

Variación estacional de la reductasa de nitrato en el cafeto^{*1/} _____ EDITH TALEISNIK^{**}, JORGE A. BRICEÑO^{***}, JOSE F. CARVAJAL^{***}

ABSTRACT

The seasonal trends of nitrate reductase activity, of NO₃⁻ induced activity of the same enzyme, and of the quotient between them, aRNi/aRNb, known as Nitrate Assimilation Potential, were investigated.

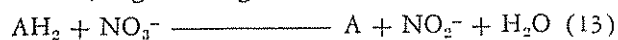
Assays were carried out in actively producing coffee trees, routinely fertilized and located in two different climatic zones: Central Valley and Atlantic Region of Costa Rica. Leaves from fruit-bearing branches and from fruitless branches were analysed separately.

Nitrate Reductase activity was found to vary in both locations according to rainfall and water content of soils and leaves. Induced activity of the enzyme was highest during the dry season and in coincidence with fruit maturation and flowering.

Nitrate Assimilation Potential registered normal values for well nourished plants throughout the year, except when trees flowered or presented mature fruits.

Introducción

EN gran parte de los cultivos comerciales, el nitrato constituye la principal fuente de nitrógeno para los vegetales. La enzima Nitrato Reductasa interviene en el primer paso de la reducción de nitratos, según la siguiente reacción:



La actividad de esta enzima constituye en la mayoría de los casos, el paso clave del control de la asimilación de nitratos y en la regulación de su actividad intervienen tanto factores endógenos como ambientales. Su síntesis de novo es inducida por el substrato (5) y su actividad tiende a disminuir conforme envejece el órgano donde se la evalúa, en condiciones de déficit hídrico y de reducida iluminación. Se han observado, consistentemente, fluctuaciones diarias en su actividad, con un máximo en las primeras horas de la tarde (11). Asimismo, se han constatado

variaciones estacionales en la actividad, correlacionadas tanto con fluctuaciones climáticas (22) como fenológicas (9).

En las hojas, en ausencia de desequilibrios nutricionales y en presencia de un adecuado suministro de molibdeno, la actividad de la Nitrato Reductasa (aRN) está ligada al contenido de nitrato (2) excepto cuando las condiciones ambientales tales como déficit hídrico y altas temperaturas conducen a una depresión en la actividad de la enzima y, paralelamente a la acumulación de nitratos (1,16,18).

En el cafeto se ha comprobado que la aRN también está ligada a tales factores (6,7,8).

En hojas pobres en nitrógeno, la actividad de la Reductasa del Nitrato puede ser inducida mediante una aspersión con soluciones de NO₃⁻. Se ha sugerido que la relación entre la actividad inducida e inicial de la Reductasa (aRNi/aRNb) es una medida del "Potencial de Asimilación" de nitrato y que puede servir como parámetro para determinar requerimientos de nitrógeno en algunas especies, tales como cítricos (3) y algunas gramíneas (2). Este índice ha sido probado también para café y otras especies de cultivo local (21). En condiciones de invernadero se ha visto que en plantas jóvenes aun no productivas, el cociente aRNi/aRNb guarda buena relación con el estado nutricional por nitrógeno (20). Se ha señalado que valores del cociente inferiores a 1,6 reflejan estados adecuados de nutrición nitrogenada.

Resulta por lo tanto de interés constatar la estabilidad estacional del índice aRNi/aRNb, propuesto

* Recibido para publicación el 18 de octubre de 1979

1/ Trabajo financiado parcialmente con fondos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), Costa Rica. Se agradece al Ing. Felipe Ortuño por haber permitido la realización del trabajo en su hacienda en Desamparados, y al CATIE por haber facilitado el uso de uno de sus lotes en Turrialba. Se agradece la colaboración técnica de la laboratorista Srta Elizabeth Barrantes Ch.

** Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma (UNA), Heredia, Costa Rica Dirección actual: Dept. of Biology Ben Gurion University of the Negev Be'er Sheva 84120-P. O. Box 653, Israel.

*** Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria, San José, Costa Rica

como herramienta auxiliar en la evaluación del estado nutricional por nitrógeno en las plantas. El presente trabajo tiene por objetivo verificar las variaciones de este parámetro en cafetales comerciales sometidos a un régimen de fertilización de rutina, y bajo condiciones ecológicas naturales.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en especímenes de cafetos del cultivar Caturra ubicados en dos localidades sometidas a distintos regímenes climáticos: Desamparados (Valle Intermontano Central) y Turrialba (Región Atlántica).

Los diagramas climáticos (15) resumen las principales características de estas dos localidades (Fig 1 y 2).

La parcela de Desamparados constó de 12 hileras de 14 plantas cada una. Se dividió en cuatro lotes obteniéndose muestras de aquellos ubicados en oposición sobre una de las diagonales. Se obtuvieron muestras de todas las plantas del lote, excepto las ubicadas sobre los bordes.

En Turrialba, la parcela se dividió en dos lotes contiguos, obteniéndose muestras de un promedio de 30 plantas por lote, desechando aquellas plantas que no evidenciaron excelente estado sanitario.

De cada una de las plantas en ambas localidades se obtuvieron muestras del tercer par de hojas a partir del ápice de la rama, en dos posiciones:

- Ramas situadas en el tercio medio de la planta (con frutos)
- Ramas situadas en el tercio superior de la planta (sin frutos)

Las muestras fueron tomadas una vez al mes, luego de constatarse la similitud de los valores obtenidos durante una semana previa al muestreo.

Parámetros analizados

- Actividad inicial de la Reductasa del Nitrato (aRNb).

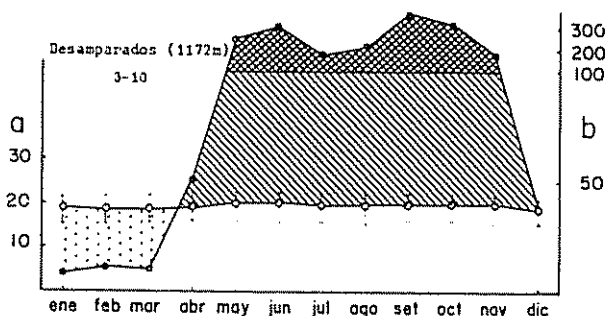


Fig. 1.—Desamparados. Diagrama climático. a. Temperatura media °C. Las líneas verticales indican la amplitud del intervalo máxima-mínima. b. Precipitación media. La escala se reduce 10 veces a partir de los 100 mm mensuales de precipitación. Rayado: épocas húmedas. Cuadrículado: épocas con precipitación superior a los 100 mm mensuales. Punteado: épocas secas.

FUENTE: Servicio Meteorológico de Costa Rica

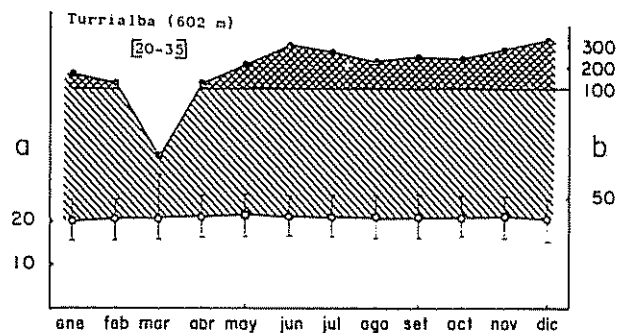


Fig. 2.—Turrialba. Diagrama climático. a. Temperatura media °C. Las líneas verticales indican la amplitud del intervalo máxima-mínima. b. Precipitación media mensual en mm. La escala se reduce 10 veces a partir de los 100 mm mensuales de precipitación. Rayado: épocas húmedas. Cuadrículado: épocas con precipitación superior a los 100 mm.

FUENTE: Estación del CATIE, Turrialba. Unidad de procesamiento de datos del IICA, Costa Rica

Los análisis se realizaron en un gramo de discos de hojas, según técnica descrita por Villalobos y Carvajal (21).

- Actividad inducida de la Reductasa del Nitrato (aRNi).

Al tomar la muestra para la determinación de la aRNb se asperjaron las hojas opuestas del mismo par con una solución de NO_3K 0,15 M conteniendo 0,1% Tween 20. Transcurridas 24 horas, las hojas asperjadas fueron separadas de las plantas y lavadas intensivamente con agua destilada. La actividad de la Reductasa del Nitrato se determinó como se indicó anteriormente.

Todas las muestras fueron tomadas en Desamparados entre las 8:00 y 9:00 a.m. y en Turrialba entre las 10:00 y 11:00 a.m.

- Potencial de Asimilación de Nitrato

Se considera como Potencial de Asimilación de Nitrato el cociente entre actividad inducida e inicial de la reductasa del nitrato (aRNi/aRNb).

- Contenido hídrico de suelos.

Mensualmente, al analizar la actividad de la enzima, se tomaron muestras de suelo a 0-20 cm de profundidad de la zona correspondiente a la banda de fertilización y a la entrecalle (ubicada entre dos hileras de plantas). De cada muestra se secaron 5 g a estufa a 80° C hasta peso constante, calculándose el porcentaje de humedad referido al peso fresco.

- Contenido hídrico de las hojas.

Parte de las hojas colectadas para la determinación de la actividad de la enzima se destinaron mensualmente a la determinación del porcentaje de humedad referida a peso fresco. A tal efecto las hojas se secaron a estufa a 80° C hasta peso constante.

6 Contenido foliar de nitratos.

El contenido de nitratos de las mismas hojas donde se analizó la actividad enzimática fue determinada espectrofotométricamente (17): 250 mg de material foliar desecado, molido y pasado a través de la malla 60 de un molinillo tipo Wiley, se suspendieron en 50 ml de agua destilada. Las suspensiones se agitaron mecánicamente durante 1 hora, y luego se filtraron a través de papel de filtro banda negra. Al filtrado se agregaron entre 1 y 2 ml de una suspensión de $Al(OH)_3$ a fin de clarificarlos y precipitar la materia orgánica. Las suspensiones se dejaron decantar, y se filtraron luego a través de un papel de filtro de acabado duro, lavado con ácido. Se descartaron los primeros 20 ml de filtrado. En una alícuota de lo restante se determinó la concentración de nitratos, leyéndose las muestras en un espectrofotómetro a 275 y 210 nm.

$$A = \frac{210}{275} \cdot A - 4A$$

El contenido de nitratos se calculó comparando "A" con una curva patrón obtenida a partir de soluciones de nitrato entre 0,1 y 1 ppm. El coeficiente de absorción específico para 1 ppm de nitrato es de 0,55 a 210 nm.

7 Datos meteorológicos

Para cada localidad se tabularon datos de precipitación, temperatura y horas de luz por día, provistos por la estación meteorológica más cercana. Los resultados hacen mención únicamente a datos pluviométricos por no haberse encontrado correlación con los datos de temperatura e iluminación.

Resultados y Discusión

A Actividad inicial de la Reductasa del Nitrato (aRNb)

1. Parcela ubicada en Desamparados

Se encontró que la aRNb varía a lo largo del año, tanto en la parte superior como media de la planta (Fig. 3). Estas variaciones coinciden con las verificadas en el contenido hídrico de los suelos, que responden claramente a la precipitación caída en el período anterior a la toma de muestras (Fig. 4).

Dentro de esta tendencia general, se observaron repuntes de actividad en la toma de muestras que sigue a una fertilización, siempre que la precipitación en ese período hubiese sido abundante. Tal es el caso de los meses de octubre de 1977 (fertilización en setiembre) y junio y setiembre de 1978 (fertilización en mayo, junio y agosto). En el mes de noviembre no se observó este incremento en la actividad pese a la fertilización de octubre, posiblemente debido a la baja luminosidad y lluvia persistente durante los días de muestreo. El notable repunte en la actividad observable en el mes de febrero de 1978 coincide con riegos efectuados 10 días antes y el mismo día del análisis.

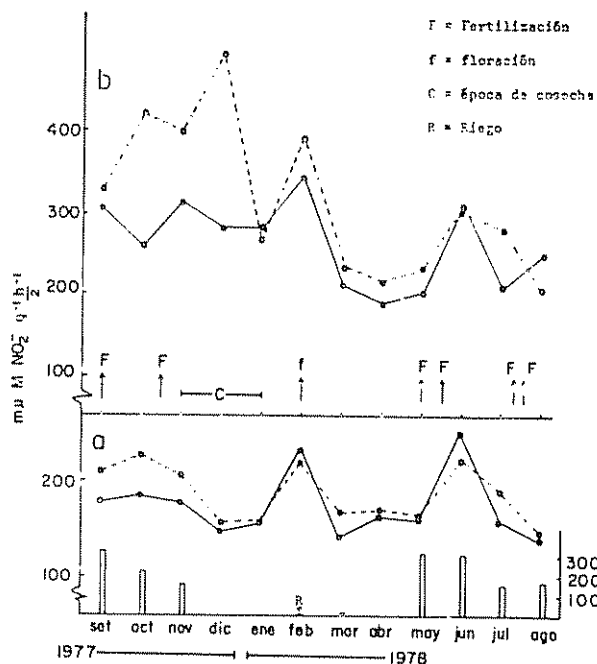


Fig. 3—Actividad inicial (aRNb) e inducida (aRNi) de la reductasa del nitrato. Desamparados. a. aRNb; b. aRNi. --- Tercio medio de la planta (con frutos) — Tercio superior de la planta (sin frutos). Cada punto representa la aRN para las dos subparcelas analizadas. Barras: mm de precipitación en el período inmediatamente anterior al muestreo.

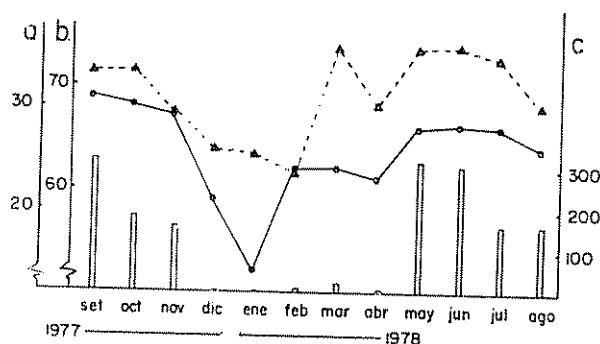


Fig. 4—Desamparados. Precipitaciones y porcentaje de humedad en suelos y hojas. a. — % de humedad en suelos (g H₂O/peso fresco, 100). Promedio de mediciones realizadas en la zona de banda de fertilización y en entrecalle. b. --- % de humedad en hojas (g H₂O/peso fresco, 100). Promedio de mediciones efectuadas en hojas provenientes del tercio medio y de la parte superior de las plantas. c. Barras: mm de precipitación caídos en el período inmediato anterior al muestreo.

A pesar del paralelismo señalado entre la actividad de la reductasa y las precipitaciones, humedad de suelos y de hojas, no existe una relación lineal entre las magnitudes de la actividad enzimática y las de los otros parámetros.

Datos preliminares sobre contenido foliar de nitratos (Cuadro 1) concuerdan con lo observado por otros autores en condiciones de déficit hídrico.

Cuadro 1 —Desamparados. Contenido foliar aproximado de nitrato en algunos meses de los años 1977-1978.

Mes	Tercio superior	Tercio medio
Setiembre	750 ppm	550 ppm
Octubre	720 ppm	640 ppm
Noviembre	2000 ppm	3000 ppm
Diciembre	960 ppm	1550 ppm
Enero	2100 ppm	2500 ppm
Febrero	1800 ppm	1900 ppm
Marzo	800 ppm	800 ppm

Los análisis fueron realizados en las mismas hojas donde se determinó la actividad enzimática

(1, 4, 19) ya que se muestra una tendencia al incremento de nitrato foliar en los meses de escasa precipitación, posiblemente como consecuencia de la disminución de la aRNb en ese mismo período. Las oscilaciones en actividad inicial de la reductasa son paralelas en la parte superior (sin frutos) y media (con frutos) de las plantas. Si bien esos valores no difieren significativamente entre sí, en las ramas con frutos la actividad tiende a ser ligeramente superior a la de las ramas sin frutos. En general, las hojas de las ramas con frutos eran más viejas y estaban más sombreadas que las hojas de las ramas sin frutos. El hecho de presentar valores de actividad similares o ligeramente superiores a los de las ramas sin frutos, contrasta con los resultados obtenidos por Bardzik *et al.* (4) en maíz y por Di Marco *et al.* (9) en trigo, donde hojas más sombreadas y de más edad presentaban menor aRN. Sin embargo, Beever y Hageman en su trabajo de revisión (5) mencionan que hojas viejas provenientes de plantas decapitadas o defoliadas parcialmente pueden presentar renovada actividad de RN. En este caso, la defoliación parcial se produce en ocasión de la recolección de frutos, cuando las hojas, sometidas a déficit hídrico, tienden a desprenderse fácilmente de la planta.

2. Parcela ubicada en Turrialba

La aRNb en Turrialba varió paralelamente al contenido hídrico foliar. Esto es más marcado en la parte media que en la parte superior de la planta (Fig. 5a). En general, las oscilaciones de aRNb en Turrialba guardan una relación menos estrecha con las precipitaciones en comparación con lo observado en Desamparados.

Cabe señalar que en este caso las fluctuaciones en precipitación no son tan extremas como en Desamparados (Fig. 6). No existen meses de absoluta carencia de lluvia. Durante los meses de me-

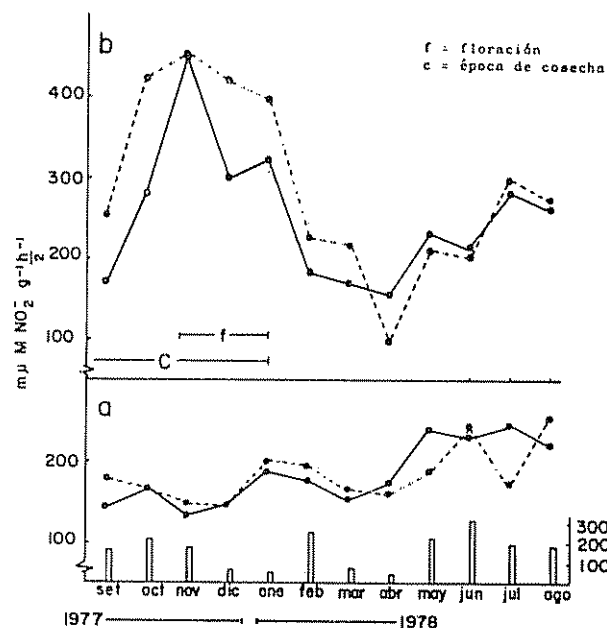


Fig. 5 —Actividad inicial (aRNb) e inducida (aRNi) de la reductasa del nitrato, Turrialba. a: aRNb; b: aRNi; --- Tercio medio de la planta (con frutos) — Tercio superior de la planta (sin frutos). Cada punto representa la aRN para las dos subparcelas analizadas. Barras: precipitación caída en el período inmediato anterior al muestreo

nor precipitación, la media mensual alcanza hasta un 20 por ciento del promedio de los meses "húmedos". Esto explica, por una parte, las escasas fluctuaciones observadas en la humedad del suelo (Fig. 6). Por otra parte, es de hacer notar que el cafetal ubicado en Turrialba estaba sombreado por árboles adultos de poró (*Erythrina* sp.) y palmeras, mientras que en Desamparados no había sombra. Como consecuencia, resulta coherente que el

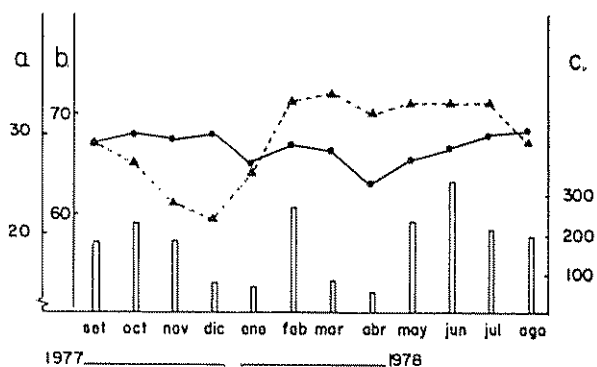


Fig. 6 —Turrialba. Precipitaciones y porcentaje de humedad en suelos y hojas. a — % de humedad en suelos (g H₂O/peso fresco 100), Promedio de mediciones efectuadas en la zona de banda de fertilización y en entrecalle. b. --- % de humedad en hojas (g H₂O/peso fresco. 100), Promedio de mediciones efectuadas en hojas provenientes del tercio medio y de la parte superior de las plantas. c. Barras: mm de precipitación caídos en el período inmediato anterior al muestreo.

suelo en Desamparados, prolijamente deshierbado y sin protección de sombra sufriera más los efectos de la evaporación que el suelo en Turrialba.

3. Actividad inducida de Nitrato Reductasa (aRNi) a Parcela de Desamparados

Durante los meses de febrero a agosto los valores de la actividad inducida variaron paralelamente a los de la actividad inicial (Fig. 3b) Las mayores oscilaciones se observaron en la parte media de la planta, que soporta los frutos.

Datos preliminares de un ensayo donde se quitaron los frutos a las plantas en el mes de setiembre de 1978 (Cuadro 2) parecen indicar que la actividad inducida en estas plantas no muestra las mismas variaciones que presentan las plantas con granos de maduración.

Los valores de actividad de RN parecen ser similares a los observados en la parte superior (sin frutos) de las mismas plantas o de otras que mantienen sus frutos en la parte media. Es posible, por lo tanto, que las variaciones en actividad estén ligadas tanto a las condiciones climáticas como al estado vegetativo de las plantas. Esto concuerda con lo observado por Di Marco *et al.* en trigo (9). Se ha mencionado la existencia de nitratos metabólicamente activos y nitratos inactivos, secuestrados en compartimientos celulares, tales como la vacuola (10). También se ha sugerido que el nitrato puede inducir sistemas de permeasas (12, 14).

Resulta posible, por consiguiente, que la alta actividad inducida observada durante los meses de octubre a enero, en que aumenta el contenido de nitratos de las hojas, pueda estar relacionada a la activación de tal sistema de permeasas como consecuencia de la aspersión con nitratos. De este modo se movilizaría una reserva de nitratos celulares, previamente inactivos, que podrían actuar como inductores adicionales de aRN.

4. aRNi en Turrialba (Fig. 5b)

Aquí, en las ramas con frutos, la aRNi presentó valores similares a los de la actividad inicial entre febrero y agosto, y se aparta de ellos entre setiembre y enero, época de plena maduración de frutos. En la parte superior de la planta, sin frutos, los incrementos en la actividad inducida se observan entre los meses de octubre y enero, coincidiendo con las sucesivas floraciones experimentadas por esas ramas.

5. Potencial de Asimilación de Nitrato (aRNi/aRNb)

Durante los meses de marzo a setiembre, los valores de las medias del Potencial de Asimilación de Nitratos para las ramas con frutos en Desamparados estuvieron comprendidos entre 1,15 y 1,44, concentrándose en el intervalo 1,30-1,45 que fue señalado como más probable para plantas en estado de nutrición nitrogenada adecuada (20) (Fig. 7). A partir de setiembre comienzan a subir los valores del índice hasta alcanzar un pico de 2,98 en el mes de diciembre. Este pico coincide con el de mayor volumen de maduración de frutos, según los datos de cosecha obtenidos en esas plantas. También concuerda con la plena vigencia de la estación seca.

En la parte superior (sin frutos) de la planta los valores del cociente permanecieron estables, aumentando entre noviembre y enero en concordancia con la estación seca.

En Turrialba, los valores del cociente aRNi/aRNb sobrepasaron el intervalo mencionado anteriormente, entre los meses de octubre de 1977 y enero de 1978. Los valores altos corresponden a los meses de cosecha, que en esta localidad abarcan de agosto a enero.

La estación de menor precipitación comprendió los meses de diciembre de 1977 a abril de 1978, con una interrupción en febrero (Fig. 8).

Cuadro 2.—Actividad de la nitrato reductasa inicial e inducida durante los meses de maduración de frutos, en plantas con frutos y carentes de ellos (datos preliminares obtenidos colateralmente).

	Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Enero	
	aRNb	aRNi	aRNb	aRNi	aRNb	aRNi	aRNb	aRNi	aRNi	aRNi
Plantas con frutos										
a—Parte superior (sin frutos)	115	248	292	288	108	260	—	199	150	219
b—Parte media (con frutos)	172	205	381	283	125	294	—	357	101	214
Plantas sin frutos										
a—Parte superior	136	205	297	288	127	176	—	238	134	158
b—Parte media	282	235	296	263	132	219	—	285	148	158

En las ramas superiores, sin frutos, los valores altos coinciden con las épocas de floración.

Los datos del presente trabajo indican que en cafetos en activa producción y fertilizados adecuadamente, el cociente entre $aRNi/aRNb$ permanece aproximadamente constante en las épocas del año que no coinciden con períodos de plena maduración de frutos, con floración, o con condiciones de reducido aporte hídrico. Por lo tanto, la utilización de este parámetro como herramienta auxiliar en la evaluación

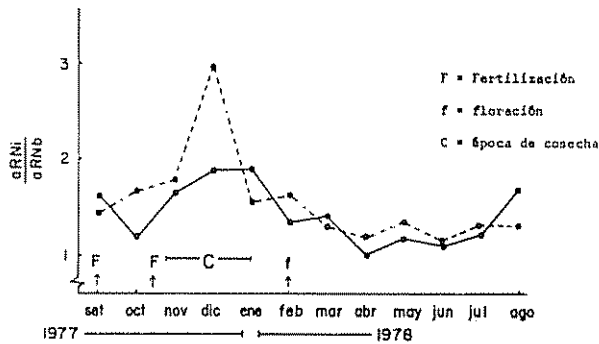


Fig. 7—Desamparados. Potencial de asimilación de nitrato ($aRNi/aRNb$)
 — Tercio superior de la planta. Sin frutos
 - - - Tercio medio de la planta. Con frutos.
 Cada punto indica el promedio de los valores obtenidos en ambas parcelas

del estado nutricional de las plantas de café debe circunscribirse a las épocas de crecimiento vegetativo y de desarrollo y crecimiento de frutos, ya que en épocas de florecimiento o plena maduración de frutos, valores del índice superiores a 2,00 no necesariamente indican estados de carencia de nitrógeno (a juzgar por las cosechas satisfactorias obtenidas en estas plantas). Sin embargo, sería de interés verificar el efecto de una fertilización nitrogenada en la época en que el Potencial de Asimilación exhibe valores tan altos

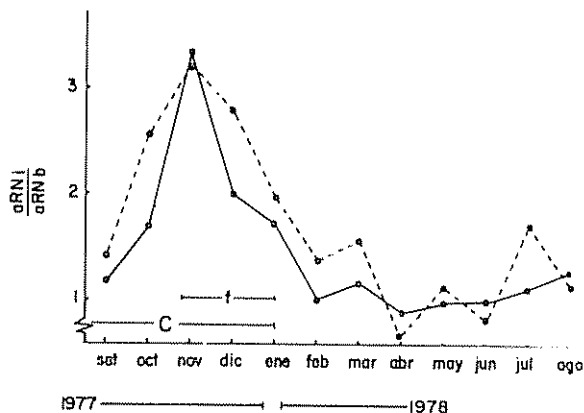


Fig. 8—Turrialba. Potencial de asimilación de nitrato ($aRNi/aRNb$)
 — Tercio superior de la planta. Sin frutos
 - - - Tercio medio de la planta. Con frutos.
 Cada punto indica el promedio de los valores obtenidos en ambas subparcelas

Los resultados indican que la presencia de frutos en maduración afecta la actividad inducida de esta enzima, ya que las ramas con frutos muestran valores superiores de aRN en comparación con las ramas superiores, carentes de cosecha.

Resumen

Se investigó la variación estacional de la actividad de la reductasa del nitrato, de la actividad de la misma enzima inducida luego de una aspersión foliar con KNO_3 y del cociente entre éstas, conocido como Potencial de Asimilación de Nitrato. La investigación tuvo lugar en cafetos (*Coffea arabica* L. cv. 'Caturra') situados en plantaciones comerciales sometidas a programas de fertilización considerados adecuados; ubicadas en localidades representativas del régimen climático del Valle Intermontano Central y de la Región Atlántica de Costa Rica. Se analizaron hojas provenientes de ramas con y sin frutos respectivamente.

Se encontró que la aRN variaba en ambas localidades investigadas paralelamente al régimen de lluvias, al contenido de humedad en las hojas y al porcentaje de agua en el suelo. La actividad inducida de la misma enzima alcanza los máximos valores durante la temporada seca, en las épocas de maduración de frutos y durante la floración.

El Potencial de Asimilación de Nitrato se aleja de los valores indicados para plantas adecuadamente nutridas (alrededor de 1,3) en la época de maduración de la cosecha y durante la floración. El resto del año sus valores se mantuvieron por debajo de 1,6 en concordancia con los previamente reportados en plantas que no presentan deficiencias de minerales

Literatura citada

- 1 ACKERSON, R. C., KRIEG, D. R., HARING, C. I. y CHANG, N. Effect of plant status on stomatal activity, photosynthesis and nitrate reductase activity of field grown cotton. *Crop Science* 17:81-84 1977.
- 2 BAR AKIVA, A., SAGIV, J. y LESHEM, J. Nitrate Reductase Activity as an indicator for assessing the nitrogen requirement of grass crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 21:405-407 1970.
- 3 BAR AKIVA, A. y SIERNBAUM, J. Possible use of nitrate reductase activity of leaves as a measure of the nitrogen requirement of citrus leaves. *Plant and Cell Physiology* 6:575-577 1965.
- 4 BARDZIK, J. M., MARSH, V. y HAVIS, J. H. Effects of water stress on the activities of three enzymes in maize seedlings. *Plant Physiology* 47:828-831 1971.
- 5 BEEVERS, Y. y HAGEMAN, R. H. Nitrate reduction in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology* 20: 495. 1969.
- 6 BREELEY, O. y CARVAJAL, J. F. La actividad de la reductasa del nitrato como guía de la fertilización nitrogenada del café. In IV Simposio Latinoamericano de Fisiología Vegetal. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Programa y Resúmenes 1971. pp. 44-45.
- 7 CARVAJAL, J. F. y CAVALLINI, J. A. Nitrate reductase activity in coffee trees as affected by mineral deficiency. *American Society of Agronomy Annual Meeting* 1972 p. 190.

8. CASTILLO VALLE, L. D. Algunos factores que afectan la actividad de la reductasa del nitrato en el café. Tesis, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 1974.
9. DI MARCO, G., GREO, S., PIETROSANTI, T. y TRICOLI, D. Seasonal trends of nitrate reductase, carboxylating enzymes and water soluble proteins in two field grown cultivars of *Triticum*. *Journal of Experimental Botany* 27(99):725-734. 1976.
10. FERRARI, T. E., YODER, O. C. y FILNER, P. Anaerobic nitrite production by plant cells and tissues: evidence for two nitrate pools. *Plant Physiology* 51:123-131. 1973.
11. HAGEMAN, R. H., FLESHER, D. y GITTER, A. Diurnal variations and other light effects influencing the activity of nitrate reductase and nitrogen metabolism in corn. *Crop Science* 1(3):201-204. 1961.
12. HEIMER, Y. M. y FILNER, P. Regulation of the nitrate assimilation pathway in cultured tobacco cells. *Biochimica et Biophysica Acta*. 230:362-372. 1971.
13. HEWITT, E. J., HUCKLESBY, D. P. y NOTTON, B. A. Nitrate Metabolism. In Bonner, J. and Varner, J. E. eds. *Plant Biochemistry*. 3rd. ed. New York, Academic Press. 1976.
14. JACKSON, W. A., FLESLER, D. y HAGEMAN, R. H. Nitrate uptake by dark grown corn seedlings. *Plant Physiology* 51:120-127. 1973.
15. LARCHER, W. *Ecofisiología Vegetal*. Barcelona, Omega. 1977. 219 p.
16. MATTAS, R. E. y PAULI, A. W. Trends in nitrate reduction and nitrogen fractions in young corn (*Zea mays* L.) plants during heat and moisture stress. *Crop Science* 5 (2): 181-184. 1965.
17. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 14th ed. Washington, D. C., APAA, American Water Works Association, WPCF, 1975.
18. SHAKED, A., BAR-AKIVA, A., y MENDEL, K. Effect of water stress and high temperatures on nitrate reduction in citrus leaves. *Journal of Horticultural Science* 47:183-190. 1972.
19. SHAKED, A., BAR-AKIVA, A. y MENDEL, K. L'activité de la nitrate réductase: une indication de l'état nutritionnel et des besoins en azote d'agrumes en vergers. *Fruits* 30(2):125-128. 1975.
20. TALEISNIK, E. y PACHECO, R. Evaluación del efecto de dosis crecientes de nitrato sobre la actividad de la reductasa del nitrato; nitrógeno derivado del fertilizante en café. *Turrialba* 30(1):29-34. 1980.
21. VILLALOBOS, E. y CARVAJAL, J. F. La actividad de la reductasa del nitrato como guía de la fertilización nitrogenada de cinco especies agrícolas. *Agronomía Costarricense* 1(1):57-63. 1977.
22. ZIERSERL, J., RIVENBARK, W. L. y HAGEMAN, R. H. Nitrate reductase activity, protein content and yield of four maize hybrids at varying plant population. *Crop Science* 3(1):27-31. 1963.

Reseña de Libros

LAL, R.; GREENLAND, D. J. - Eds. Soil physical properties and crop production in the tropics. John Wiley and Sons New York

Este libro constituye uno de los aportes más positivos y útiles a la literatura sobre los suelos de la región tropical

Como uno de los editores reconoce en los artículos introductorios, si bien en el campo de la química y de la fertilidad, así como de los estudios de génesis y clasificación de suelos, hay ya una cantidad considerable de información con respecto a los suelos tropicales, no sucede lo mismo en cuanto se refiere a la física de suelos.

El interés de esta obra va más allá de un ámbito puramente académico o de investigación, pues como su título lo indica trata de estudios de aplicación con respecto a la producción de los cultivos. El libro recoge, en efecto, los artículos presentados en una reunión realizada en el Instituto Internacional de Agricultura Tropical, en Nigeria, sobre el tema general: El Papel de las Propiedades Físicas del Suelo en el Mantenimiento de la Productividad de los Suelos Tropicales.

La obra se ha dividido en ocho temas que agrupan un total de cuarenta y cuatro artículos y a los que sigue un corto capítulo final de recomendaciones obtenidas después de la reunión. Los ocho temas indicados son los siguientes:

1. Propiedades físicas de los suelos tropicales. En dos artículos se presentan las características físicas de los suelos, su determinación y manejo, y las propiedades físicas y su papel en el mantenimiento de la productividad en los suelos tropicales.

2. Estructura del Suelo. En relación con este tema se incluyen artículos que tratan asuntos diversos desde la estabilidad de los agregados hasta la modificación de la estructura y el uso de acondicionadores tan simples como el caucho.

3. Relaciones suelo-agua. Este es uno de los aspectos más importantes en los suelos tropicales y así lo atestiguan los cinco artículos que integran esta sección.

4. Relaciones planta - agua. El tema es tan importante como el anterior y los artículos incluidos se refieren a condiciones tales como la modificación del drenaje y su influencia en el desarrollo de las plantas. Hay por ejemplo, un estudio sobre requisitos de dre-

naje y tolerancia a la inundación en el frijol (*Phaseolus vulgaris*), y otro sobre el uso consuntivo del agua por el caupí (cowpea).

5. La temperatura del suelo y la producción de los cultivos. Se trata de un tema al que anteriormente no se le había dado mucha importancia y que sin embargo es fundamental en los estudios de física del suelo. Los cinco artículos presentados en este tema demuestran el valor de esta clase de estudios.

6. El crecimiento de las raíces. Varios aspectos se presentan en relación con este tema, tanto desde el punto de vista de las propiedades físicas del suelo, como desde el punto de vista de las plantas.

7. Las propiedades físicas del suelo y el uso de la tierra. Este tema sólo tiene tres artículos, pero estos son de gran importancia práctica, al igual que los del último tema.

8. Conservación de suelos y agua. El enfoque dado en los diversos artículos que integran este grupo es muy práctico ya que más que trabajos de información se trata en casi todos los casos de evaluaciones cuantitativas, por ejemplo, de la pérdida del suelo, lo que significa una contribución muy útil, especialmente con respecto a los países tropicales.

Este breve resumen dará una idea de la importancia enorme de este libro, tal vez el primero que se publica sobre aspectos prácticos del conocimiento de las propiedades físicas de los suelos.

Hay sin embargo, una deficiencia en el libro, que no se puede atribuir a los editores ni a los autores de los artículos: poquísimos son los artículos sobre los suelos tropicales americanos. Hay varias razones para explicar esta falta, pero es de esperar que en reuniones similares a la que dio origen a esta obra haya una mayor participación de físicos de suelos de nuestro continente. Ojalá una obra de tanto valor como ésta sirva para impulsar la investigación y la aplicación práctica de los conocimientos en nuestras regiones.

La obra que nos ocupa, como se dijo al principio, es un aporte muy positivo y debe recomendarse su adquisición no sólo para bibliotecas académicas sino también para las de institutos de investigación edafológica y estaciones experimentales de agricultura, especialmente de los países tropicales.

FAUSTO A. MALDONADO P.
USAID/QUITO
ECUADOR