

INVESTIGACIONES

Evolución estacional de nutrientes minerales en hojas de vid (*Vitis vinifera* L.)¹

Gonzalo Gil S.², José Rodríguez S.³, Sergio González M.⁴, Domingo Suárez F.⁵,

Horacio Urzúa S.⁶

INTRODUCCION

El estudio de la evolución anual del contenido de nutrientes en un viñedo con niveles adecuados, permite conocer su variación normal, lo que es fundamental para el uso correcto del análisis foliar con fines de diagnóstico. Los estudios acerca de los niveles críticos determinados en una sola época, son aplicables únicamente a hojas de edad análoga a las empleadas para establecerlos, mientras que el conocimiento de las variaciones anuales permite una interpretación del estado nutritivo de las plantas, aunque las hojas se obtengan en distintas épocas dentro del ciclo vegetativo.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar las variaciones estacionales normales del contenido de nutrientes minerales en láminas y pecíolos de vid, para contribuir al desarrollo del análisis fitoquímico como técnica de diagnóstico del estado nutricional de las plantas.

REVISION DE LITERATURA

Batjer, L. P. y Westwood, M. N. (1958) hicieron un completo estudio de las varia-

ciones estacionales de minerales en duraznos y los resultados del trabajo les permitieron proponer la mejor época de muestreo para todos los nutrientes en conjunto.

Guillén, M. G., Fernández, F. G. y Caro, M. (1965) han indicado que la posición y el tipo de hoja no afecta al sentido de las variaciones sino que, solamente, la magnitud de cada una de ellas. Así, el nitrógeno, fósforo y el potasio, presentaron una conducta decreciente a medida que transcurrió el tiempo; en cambio, el calcio mostró una tendencia ascendente, al igual que el magnesio, aunque éste tuvo un comportamiento un poco errático. Los micronutrientes, por otra parte, no presentaron una tendencia definida en vid.

La metodología del análisis foliar en vid ha sido estudiada en Chile por Gandarillas, M. J. (1965), quien investigó la época de muestreo y el órgano vegetal apropiado, concluyendo que para nitrógeno, fósforo y potasio debe muestrearse durante la floración el pecíolo de las hojas opuestas a racimos. Sánchez, L. (1961) describió la variación estacional descendente del nitrógeno total en hojas de tres variedades de vid.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en vid (*Vitis vinifera* L.), cv. Semillón, en la viña Macul, Llano del Maipo, Santiago. El sector seleccionado recibió el mismo manejo que el resto de la viña y una fertilización de 400 Kg/ha de salitre y 300 Kg/ha de superfosfato triple, aplicados el 15 de agosto de 1967. El viñedo se encuentra en un suelo de origen aluvial, plano, profundo, de textura media, de pH ligeramente alcalino y de bajo contenido de materia orgánica. Los niveles de nitratos y

¹Los autores expresan su reconocimiento a la viña Cousiño Macul por las facilidades proporcionadas en la realización de este trabajo.

Recepción originales: 22 de diciembre de 1971.

²Ing. Agr., Ph. D., Profesor del Departamento de Frutales y Viñas, Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

³Ing. Agr., M. S., Profesor del Departamento de Edafología, Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

⁴Ing. Agr., M. S., Depto. de Agrología, Servicio Agrícola y Ganadero, Avda. Sucre 2397, Santiago, Chile.

⁵Ing. Agr., M. S., Profesor del Departamento de Edafología, Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

⁶Ing. Agr., Profesor del Departamento de Edafología, Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

fósforo aprovechables son relativamente bajos, mientras que el contenido de cationes de intercambio es alto.

Se seleccionaron 10 hileras que se dividieron en cuatro bloques de 130 plantas cada uno. En cada bloque se muestrearon 120 hojas opuestas a racimos en brotes del tercio medio de cargadores, en cada una de 11 oportunidades. Los muestreos se realizaron 10 días antes de la floración, en la floración (25 de noviembre), y 12-29-47-68-85-97-113-127-145 días después de la floración.

Las hojas se dividieron en láminas y pecíolos para los análisis. El contenido mineral se determinó siguiendo los métodos indicados en el Manual de Análisis Foliar (Universidad Católica de Chile, Departamento de Edafología, 1967):

- a) nitrógeno total en láminas: digestión en microkjeldhal con ácido sulfúrico y destilación del extracto,
- b) nitrógeno nítrico en pecíolos: extracción con ácido acético, determinación colorimétrica con ácido fenoldisulfónico,
- c) fósforo total: colorimetría con cloruro de estaño, previa digestión,
- d) potasio total: por fotometría de llama, previa digestión,
- e) calcio total: por titulación con permanganato de potasio,
- f) magnesio total: por colorimetría con amarillo de titanio,
- g) manganeso, cobre y cinc: por espectrofotometría de absorción atómica.

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y, en el caso del nitrógeno y del fósforo, también a un cálculo de regresión simple en cada una de las etapas que se dividió la curva, obteniéndose el valor de ajuste (r).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio se presentan en la Figura 1, y los de calcio, manganeso, cobre y cinc en la Figura 2.

Nitrógeno

Láminas.

La evolución del N total es muy definida y se puede dividir en tres etapas: a) desde 10 días antes de la floración hasta 17 días después de la cuaja, de rápida disminución del contenido; b) hasta 30 días pasada la pinta,

caracterizada por una estabilización, y c) hasta la cosecha, de un descenso nítido (Figura 1). La dispersión de valores fue muy baja durante todo el ciclo ($CV=5,3\%$).

La etapa inicial abarcó un período de rápido crecimiento vegetativo y por ello la concentración disminuyó por dilución. El descenso registrado fue de 3,4 a 2%. La iniciación de la estabilización coincide con la madurez de la hoja y la concentración de N fluctuó entre 2 y 2,5%. En la última etapa, de senectud, el nitrógeno es translocado hacia puntos en crecimiento activo y órganos de almacenaje, de modo que en el momento de la madurez de cosecha del fruto, la concentración de N de la hoja bajó hasta 1,4%.

A pesar de las diferencias varietales y climáticas, los cambios observados en este trabajo coincidieron, en general, con los mencionados en otras partes. Guillén *et al.* (1965) encontraron, en la variedad Airen, un cambio de 5 a 2,7%, al principio del ciclo; una estabilización posterior cerca de un 2,5%, para bajar a menos de 2% al final. Ulrich, A. (1942a) encontró en Thompson Seedless que el N total en las láminas disminuyó desde 3,47% hasta 2,21% durante la primera etapa.

Pecíolos.

El contenido de nitrógeno nítrico ($N-NO_3$) presentó variaciones similares al N total en láminas, difiriendo en la duración y magnitud del cambio. La etapa inicial se caracterizó por un descenso uniforme hasta la cuaja; luego ocurrió una estabilización hasta 13 días pasada la pinta, y finalmente la concentración bajó hasta la cosecha (Figura 1). Esta conducta es diferente a la descrita por Cook, J. A. y Kishaba, T. (1956) en vid Thompson Seedless, ya que ellos observaron un aumento inicial hasta la cuaja. Sin embargo, Christensen, P. (1971) encontró el máximo nivel de NO_3 antes de la floración en condiciones normales y este máximo se retrasaba hasta después de la floración si la primavera era fría. En el presente estudio el primer muestreo se efectuó 10 días antes de la floración lo que correspondería al momento señalado por Christensen.

La naturaleza de este trabajo no permite definir exactamente qué órgano es el más apropiado para el análisis foliar. No obstante, tanto Ulrich, A. (1942a) como Cook, J. A. y Kishaba, T. (1956), Bergman *et al.* (1958), Beattie, J. M. y Forshey, C. G. (1954) y Gan-

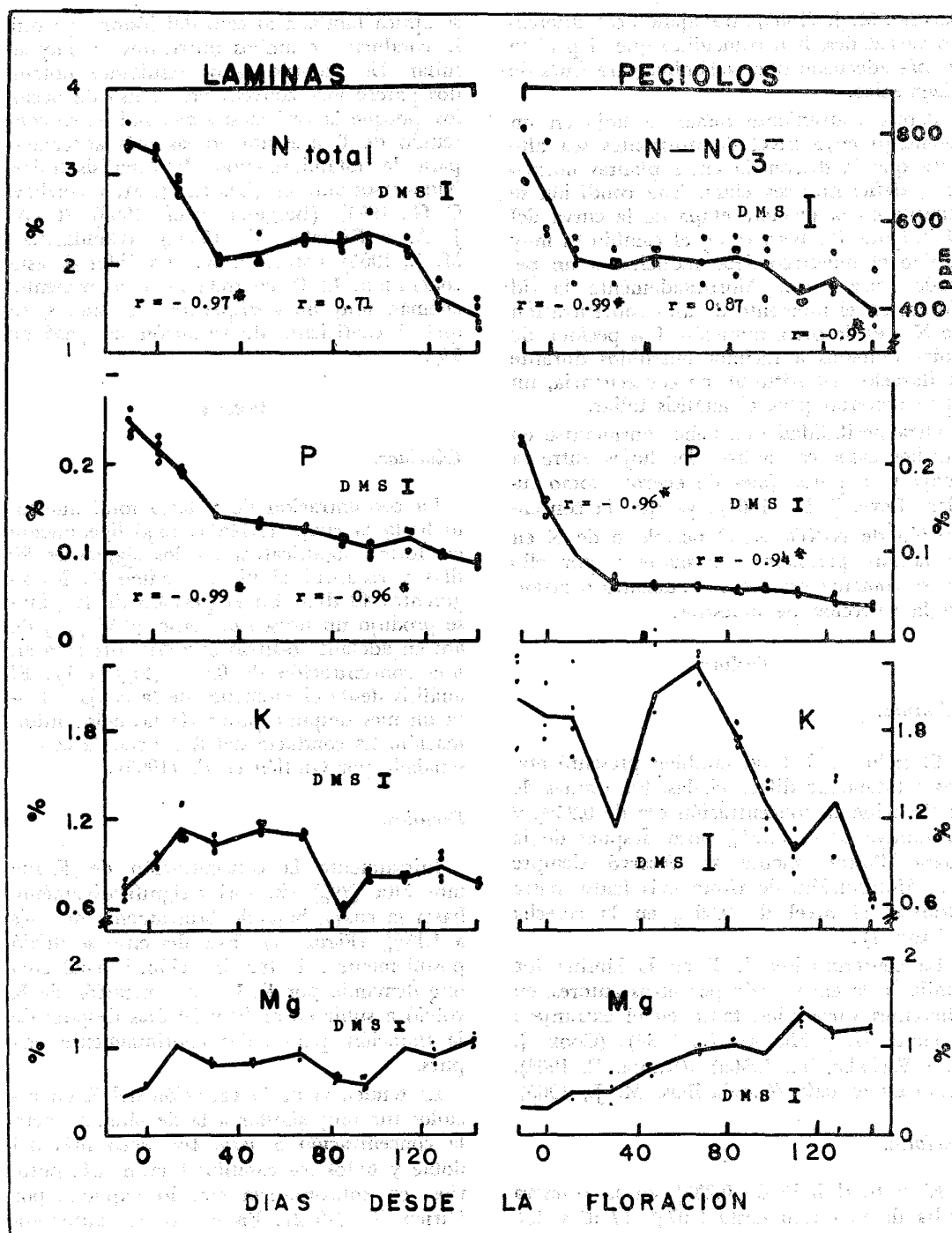


Figura 1 — Variación estacional de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio en láminas y peciolo de hojas opuestas a racimos de la vid cv. Semillón. El contenido de nutrientes está expresado respecto a la materia seca. La cuaja y la pinta han sido fijadas a los 12 y 80 días desde la floración, respectivamente.

darillas, M. J. (1965), trabajando con diferentes variedades, han coincidido que el pecíolo es más adecuado que la lámina para fines de diagnóstico.

Parece conveniente tomar la hoja en un momento cuyo nivel de nutrientes sea alto para que la diferencia entre plantas normales y deficientes sea clara. Esta condición se cumple en la primera etapa de la curva del N (Figura 1), pero como el cambio es muy rápido el muestreo debe reducirse a un período muy corto. Afortunadamente la vid florece en el momento de alta concentración de N y es de corta duración. Los pecíolos de hojas opuestas a racimos obtenidos durante la floración constituyen, en consecuencia, un buen material para el análisis foliar.

Otra posibilidad que debe considerarse en muchos casos es analizar las hojas entre la cuaja y la pinta (mes de enero), como sugiere Levy, J. F. (1964), ya que la concentración de N-NO₃ en el pecíolo o de N en la lámina permanece constante y por ello no se cometen errores por adelanto o atraso en la colección de muestras.

Fósforo

Láminas.

El ciclo del P total también presentó etapas nítidamente diferenciadas. Poco antes de la floración la concentración era de 0,25% y disminuyó hasta 0,15% poco después de la cuaja. Posteriormente se observó siempre una disminución, de ritmo más lento, hasta alcanzar el nivel de 0,09% en la cosecha (Figura 1).

La concentración de P en la lámina fue similar a la encontrada por otros autores, en diferentes variedades, tanto en el extranjero (Lagatu, H. y Maume, L., 1934) (Cook, J. A. y Kishaba, T., 1956a) (Rauta, C. 1964), como en el país (Gandarillas, M. J., 1965).

Pecíolos.

El P total bajó de 0,23% en la primera fecha de muestreo hasta 0,07% 17 días después de la cuaja, manteniéndose estable hasta el período de la pinta, para bajar luego lentamente hasta 0,04% en la cosecha (Figura 1).

Lo expresado anteriormente para nitrógeno en lo que se refiere a época de muestreo

se aplica también al caso del fósforo, ya que la conducta de ambos nutrientes es muy similar. De acuerdo a los resultados obtenidos parece más conveniente el uso de pecíolos porque la variación estacional de su contenido de P presenta etapas más adecuadas para la estandarización del análisis foliar. Numerosos autores (Beattie, J. M. y Forshey, C. G., 1954) (Bergman *et al.* 1958) (Cook, J. A. y Kishaba, T., 1956a) (Gandarillas, M. J., 1965) han indicado la validez de esta conclusión. El P, en toda la hoja, presentó, además, muy poca dispersión de valores, ya que el coeficiente de variación no pasó de 5%.

Potasio

Láminas.

La concentración de potasio total aumentó hasta la cuaja (1,14%), bajó ligeramente en forma significativa en los siguientes 20 días y recuperó el nivel máximo en los siguientes 40 días. En el período de la pinta se produjo un brusco descenso (0,56%) y de ahí en adelante ocurrió una estabilización en una concentración de 0,8% (Figura 1). El análisis desde el momento de la cuaja y hasta un mes después, proveería la mejor información. La conducta del K concuerda con la señalada por Guillén *et al.* (1965).

Pecíolos.

Inicialmente la concentración de K fue muy alta (2%) sin variar significativamente hasta la cuaja, bajando bruscamente después a 1,15% (Figura 1). Este descenso se debió posiblemente a la fructificación, la cual creó una demanda por K. La concentración de K volvió a subir entre 40 y 70 días después de la floración, para bajar continuamente después.

La tendencia de la variación del K en pecíolos fue muy similar a la de láminas, pero la concentración general fue poco más del doble y todos los cambios fueron más notorios, en concordancia con lo expuesto por Ulrich, A. (1942). En efecto este autor encontró que el rango entre brotación y cosecha era, en la variedad Thompson Seedless, de 2,4% a 0,7%. Por su parte Cook, J. A. y Kishaba, T. (1956 a) afirmaron que una concentración entre 1,5 a 2% en la cuaja y entre 0,4 y 0,7% en cosecha, era adecuada para sos-

tener altos rendimientos. Gandarillas, M. J. (1965) encontró que los pecíolos opuestos a racimos de la variedad Cabernet en plena floración contenían 2,5% de K total.

Como el pecíolo presenta una variación estacional parecida a la lámina, pero su concentración de K es mucho más alta, es recomendable su uso en el análisis foliar. Dadas las características de la curva es conveniente efectuar el análisis foliar en un período corto, bien determinado, de alta concentración de K. Ese momento puede ser durante la floración, incluyendo la cuaja. Cualquier otra época puede conducir a interpretaciones erradas por la gran variabilidad en las concentraciones y la imposibilidad de asociar un punto de la curva con un estado fenológico.

Magnesio

Láminas:

El magnesio mostró una conducta variable, con cambios continuos significativos. El único período sin variación ocurrió entre 25 y 45 días después de la floración, correspondiente a la madurez de la hoja (Figura 1). Guillén *et al.* (1965) han informado que la concentración de Mg presenta una tendencia ascendente, aunque poco clara y con contradicciones. Alexander, D. y Woodham, R. C. (1970) concluyeron que el mejor órgano para discernir una deficiencia de Mg es la lámina de hojas recientemente maduras.

Pecíolos.

La conducta del Mg en el pecíolo es claramente ascendente, estabilizándose en los últimos 30 días (Figura 2). El cambio va desde 0,33% antes de la floración hasta 1,20% en la cosecha. Cook, J. A. (1967) ha publicado valores de 0,4 a 0,8% en la floración y de 1,0 a 2,0% en la cosecha en la variedad Thompson Seedless.

En caso de emplear el pecíolo en el análisis foliar, que según algunos autores es satisfactorio (Alexander, D. y Woodham, R. C., 1970), parece razonable hacerlo en la época de la madurez del fruto, cuando la concentración de Mg es mayor. En todo caso, los datos aquí presentados no permiten inclinarse por alguno de los componentes foliares estudiados.

Calcio

Láminas.

La evolución del calcio se presenta en la Figura 2. La concentración de Ca aumentó desde la floración (1,0%) hasta la cosecha (3,3%). Este aumento no fue continuo, sino que se registraron tres etapas alternadas de aumento y de estabilización. Los períodos estables ocurrieron inmediatamente después de la cuaja (30 días), los 20 días previos a la pinta, y los últimos 30 días. El Ca es ampliamente conocido como un elemento inmóvil una vez que ha sido asimilado, motivo por el cual no ocurre ninguna disminución en el contenido en todo el ciclo.

Lafon *et al.* (1964) señalaron rangos de 1,90% a 2,90% y Guillén *et al.* (1965) presentaron rangos desde 1,0% hasta 5,0%.

Pecíolos.

El Ca en pecíolos mostró una conducta ascendente con sólo dos períodos de contenido estable: uno a partir de la cuaja, de 35 días de duración, y el otro en los últimos 30 días del ciclo estacional.

Los antecedentes sobre Ca en pecíolos son escasos en la literatura. Bergman *et al.* (1958), Larsen, R. P., Kenworthy, A. L. y Bell, H. K. (1955) y Shaulis, N. y Kimball, G. (1956) indican que las diferencias son menores que en otros órganos.

Por todos estos antecedentes el pecíolo podría colectarse en plena flor, poco después de la cuaja, o poco antes de la cosecha. El alto nivel alcanzado en esta última etapa indica que este momento puede dar valiosa información.

Manganeso

Láminas

La concentración de manganeso fue muy variable en toda la estación. Esta variación, que fue cíclica, abarcó un rango de 45 a 98 ppm. Lafon *et al.* (1964) y Levy, J. F. (1964) han coincidido en afirmar que la conducta del Mn en hojas es muy variable. Esta característica dificulta el empleo de láminas en el análisis foliar en viticultura.

Pecíolos

La tendencia del Mn en pecíolos fue ascendente con el tiempo siendo la curva más

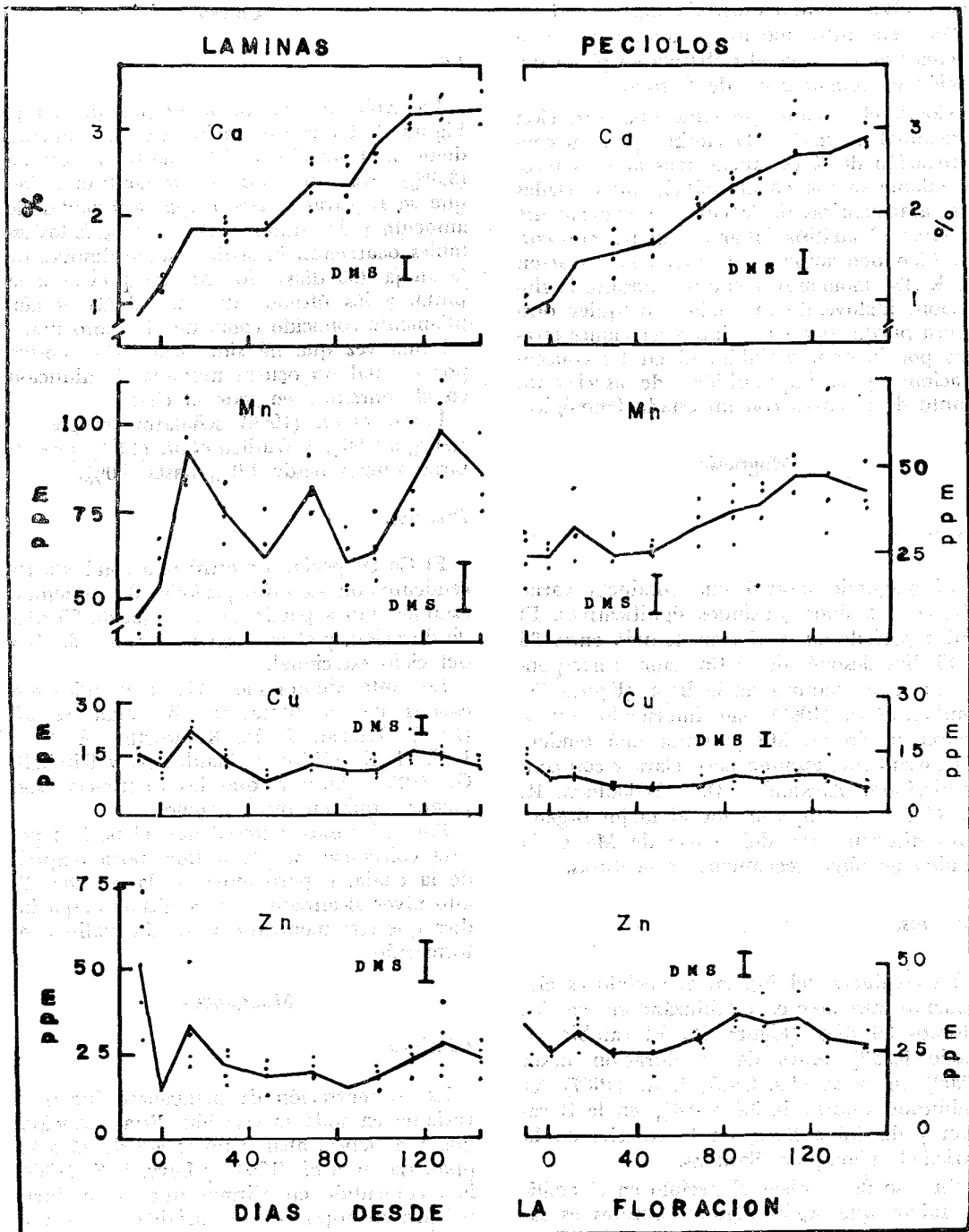


Figura 2 — Variación estacional del contenido de calcio, manganeso, cobre, y zinc en láminas y pecíolos de hojas opuestas a racimos de la vid cv. Semillón. Las concentraciones se refieren al peso seco. La cuaja y la pinta han sido fijadas a los 12 y 80 días desde la floración, respectivamente.

definida que en las láminas. Sin embargo, existió una alta dispersión de valores entre diferentes muestras tomadas en una misma fecha ($CV = 22\%$), lo que ilustra, adicionalmente, las dificultades que se presentan para el empleo e interpretación del análisis foliar en el diagnóstico nutricional referente al Mn. El cambio registrado fue desde 24 ppm antes de la floración hasta 48 ppm 25 días antes de la cosecha. Shaulis, N. y Kimball, G. (1956) concluyeron que la conducta del Mn es errática y encontraron concentraciones tan dispares como 30 y 1.500 ppm.

Por otra parte, Beattie, J. M. y Forshey, C. G. (1964) han indicado que los pecíolos en plena flor constituyen la mejor combinación de tejido vegetal y época; en estas condiciones señalan como concentración normal 30 ppm.

De acuerdo a todos estos antecedentes el pecíolo en la floración parece ser lo más aconsejable para el análisis foliar.

Cobre

La variación estacional del cobre en láminas (Figura 2) fue variable y poco definida, fluctuando alrededor de 12 ppm. En el pecíolo la curva fue más nítida y reveló esca-

sa variación en la temporada, lo que elimina errores de tiempo durante el muestreo. La fluctuación del Cu en el pecíolo fue entre 5 y 12 ppm, muy semejante a la mencionada por Gärtel, W. (1959) en Alemania.

Cinc

El cinc no presentó una tendencia clara en ninguno de los órganos estudiados. La variabilidad general fue muy alta en el caso de la lámina ($CV = 34,5\%$) y algo menos en el pecíolo ($CV = 17\%$). Durante la mayor parte del ciclo, el Cu laminar fluctuó alrededor de 20 ppm, excepto antes de la floración (51 ppm)^a y en la cuaja (28 ppm). En el pecíolo las concentraciones fluctuaron alrededor de 25 ppm, excepto en el mes siguiente a la pinta, las cuales subieron a 35 ppm. Cook, J. A. (1967) menciona valores semejantes a los de este estudio.

Aun cuando no hay indicación clara respecto a época apropiada para analizar el estado nutritivo en el caso del cinc, el pecíolo de hojas opuestas a racimos en la floración parece ser una buena combinación por referir el muestreo a una etapa bien definida del desarrollo de la vid.

RESUMEN

Se estudiaron las variaciones estacionales de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, y Zn, en láminas y pecíolos de hojas opuestas a racimos de la vid (*Vitis vinifera L.*), cv. Semillón. Las hojas se obtuvieron en una viña ubicada cerca de Santiago, Chile.

El N total de la lámina tuvo su máxima concentración antes de la floración y descendió en los siguientes 20 días; un nuevo descenso ocurrió a partir de 110 días después de la floración. El nitrógeno nítrico del pecíolo tuvo una variación muy similar, pero su concentración entre la cuaja y la pinta fue más estable. El P total descendió notoriamente hasta 20 días después de la floración en ambos tejidos foliares; pero en la lámina continuó su tendencia descendente a un ritmo lento de ahí en adelante mientras que el contenido del pecíolo prácticamente se estabilizó.

El Ca en ambos tejidos, y el Mg y Mn en pecíolos, mostraron una conducta ascendente. Tanto el Mg como el Mn no presentaron un comportamiento definido en las láminas. La concentración de K en láminas tampoco tuvo una conducta definida, pero la del pecíolo mostró una tendencia general descendente, con grandes fluctuaciones. El Cu de la lámina fue algo indefinido, pero la concentración de Cu en pecíolos permaneció estable durante toda la época. El Zn en láminas se caracterizó por un gran descenso en la floración y por una tendencia posterior estable, mientras que el contenido del pecíolo no ofreció variaciones significativas.

Se ha considerado que el análisis de pecíolos de hojas opuestas a racimos en la floración es adecuado para diagnosticar el estado de todos los elementos en conjunto.

SUMMARY

The seasonal trends of N, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, and Zn in the lamina and petiole of leaves opposite to clusters in grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Semillon were established. The foliar samples were collected at a vineyard located near Santiago, Chile.

The total nitrogen concentration in the lamina was highest in the sample collected prior to bloom. The level decreased within 20 days, and a second decrease occurred between 110 days after bloom and fruit maturity. The nitrate nitrogen in the petiole followed a similar trend, except that the concentration between berry set and veraison was more stable. The P content decreased rapidly during the pre and post bloom period in both tissues; after berry set, the concentration decreased slowly in the blade, but remained nearly constant in the petiole.

The Ca concentration in both tissues and Mg and Mn in the petioles showed increasing trends. The Mg and Mn levels in the lamina showed no definite pattern. Likewise, Potassium level in the blade showed no trend but that in the petiole had a decreasing trend over the season with great fluctuations.

The trends of Cu in the leaf blade showed small fluctuations in relation to the seasonal mean but that of the petiole was nearly constant during the entire season. Zn in the lamina showed a sharp initial decrease at bloom period but thereafter remained fairly constant whereas Zn in the petioles remained fairly constant over the entire sampling period.

Analysis of petiole opposite to clusters at bloom period was considered to offer a reliable criteria for diagnosing the status of the above named elements at a time.

LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, D. and WOODHAM, R. C. 1970. Chemical composition of leaf tissues of Sultana vines grown in nutrient solutions deficient in macroelements. *Vitis*. 9: 207-217.
- BATJER, L. P. and WESTWOOD, N. 1958. Seasonal trend of several nutrient elements in leaves and fruits of Elberta peach. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 71: 116-122.
- BEATTIE, J. M. and FORSHEY, C. G. 1954. A survey of the nutrient status of Concord grapes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 64: 21-28.
- BERGMAN, E. L., KENWORTHY, A. L., BASS, S. T. and BURR, E. J. 1958. A comparison between petiole and stem analysis of Concord grapes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 71: 177-182.
- CHRISTENSEN, P. 1971. A comparative study of Thompson Seedless vine petiole nutrient levels under various vineyard conditions, nitrogen fertilization treatments and growing seasons. *Sociedad Americana de Enólogos, Palo Alto, Calif., USA. Reunión Nº 22*: 17.
- COOK, J. A. 1967. Grape nutrition. In Childers, M. (ED.), *Temperate to tropical fruit nutrition*. Rutgers University. New Jersey. pp. 777-812.
- and KISHABA, T. 1956. Petiole nitrate analysis as a criterion of nitrogen needs in California vineyards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68: 131-140.
- and —————. 1956a. Using leaf symptoms and foliar analysis to diagnose fertilizer needs in California vineyards. *In* Prevost Paul (Ed.), *Analyse des Plantes et Problemes des Fumures Minérales*. I.R.H.O. Paris, pp. 158-176.
- Departamento de Edafología. 1967. *Manual de análisis foliar*. Santiago, Chile. Universidad Católica de Chile. Escuela de Agronomía, 24 p. (No publicado).
- GANDARILLAS, M. J. 1965. *Análisis foliar de la vid como índice de su estado nutricional*. Santiago, Chile. Universidad Católica de Chile. 107 p. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).
- GÄRTEL, W. 1959. Untersuchungen über den Kupfergehalt von Rebsorten und Most. *Weinberg und Keller*. 6: 431-440.
- GUILLÉN, M. G., FERNÁNDEZ, F. G. y CARO, M. 1965. Evolución anual de nutrientes en hojas de frutales. *IV-Vid. An. Edaf. Agrobiol.* 24: 327-340.
- LAFON, J., COUILLAND, P., GAY-BOUILLIS, F. et LEVY, J. F. 1964. Rythme de l'absorption de la vigne au cours d'un cycle végétatif. *In* Le Contrôle de la nutrition minérale et de la fertilization des cultures méditerranéennes. *Laboratoire Coopératif de Diagnostic Foliaire*. (Ed.) Montpellier (Francia), pp. 213-217.
- LAGATU, H. et MAUME, L. 1934. Recherches en la diagnostic foliaire. *Annales de l'Ecole d'Agric. (Montpellier)*. 22: 257-306.
- LARSEN, R. P., KENWORTHY, A. L. and BELL, H. K. 1955. Shortages of potash limit Michigan grape yields. *Better Crops*. 39 (2): 47-48.

- LEVY, J. F. 1964. Identification et étude par l'analyse foliaire de quelques carences alimentaires de la vigne dans le Midi de la France. In Le Contrôle de la Nutrition Minérale et de la Fertilization des Cultures Méditerranéennes. Laboratoire Coopératif de Diagnostic Foliaire. (Ed.). Montpellier (Francia) pp. 220-226.
- RAUTA, C. 1964. La nutrition de la vigne et le diagnostic foliaire. In Le Contrôle de la Nutrition Minérale et de la Fertilization des Cultures Méditerranéennes. Laboratoire Coopératif de Diagnostic Foliaire. (Ed.). Montpellier (Francia) pp. 238-241.
- SÁNCHEZ, L. 1961. Determinación de la curva de N total en tres variedades de *Vitis vinifera* mediante el análisis foliar. Santiago, Chile; Universidad de Chile. 82 p. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).
- SHAULIS, N. and KIMBALL, G. 1956. The sampling of small fruit for composition and nutritional studies. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68: 576-586.
- ULRICH, A. 1942. Potassium content of grape leaf petioles and blades contrasted with soil analysis as indicators of K status in the plant. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 41: 204-212.
- . 1942a. Nitrate content of grape leaf petioles and blades as an indicator of N status in the plant. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 41: 213-218.