

Concentración crítica de potasio en durazneros

Prunus persica (L.) Batsch¹

Domingo Godoy H.², Carlos Muñoz S.³ y Bruno Razeto M.⁴

INTRODUCCION

En Chile sólo desde hace unos pocos años se está empleando la técnica del análisis de tejidos como medio de diagnóstico del estado nutricional de plantaciones frutales, lo que hace

necesario establecer estándares nutricionales para un crecimiento y rendimiento óptimos.

En este trabajo se establecen los estándares para potasio en durazneros, empleando la téc-

¹Parte de la Tesis presentada a la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile por Carlos Muñoz S., como uno de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Recepción manuscrito: 13 de mayo de 1971.

²Ing. Agr., Proyecto Fruticultura, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Casilla 5427, Santiago, Chile. Profesor Propagación de Plantas, Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.

³Ing. Agr., CORFO, Iquique.

⁴Ing. Agr. M.S., Profesor Fruticultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

nica propuesta por Ulrich (1952), además de analizar otros aspectos del comportamiento de este elemento en la planta.

REVISION DE LITERATURA

El principio básico del análisis de tejidos, según Smith (1966), se encuentra en la Ley del Mínimo, propuesta por Liebig a partir de la cual posteriormente Mitscherlich elaboró la Ley de los Retornos Decrecientes.

El establecimiento de estándares nutricionales para un crecimiento y rendimiento óptimo es de fundamental importancia para efectuar una adecuada interpretación del análisis de tejidos, pudiendo emplearse variadas metodologías para su establecimiento.

Para Ulrich y Hills (1967) los estándares deben ser establecidos haciendo cultivos en soluciones nutritivas, dando niveles crecientes del elemento en estudio y manteniendo el resto de ellos a un nivel adecuado. Relacionando luego, en una curva de calibración, el contenido del elemento en estudio en una parte determinada de la planta, con su crecimiento, se obtiene lo que estos autores llaman "concentración crítica", que es aquella concentración mínima, de una forma determinada de un elemento, en una parte determinada de la planta, bajo la cual el crecimiento comienza a declinar. En la curva de calibración, la concentración crítica se encuentra un 5 a un 10% por debajo del máximo crecimiento. Ulrich y Hills (1967) señalan también que las curvas de calibración más exactas se obtienen cuando se muestrean hojas recientemente maduras en la mayoría de las especies.

Existe una gran diversidad de opiniones en cuanto a niveles óptimos para potasio en durazneros. Es así como Beyers (1962) señala que el rango óptimo varía de 0,8 a 3,2% en las hojas. Smith y Taylor (1952) señalan que el nivel óptimo de K en las hojas sería de 2,46%.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó bajo condiciones de invernadero en la Estación Experimental La Platina. Se emplearon durazneros de la variedad Fortuna, de un año de edad.

Después de una poda suave y de un lavado de raíces, las plantas se colocaron en macetas plásticas de 12 litros de capacidad que contenían arena cuarzosa, donde permanecieron por los 3 meses que duró el ensayo.

Inicialmente las plantas se regaron con agua desmineralizada y 10 días más tarde se iniciaron los tratamientos diferenciales, los

que correspondieron a las concentraciones de 0 - 10 - 25 - 50 - 75 - 100 - 200 - 400 ppm de potasio en la solución nutritiva.

Se utilizó la solución de Hoagland N° 2 (Hoagland y Arnon, 1950) modificada, carente de K. El K se aplicó en forma de K_2SO_4 . Se regó tres veces al día con la solución nutritiva, por cinco días seguidos, y dos días con 6 litros de agua desmineralizada por planta, con el objeto de evitar una acumulación de sales.

Semanalmente se midió el diámetro del injerto a nivel del cuello de las plantas y se estimó el crecimiento en longitud, marcando y midiendo 5 ramillas distribuidas a lo largo de toda la planta. Quincenalmente se determinó el tamaño de las hojas, midiendo para ello el largo y ancho de la totalidad de las hojas de la ramilla más alta de cada una de las plantas.

Al término del ensayo, las plantas se cortaron a nivel de las primeras raíces, separándose hojas, ramillas y tronco. Se midió la longitud de ramillas, se contó el número de yemas de cada planta. Luego se sacó individualmente cada una de las partes de la planta y se determinó el peso seco correspondiente.

El contenido de N, P, K, Ca y Mg, se determinó en 2 hojas recientemente maduras de cada una de las ramillas de las plantas, seleccionando aquéllas ubicadas entre la quinta y décima, contadas a partir de la última hoja expandida en la ramilla. Estos mismos elementos se determinaron en raíces de 5 a 8 mm de diámetro, previo lavado con una solución de HCl 0,1 N.

El contenido de N total se determinó por el método de micro-Kjeldahl; el de P, por colorimetría con ácido vanado-molibdico; el de K, por fotometría de llama, y los de Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica¹.

El diseño estadístico consistió en bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Influencia de diferentes niveles de potasio sobre la concentración de potasio en hojas y raíces.

La concentración de potasio en hojas y raíces aumentó al aumentar la concentración de este elemento en la solución nutritiva (Cuadro 1).

En la Figura 1 se puede observar que raíces y hojas respondieron en forma similar a aumentos de la concentración de potasio en el sustrato; sin embargo, el rango de acumula-

¹La digestión de las muestras y los análisis de Ca y Mg fueron realizados en el Departamento de Química de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de Chile.

ción fue mayor en las hojas que en las raíces; a su vez, el coeficiente de variación del análisis del contenido de potasio en las raíces fue mayor que el de las hojas, lo que estaría indicando que las hojas son un mejor estimador que la raíz, de las variaciones en la concentración de potasio.

En los niveles de 0 y 10 ppm de K en la solución nutritiva, se presentaron síntomas de deficiencia en la hoja, similares a los descritos por Wienberger y Cullinan (1937), las que correspondieron respectivamente a concentraciones de 0,37 y 0,58% de K en la hoja y de 0,14 y 0,17% de K en la raíz.

La sintomatología comenzó por una pérdida del color verde natural de las hojas, el que se hizo menos intenso y la hoja tomó una tonalidad opaca. También se presentaron de un tamaño inferior, produciéndose un arrugamiento de la lámina por efecto de un mayor crecimiento del tejido intervascular. Además la hoja se curvó y los bordes de la lámina se curvaron hacia adentro. En un estado más avanzado, la sintomatología se manifestó por una necrosis del borde de la hoja y por manchas necróticas en el centro de la lámina.

Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento.

En la Figura 2 se puede apreciar que el crecimiento de las plantas se mantuvo en forma

Cuadro 1 — Influencia de ocho niveles de potasio en la solución nutritiva sobre la concentración de potasio en las hojas y en las raíces de las plantas. Expresado en % de materia seca¹.

CONCENTRACION DE K SOLUCION NUTRITIVA ppm	POTASIO HOJAS %	POTASIO RAICES %
0	0,37 g	0,14 e
10	0,58 g	0,17 e
25	1,09 f	0,27 e
50	1,68 e	0,36 d
75	2,17 d	0,36 d
100	2,63 c	0,45 c
200	3,05 b	0,60 b
400	3,68 a	0,90 a
F. 0,01	**	**
C.V.	8,24%	20,61%

¹Promedios de tres plantas por tratamiento.
 **Significativo al 0,01.
 Todos los promedios con igual letra son estadísticamente iguales al nivel de 0,05 según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

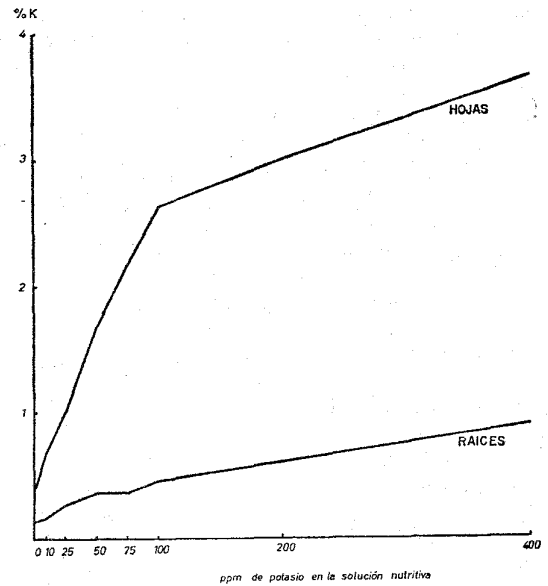


Figura 1 — Relación entre contenido de potasio en la solución nutritiva y concentración de este elemento en hojas y raíces.

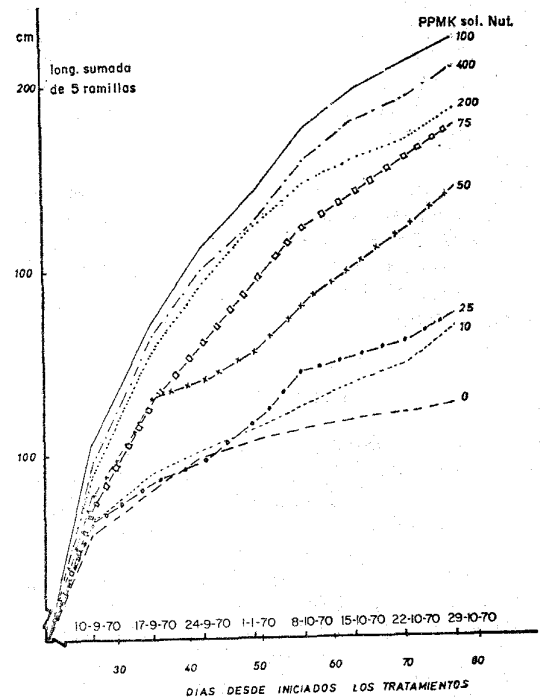


Figura 2 — Crecimiento en longitud de ramillas.

Cuadro 2 — Efecto de ocho niveles de potasio en la solución nutritiva sobre distintas medidas de crecimiento¹.

CONC. DE K SOL. NUTR. (ppm)	PESO SECO TOTAL (g) ⁺	PESO SECO RAICES (g) ⁺	PESO SECO P. AEREA (g) ⁺	PESO SECO RAMILLAS (g) ⁺	PESO SECO HOJAS (g) ⁺	INCREM. DIAMETRO INJERTO (mm)	LARGO TOTAL RAMILLAS (cm)	NUMERO TOTAL YEMAS	TAMAÑO DE HOJAS (cm ²)
0	69,9 c	21,9 b	48,1 c	5,4 c	18,7 c	0,6 d	238,3 c	281,7 c	21,2 c
10	87,6 c	29,6 b	58,0 c	7,6 c	25,3 c	0,9 d	258,0 c	326,0 bc	22,9 c
25	122,4 b	41,9 a	80,4 b	11,1 bc	39,8 b	1,9 c	359,7 bc	374,3 ab	28,2 bc
50	131,4 ab	43,3 a	88,1 ab	14,2 ab	45,7 ab	2,5 abc	399,2 b	416,3 a	34,0 ab
75	152,6 a	49,0 a	103,6 ab	19,4 a	52,6 a	2,4 abc	525,2 a	430,0 a	36,5 ab
100	151,9 ab	45,4 a	106,5 a	19,5 a	53,4 a	3,0 a	538,3 a	425,7 a	38,7 a
200	154,2 a	48,5 a	105,7 a	19,4 a	51,7 a	2,8 ab	527,7 a	444,3 a	38,2 a
400	152,4 a	46,0 a	106,4 a	19,9 a	51,9 a	2,2 bc	526,0 a	409,0 a	40,4 a
F. 0,01	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.	18,29	16,40	14,18	21,04	15,66	17,22	14,18	11,03	14,32

¹Promedios de tres plantas por tratamiento.

**Significativo al 0,01.

Todos los promedios con igual letra son estadísticamente iguales al nivel de 0,05 según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

*Variables analizadas mediante covarianza, usando como covariable el peso inicial de las plantas.

normal a lo largo del ensayo y que existió una respuesta favorable al potasio.

En el Cuadro 2 aparece cada una de las variables consideradas, observándose que todas ellas respondieron en forma significativa a los tratamientos y que el coeficiente de variación osciló entre 11 y 21%, lo que se considera aceptable en este tipo de trabajos.

Considerando que el potasio se agregó en forma de sulfato de potasio (K_2SO_4), las respuestas en crecimiento pueden ser atribuidas al efecto de potasio, sin considerar el anión acompañante, ya que Dilley, Kenworthy y Bass (1958) encontraron que dosis altas de azufre en la solución nutritiva no reducen significativamente el crecimiento en durazneros.

Como se aprecia en el Cuadro 2, el peso seco total, el peso seco de la parte aérea, de las ramillas y de las hojas; el incremento en diámetro del injerto, y el tamaño de las hojas presentaron aumentos significativos hasta el nivel de 50 ppm de potasio en la solución nutritiva, nivel sobre el cual, de acuerdo a la prueba de Duncan, no hay respuesta significativa a mayores aportes de este elemento. Esto indica que el potasio tiene un claro efecto sobre el crecimiento (Figura 3), lo que concuerda con lo encontrado por otros investigadores (Cullinan, Scott y Waugh, 1938), (Cullinan y Batjer, 1943), (Wienberger y Cullinan, 1937).

El peso seco de las raíces y el número total de yemas de las plantas presentaron su máximo valor al nivel de 25 ppm de potasio en la solución nutritiva (Cuadro 2), es decir a un nivel más bajo que el de las variables anteriormente enumeradas. Según Liwerant (1959), el

potasio también afecta el crecimiento del sistema radicular; pero de lo anteriormente expuesto se desprende que las raíces responden en un rango de concentración de potasio menor que el resto de la planta (Figura 4), por lo que el peso seco de la raíz no sería un buen índice del crecimiento. Por otra parte, el hecho de que el número total de yemas se presentara menos sensible al potasio que otras partes de la planta, estaría indicando que un mayor crecimiento por efecto del potasio se traduciría en un alargamiento de los internudos y en un aumento en el diámetro de las plantas.

El largo total de ramillas fue la variable más sensible a aplicaciones de potasio, ya que como se aprecia en el Cuadro 2, presentó aumentos significativos hasta el nivel de 75 ppm de potasio en la solución nutritiva. Esto está en desacuerdo con lo informado por otros autores quienes trabajando con soluciones nutritivas no han encontrado efecto del potasio sobre el crecimiento en longitud en esta especie (Cullinan *et al.*, 1938; Cullinan y Batjer, 1943; Wienberger y Cullinan, 1937). Sin embargo, Boynton (1944) y Kwong y Fischer (1962) afirman haber obtenido respuesta en el crecimiento en longitud de ramillas después de aplicar potasio a árboles deficientes, en condiciones de campo.

Como se aprecia en el Cuadro 2, el potasio tiene un claro efecto sobre el tamaño de las hojas (Figura 5), lo que podría estar afectando favorablemente los procesos metabólicos de la planta y, de esta manera, el crecimiento total de ella.



Figura 3 — Visión general del efecto que presentaron los tratamientos sobre las plantas de uno de los bloques del ensayo. De derecha a izquierda aparecen los niveles de 0 a 400 ppm de potasio en la solución nutritiva. (Foto: C. Muñoz).

Determinación de la concentración crítica de potasio.

Las Figuras 6 al 12 muestran la relación existente entre el potasio en hojas y raíces y

cada una de las variables consideradas, observándose que todas ellas presentan una curva cuadrática característica.

Considerando el coeficiente de variación de los datos obtenidos, se puede determinar la

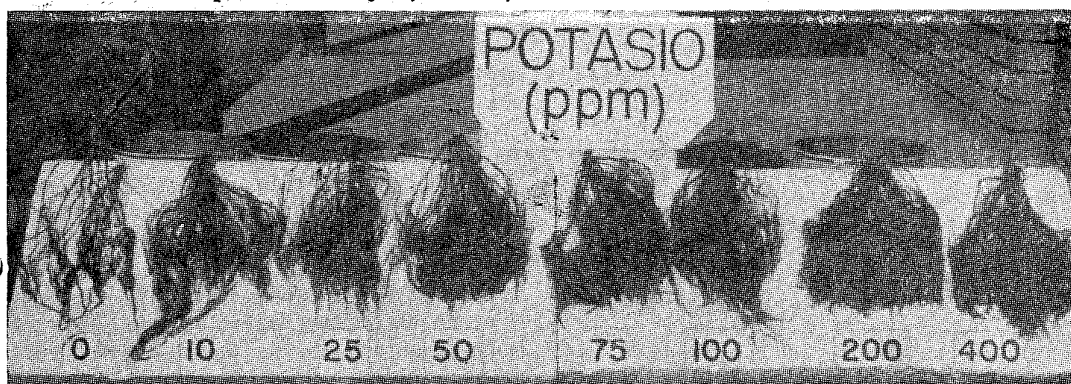


Figura 4 — Efecto de ocho niveles de potasio sobre el crecimiento radicular. (Foto: J. Miranda).

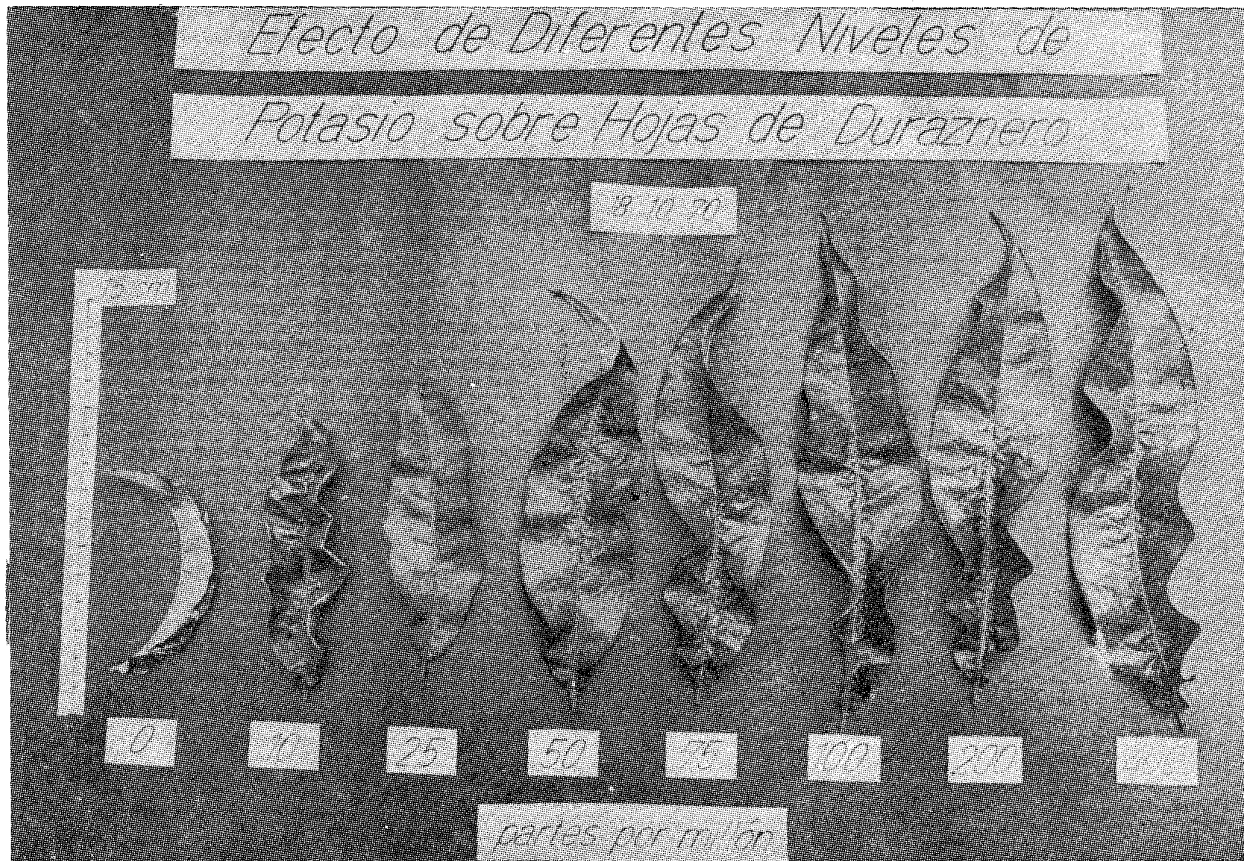


Figura 5 — Efecto de ocho niveles de potasio sobre el tamaño de las hojas.
(Foto: C. Muñoz).

concentración crítica reduciendo en un 10% el máximo crecimiento (Ulrich y Ohki, 1966). Para calcular la concentración crítica mediante este sistema, se obtuvo la media de todos los valores que, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan, representaron el máximo crecimiento. Este valor se redujo en un 10% y se determinó en las figuras, indicándose con flechas la concentración crítica determinada.

Como se aprecia en el Cuadro 3, la concentración crítica en las hojas varía de 1,01%, que corresponde al número total de yemas, a 1,96%, que es la concentración para el largo total de ramillas, observándose que la raíz muestra una tendencia similar a las hojas en cuanto al nivel crítico, a pesar que el rango de variación es más estrecho. El valor promedio de todas las variables fue de 1,51% y 0,33% para hojas y raíz, respectivamente.

Si la concentración crítica se expresara en términos de un rango descartando, por lo tanto, las variables peso seco de raíces y número total de yemas, que fueron las que se muestra-

ron menos sensibles a aportes crecientes de potasio, el rango variaría de 1,33 a 1,96% en las hojas y de 0,31 a 0,37% en la raíz. Estos valores no son semejantes a los citados para hojas por Ulrich y Ohki (1966), en otras especies frutales como almendro (0,75%), manzano

Cuadro — 3 Niveles críticos para hojas y raíces de durazneros.

VARIABLE	K HOJA %	K RAIZ %
Peso seco total	1,46	0,32
Peso seco raíces	1,14	0,26
Peso seco parte aérea	1,56	0,37
Peso seco ramillas	1,90	0,36
Peso seco hojas	1,33	0,31
Incremento en diámetro injerto	1,56	0,37
Largo total ramillas	1,96	0,37
Número total de yemas	1,01	0,25
Tamaño de hojas	1,66	0,34
Promedio	1,51	0,33

(1,00 a 1,16%) y ciruelo (1,00%), excepto en damasco (1,50%), el que presenta un valor similar al promedio encontrado en este trabajo.

Las concentraciones críticas propuestas son para plantas cultivadas en arena de cuarzo y convendría ratificarlas con ensayos de campo en que se considere la producción de frutas, a pesar que Smith (1966) señala que los resultados obtenidos en trabajos de nutrición con árboles frutales, realizados en cultivos con soluciones nutritivas, han sido ampliamente ratificados por los ensayos efectuados en condiciones de campo.

Influencia de diferentes niveles de potasio en la solución nutritiva sobre la concentración de otros elementos en hojas y raíces.

En el Cuadro 4 se observa que en las hojas el porcentaje de calcio fluctuó entre 0,74 y 1,31%; el de magnesio, entre 0,27 y 0,47%; el de fósforo, entre 0,09 y 0,18%, y el de nitrógeno, entre 4,50 y 5,37%. Kenworthy y Martin (1966) consideran estos valores como intermedios y no asociados a síntomas de deficiencia en durazneros.

En la raíz el contenido de calcio varió entre 0,26 y 0,39%; el de magnesio, de 0,07 a 0,10%;

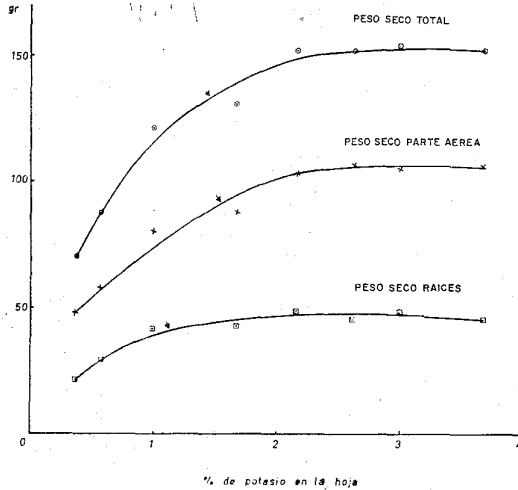


Figura 6 — Relación entre concentración de potasio en la hoja y peso seco total, de la parte aérea, y de raíces.

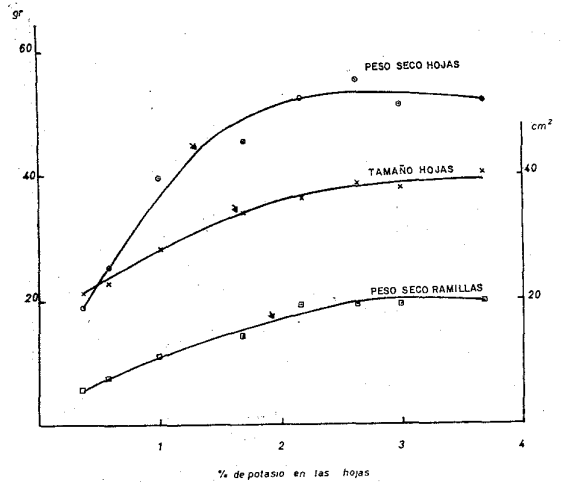


Figura 8 — Relación entre concentración de potasio en las hojas y peso seco de hojas, de ramillas y tamaño de las hojas.

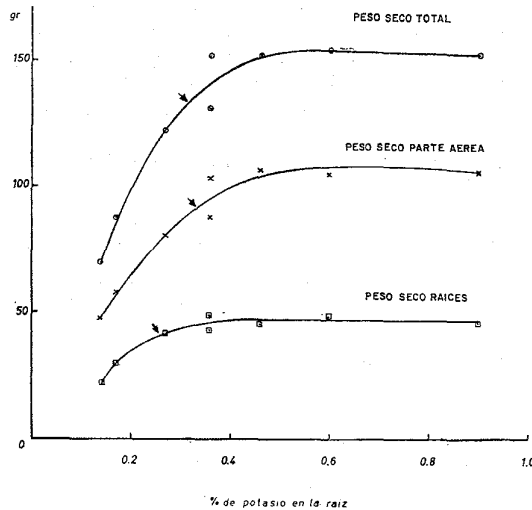


Figura 7 — Relación entre concentración de potasio en la raíz y peso seco total, de la parte aérea y de raíces.

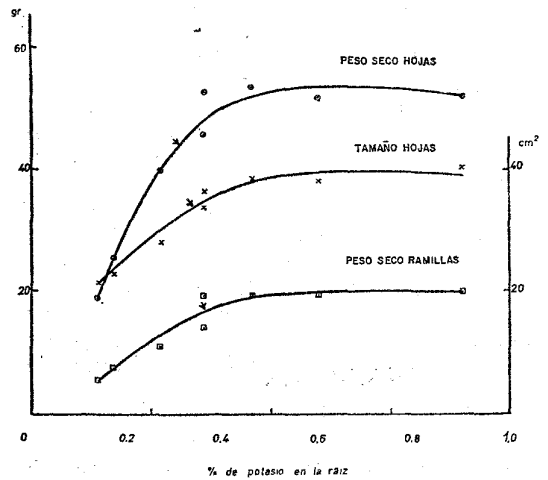


Figura 9 — Relación entre concentración de potasio en la raíz y peso seco de hojas, de ramillas y tamaño de hojas.

el de fósforo, de 0,03 a 0,05%, y el de nitrógeno, de 1,27 a 1,77%. Estos valores también se pueden considerar como intermedios, a excepción del fósforo, que según Rogers *et al*, citados por Kenworthy y Martin (1966), debería fluctuar entre 0,13 y 0,22% en durazneros. Esto podría deberse a la gran movilidad del fósforo en la planta lo que impediría su acumulación a nivel radicular.

Solamente en las hojas se presentó un efecto significativo de los niveles crecientes de K

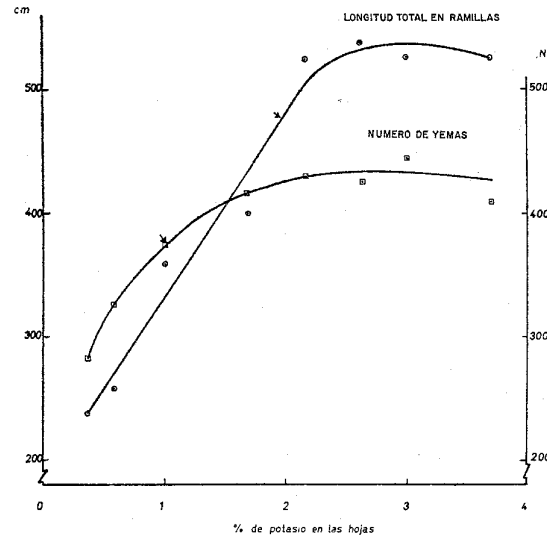


Figura 10 — Relación entre concentración de potasio en las hojas y longitud de ramillas y número de yemas.

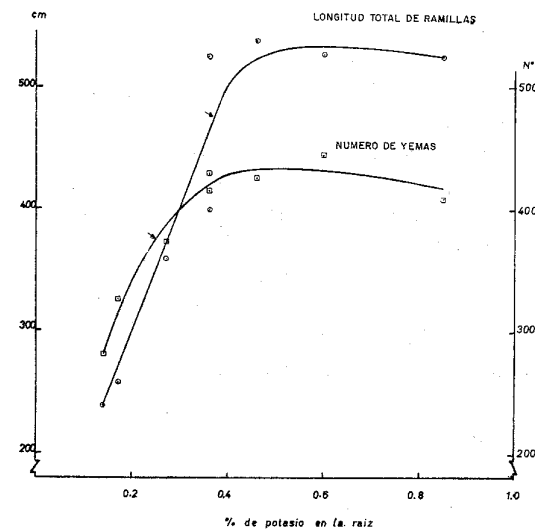


Figura 11 — Relación entre concentración de potasio en la raíz y longitud de ramillas y número de yemas.

en la solución nutritiva sobre el resto de los elementos analizados (Cuadro 4).

Cuadro 4 — Influencia de ocho niveles de potasio en la solución nutritiva sobre la concentración de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio en las hojas. Expresado en porcentaje de materia seca¹.

CONCENTRACION DE K SOLUCION NUTRITIVA (PPM)	NITROGENO %	FOSFORO %	CALCIO %	MAGNESIO %
0	5,37 a	0,18 a	1,13 b	0,44 ab
10	5,00 b	0,16 a	1,31 a	0,45 ab
25	4,77 bc	0,13 b	1,26 ab	0,45 ab
50	4,60 c	0,11 bc	1,20 ab	0,47 a
75	4,50 c	0,09 cd	1,14 ab	0,44 ab
100	4,50 c	0,09 d	1,20 ab	0,37 b
200	4,63 c	0,09 d	1,07 b	0,40 ab
400	4,60 c	0,09 d	0,74 c	0,27 c
F. 0,01	**	**	**	**
C.V.	4,06 %	11,70 %	9,27 %	12,56 %

¹Promedios de tres plantas por tratamiento.
 **Significativo al 0,01.
 Todos los promedios con igual letra son estadísticamente iguales al nivel de 0,05 según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

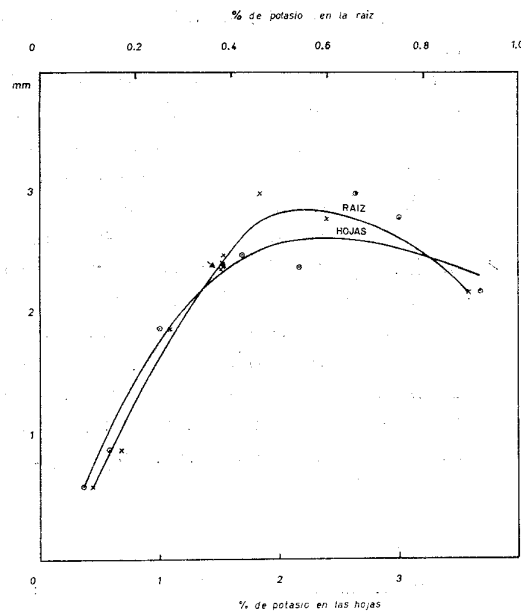


Figura 12 — Relación entre concentración de potasio en hojas y raíces, y el incremento en el diámetro del injerto.

La concentración de nitrógeno disminuyó al aumentar la concentración de potasio en la solución nutritiva, lo que concuerda con lo encontrado por otros investigadores (Cullinan, Scott y Waugh, 1938); sin embargo, esta disminución es significativa solamente en los niveles inferiores a 25 ppm en la solución nutritiva.

Al aumentar la concentración de potasio en la solución nutritiva, el fósforo disminuyó en la hoja hasta alcanzar un valor estacionario a concentraciones de potasio en la solución externa mayores de 75 ppm.

La concentración de calcio y magnesio en las hojas disminuyó cuando las plantas crecieron con altos niveles de potasio en la solución nutritiva (400 ppm de K), lo que podría atribuirse a un exceso de potasio y/o a una alta concentración de azufre, ya que el potasio se agregó en forma de sulfato de potasio y según Dilley y Kenworthy (1958), el azufre tiene efectos depresivos sobre el calcio y magnesio.

Se puede decir, por lo tanto, que el potasio presenta efectos depresivos sobre todos los elementos analizados al comparar los niveles extremos. Esto podría deberse a un efecto antagónico del potasio sobre estos elementos, ya que Smith (1962) señala que en otras especies, y particularmente en cítricos, el potasio presenta efectos antagónicos con el nitrógeno, calcio y magnesio. Sin embargo, también se podría pensar que la reducción en la concentración de estos elementos se deba al efecto de un mayor crecimiento, con lo que su concentración en la planta disminuiría. Esto se hace evidente especialmente en el caso del nitrógeno y del fósforo, los que presentan disminuciones significativas en sus concentraciones justamente cuando se producen los máximos incrementos en el crecimiento. Por último este efecto del potasio sobre la concentración de otros elementos podría deberse a que el potasio afecta en mayor medida el crecimiento de la parte aérea, de manera que la raíz estaría limitando una absorción proporcional al mayor crecimiento del resto de los elementos.

RESUMEN

Con el objeto de determinar el nivel crítico de potasio en durazneros de la variedad Fortuna, se realizó un ensayo en condiciones de invernadero, trabajando con soluciones nutritivas en un cultivo en arena cuarzosa, empleando ocho niveles de potasio: 0 - 10 - 25 - 50 - 75 - 100 - 200 - 400 ppm.

El diseño experimental consistió en bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento.

Semanalmente se midió el diámetro de las plantas y la longitud de las ramillas, y quincenalmente se determinó el tamaño de las hojas.

Al término del ensayo, se determinó el peso seco del total de la planta y de partes de ella. Además se tomaron muestras de hojas y raíces, determinándoles su contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Se concluyó que el potasio tuvo un claro efecto sobre el crecimiento, pero que las distintas partes de la planta respondieron en forma diferente a este elemento, siendo la raíz la menos sensible a potasio y la longitud de ramillas, la más sensible. Se observaron síntomas visuales de deficiencia con concentraciones de 0 y 10 ppm de potasio en la solución nutritiva, las que correspondieron a contenidos de 0,37 y 0,58% de potasio en hojas y de 0,14 y 0,17% en la raíz. Se propone como concentración crítica un rango que varía de 1,33 a 1,96% de potasio en las hojas y de 0,31 a 0,37% en la raíz. Además se estudiaron otros aspectos nutricionales de este elemento.

SUMMARY

In order to determine the critical concentration of potassium on Fortuna peach trees, an essay was conducted under greenhouse conditions, working with nutrient solutions in sand culture, using eight potassium levels: 0 - 10 - 25 - 50 - 75 - 100 - 200 - 400 ppm.

The experimental design consisted of randomised blocks, with three replications per treatment.

Shoot length and plant diameter was measured weekly, and leaf size was determined every 15 days.

Dry weight of the complete plant and of parts of it were determined at the end of the essay. Leaf and root samples were taken to determine its content of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium.

Potassium presented a clear effect on growth, but each part of the plant responded in different form to this element; roots presented the least response and the shoot length, the greatest.

At concentrations of 0 and 10 ppm of potassium in the nutrient solution, deficiency visual symptoms on the leaf were observed. This concentrations corresponded to contents of 0.37 and 0.58% of potassium in the leaf and 0.14 and 0.17% in the roots.

A range varying from 1.33 to 1.96% of potassium in the leaves, and from 0.31 to 0.37% in the roots is proposed as the critical level. Other nutritional aspects of this element were also studied.

LITERATURA CITADA

- BEYERS, E. 1962. Diagnostic leaf analysis for deciduous fruit. *South African Journal of Agricultural Sciences*. 5 (2) : 315-329.
- BOYNTON, D. 1944. Responses of young Elberta peaches and Montmorency cherry trees to potassium fertilization in New York. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 44: 31-33.
- CULLINAN, F. P., SCOTT, D. H. and WAUCH, J. G. 1938. The effects of varying amounts of nitrogen, potassium and phosphorus on the growth of young peach trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 36: 61-68.
- and BATJER, L. P. 1943. NPK interrelationships in young peach and apple trees. *Soil Sci.* 55: 49-60.
- DILLEY, D. R., KENWORTHY, I. and BASS, S. T. 1958. Growth and nutrient absorption of apple, cherry, peach and grape plants as influenced by various levels of chloride and sulfate. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 72: 64-73.
- HOAGLAND, D. R. and ARNON, D. I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. Stat. Circ.* 347, Berkeley, University of California, 32 p.
- KENWORTHY, A. L. and MARTIN, L. 1966. Mineral contents of fruit plants. *In: Fruit Nutrition*. Childers, N. F. ed., Rutgers, The State University, pp. 813-870, 888 p.
- KWONG, S. S. and FISCHER, E. G. 1962. Potassium effects on titrable acidity and the soluble nitrogenous compounds of Jerseyland peach. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 81: 168-171.
- LIWERANT, J. 1959. Effects des principaux éléments fertilisants sur le développement végétatif et sur la fructification du pêcher. *C. R. Acad. Agric. Fr.* 45: 818-826. (Original no consultado, extractado en *Hort. Abstr.* 30: 3309. 1960.
- SMITH, C. B. and TAYLOR, G. A. 1952. Tentative optimum, leaf concentration of several elements for Elberta peach and Stayman apple in Pennsylvania orchard. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 60: 33-41.
- SMITH, P. F. 1962. Mineral analysis of plant tissues. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 13: 81-108.
- 1966. Leaf analysis of citrus. *In: Fruit Nutrition*. Childers, N. F. ed. Rutgers, the State University. pp. 208-228.
- ULRICH, A. 1952. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 3: 207-226.
- and HILLS, F. J. 1967. Principles and practices of plant analysis. *In: Soil Testing and plant analysis. II. Plant analysis*. Soil Sci. Soc. of Amer. Inc., Wisconsin Madison. pp. 11-24.
- and OHKI, K. 1966. Potassium. *In: Diagnostic criteria for plants and soils*. Chapman, ed. Univ. Calif. Div. of Agric. Sci. pp. 362-393.
- WIENBERGER, J. H. and CULLINAN, F. P. 1937. Symptoms of some mineral deficiencies in one-year-old Elberta peach trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 34: 249-254.