácigo, sin adición de P al trasplante, posibilita un desarrollo radicular comparable al tratamiento que lleva adicionalmente 39,2 kg de P/ha al trasplante, al menos hasta la fecha de la última medición (inicio cuajado).

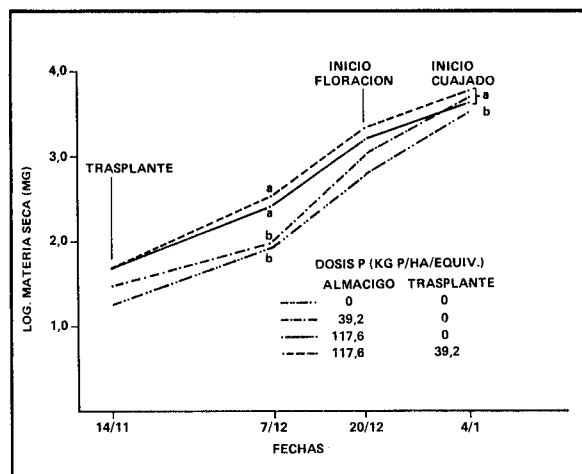


FIGURA 3. Desarrollo de la biomasa radicular en relación a diferentes combinaciones de P al almácigo y trasplante.

FIGURE 3. Root biomass in relation to different P combinations at seedling and field conditions.

También en fenología se observan diferencias debidas al tratamiento de P. En el Cuadro 3 se han contrastado los tratamientos sin fósforo al almácigo y al trasplante vs. el tratamiento con dosificación alta al almácigo y a la plantación.

La fructificación es mayor y más precoz por efecto de la adición de P. El número total de frutos cuajados hasta el inicio de la cosecha es el doble por efecto de la nutrición fosfatada.

Los resultados en cuanto a la producción comercial precoz (primera y tercera cosecha; 31.01 al 28.02) y total (hasta el 15.04), se indican en el Cuadro 4.

Se observa que mediante la agregación de una dosis alta de P al almácigo y sin aplicación al trasplante (trat. 7), la producción precoz de tomate es significativamente mayor ($P < 0,05$) a la del tratamiento que lleva P en dosis de 19,6 kg/ha en el terreno definitivo de plantación. Este efecto positivo de la alta dosis de P al almácigo en precocidad de producción también puede observarse al comparar los tratamientos 8 y 9, los que se igualan a pesar de llevar diferente dosis de P al trasplante (Cuadro 4). Los datos obtenidos tienen una relación causal con los de fenología (Cuadro 2) y confirmarían la hipótesis de que al adicionar fósforo en exceso a las plántulas, éstas pueden crecer más rápidamente al no existir limitante nutricional al crecimiento radicular. Este crecimiento más rápido posibilita un desarrollo vegetativo más acelerado y, como consecuencia, una mayor producción precoz.

CUADRO 3. Efecto del fósforo en la fenología de la planta de tomate a partir de la fecha de trasplante¹

TABLE 3. P effect in tomatoe plant phenology after date transplantation

Fecha:	20.12		04.01		18.01		31.01	
	Sin P	Con P	Sin P	Con P	Sin P	Con P	Sin P	Con P
Nº hojas	14,5	32,2	44,0	50,0	66,0	90,0	76,0	130,0
Nº racimos florales	1,0	3,3	10,0	18,0	12,0	35,0	26,0	51,0
Nº flores por inflorescencia	3,25	5,25	6,1	8,0	4,6	5,6	6,4	4,4
Nº frutos (1er. ramillete)	-	-	-	1,0	3,0	7,0	3,0	3,0
Nº frutos (2do. ramillete)	-	-	-	-	4,0	12,0	10,0	19,0
Nº frutos (3er. ramillete)	-	-	-	-	-	-	9,0	19,0
Nº total frutos	-	-	-	1,0	7,0	19,0	22,0	41,0
Nº tallos laterales	-	-	-	-	-	-	8,0	12,0

¹Sin P: 0 kg/ha de P al almácigo y trasplante; Con P: 117,6 kg/ha al almácigo y 39,2 kg/ha al trasplante.

CUADRO 4. Producción precoz (primera a tercera cosecha) y producción total de tomates comerciales tratamientos fosfatados al almácigo y trasplante
TABLE 4. Early total tomatoes production under different phosphate treatments at seedling and field conditions

Nº	Pa ¹	Pt ¹	Cosecha Precoz (ton/ha)	Cosecha Total (ton/ha)
1	0	0	9,0 a ²	43,1 a
2	0	19,6	10,9 ab	50,1 ab
3	0	39,2	13,0 bc	51,8 bc
4	39,2	0	10,3 a	47,5 bc
5	39,2	19,6	15,4 cd	50,8 bc
6	39,2	39,2	15,6 cd	50,8 bc
7	117,6	0	14,6 cd	51,3 bc
8	117,6	19,6	18,2 de	56,3 d
9	117,6	39,2	20,2 e	56,3 d

¹Pa: fósforo al almácigo en kg/ha equiv.; Pt: fósforo al trasplante en kg/ha.

²Promedios seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo al test de Duncan con 5% de protección.

El planteamiento puede también explicar los efectos favorables obtenidos al mezclar la semilla de tomate con Osmocote más superfosfato triple concentrado (Mesa, Zelazny y Orth, 1974); en dicho experimento, las plantas provenientes de semillas tratadas, presentaron un mejor desarrollo durante el estado de plántulas, lo cual se tradujo en mayores producciones hasta la tercera cosecha.

A medida que las plantas se desarrollan, las diferencias van desapareciendo paulatinamente, lo cual puede explicarse porque las precoces van alcanzando la etapa descendente de la sigmoide que caracteriza el crecimiento vegetativo-reproductivo, mientras las más tardías alcanzan la etapa exponencial de crecimiento. Considerando el total de la cosecha, se observa que el tratamiento que lleva P solamente al almácigo en la dosis más alta, se iguala a otros que llevan dosis en terreno y resulta significativamente superior ($P \leq 0,05$) al testigo absoluto sin P al almácigo y al trasplante. Por otra parte, el rendimiento máximo se obtuvo combinando una alta dosis al almácigo con 19,6 ó 39,2 kg de P/ha al trasplante (Cuadro 4). Esta situación indica que el tratamiento al almácigo tuvo un efecto que no es reemplazable por dosificaciones indicadas como suficientes para este tipo de suelos y rendimientos (Ruiz, 1986).

En cuanto a la absorción de nutrientes en el tiempo, ésta se presenta para el tratamiento de máximo rendimiento (56 ton/ha), en las figuras 4, 5 y 6.

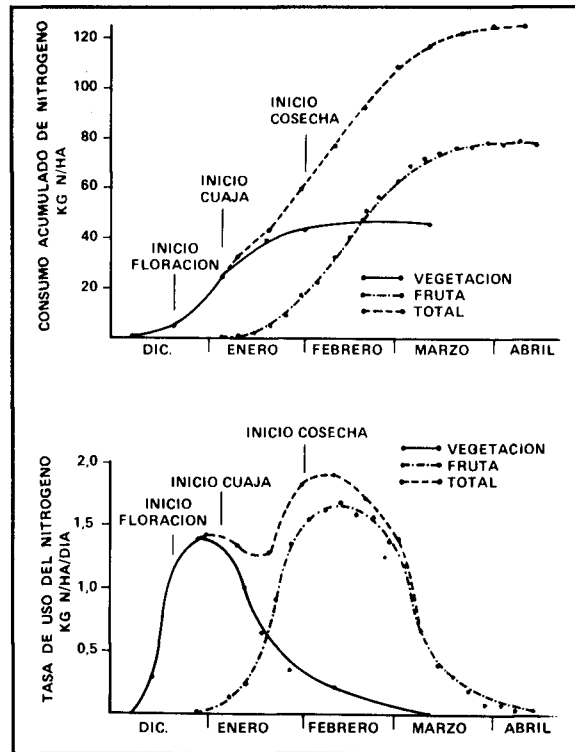


FIGURA 4. Ritmo de absorción de nitrógeno.

FIGURE 4. Absorption rhythm of N.

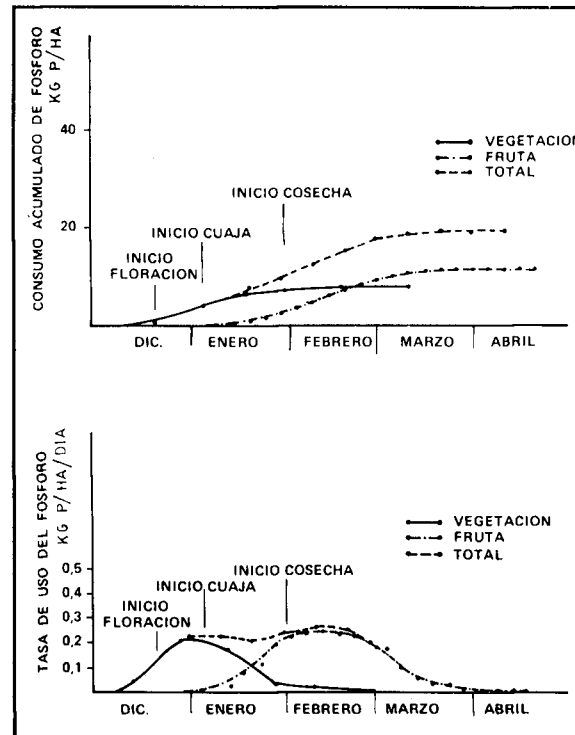


FIGURA 5. Ritmo de absorción de fósforo.

FIGURE 5. Absorption rhythm of P.

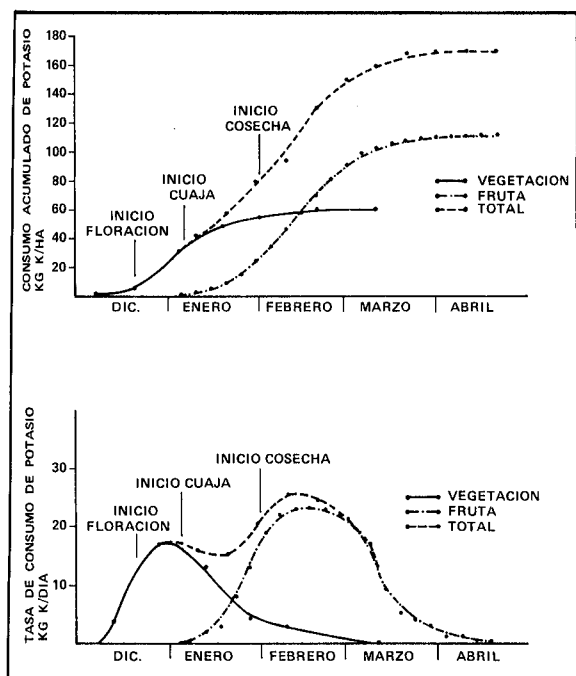


FIGURA 6. Ritmo de absorción de potasio.

FIGURE 6. Absorption rhythm of K.

Al inicio de cosecha (primeros frutos en pinta), se han absorbido 65 kg de N (Figura 4), 10 kg de P (Figura 5) y 84 kg de K (Figura 6), lo que significa aproximadamente la mitad del total absorbido desde el trasplante hasta el fin de la cosecha. Hasta el inicio de cosecha, aproximadamente 3/4 de los nutrientes absorbidos corresponde a la demanda de la estructura vegetativa, raíz incluida. De allí en adelante está determinada por la fructificación. En total, para el rendimiento alcanzado, se ha consumido 125 kg de N, 170 kg de K y 20 kg de P o en términos de kg por tonelada de fruta: 2,5 kg de N, 3 kg de K y 0,35 kg de P/ton.

En el caso del N (Figura 4) y del K (Figura 6), la tasa de demanda se incrementa fuertemente a partir del trasplante, hasta el inicio de la floración. En ese momento, la tasa de uso del N y de K está dada por el aumento de la parte vegetativa que alcanza a 1,4 kg de N/ha/día y 1,75 kg de K/ha/día. Estos valores se mantienen estables durante el inicio del cuajado y crecimiento inicial de los frutos; luego, la demanda crece y se alcanzan los máximos al inicio de la cosecha comercial (1,9 kg de N y 2,5 kg de K/ha/día), decreciendo posteriormente. En cuanto al P (Figura 5), la tasa de demanda es creciente hasta inicio de floración y luego permanece prácticamente estable en 0,25 kg de P/ha/día hasta mediados de febrero, en que se ha cosechado el 18% de la fruta. Posteriormente, decrece al igual que el N y el K.

RESUMEN

En experiencia sobre fertilización N y P en almácigo de tomates, se encontró que la nutrición de P es más limitante que la de N, en circunstancias que, experiencias anteriores, en el mismo suelo, indican que en tomate trasplantado la situación es inversa. Estos resultados pueden explicarse por la diferente forma en que se absorben ambos elementos.

También se pudo demostrar que la fertilización con P en exceso, durante la etapa de almácigo, permite acelerar el desarrollo de las plantas y adelantar el momento de cosecha. Por otra parte, los ensayos indicaron que en el caso de este suelo, cuya deficiencia de fósforo, enjuiciada biológicamente, es leve a media (rendimiento testigo sin fósforo fue el 77% del rendimiento máximo), la aplicación de altas dosis de P al almácigo permiten obviar las aplicaciones de P en la plantación. Incrementos

adicionales de rendimiento se obtuvieron al combinar altas dosis de P al almácigo con dosis en terreno consideradas suficientes, de acuerdo a la información anterior.

La tasa de absorción de N, P y K se incrementa fuertemente desde el trasplante hasta el inicio de floración, en que se llega a 1,4; 0,25 y 1,75 kg/ha/día, respectivamente; estas tasas están dadas principalmente por el desarrollo vegetativo. En el caso del N y del K, las tasas llegan a los máximos al momento de inicio de cosecha (1,9 y 1,75 kg/ha/día) y se deben a la demanda de los frutos pequeños en crecimiento activo, mientras el fósforo se mantiene estable. Las tasas de demanda de N, P y K, descienden fuertemente hacia el final de la estación de crecimiento.

LITERATURA CITADA

ALVARADO, P. y RODRIGUEZ, H. 1975. Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre rendimiento y calidad industrial del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Cultivar ES-24. Investigación Agrícola (Chile) 1 (2): 90-93.

RUIZ S., RAFAEL. 1986. Respuesta del tomate para consumo fresco a la fertilización NPK y a la parcialización de la dosis de nitrógeno. Agricultura Técnica (Chile) 46 (4): 415-422.

MESA, J.L., ZELAZNY, L.W., and ORTH, R.G. 1974. Tomato seedling response to banded sulfur-coated and uncoated phosphorus in a carbonatic soil. Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings 33: 196-199.