

CARBONO Y NITROGENO DE LA BIOMASA MICROBIAL DE SUELOS DEL SUDESTE BONAERENSE

H. Echeverría, R. Bergonzi y J. Ferrari.

Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce. CC. 276, (762) Buenos Aires

RESUMEN

Se determinó el contenido de carbono (C) y de nitrógeno (N) de la biomasa microbiana en suelos del sudeste bonaerense y se lo relacionó a los contenidos totales de dichos elementos. El C de la biomasa microbial fue determinado por el método de fumigación-incubación, mientras que el de N por fumigación-extracción. Los contenidos de C y N en la biomasa microbial se relacionaron a los contenidos totales de dichos elementos, aunque las pérdidas relativas de C y N en la biomasa microbial fueron superiores a las pérdidas en los contenidos totales de los mismos. Para distintas localidades se observó una relación inversa entre el cociente C de la biomasa microbial/C total y el cociente precipitación/evaporación. Esta relación permitiría efectuar comparaciones entre suelos desarrollados en condiciones climáticas diferentes e indicaría si un suelo está ganando o perdiendo MO. Tanto el C como el N en la biomasa microbial son indicadores muy dinámicos y reflejan en gran medida el efecto de la historia agrícola.

Palabras claves: suelos, carbono, nitrógeno, biomasa microbial.

CARBON AND NITROGEN CONTENT IN THE MICROBIAL BIOMASS OF SOUTHEASTERN BUENOS AIRES SOILS.

ABSTRACT

Carbon (C) and nitrogen (N) content in the microbial biomass of soils belonging to the South-Eastern Buenos Aires Province, were determined. Carbon from microbial biomass was determined using the fumigation-incubation method, N in the microbial biomass was assayed by the fumigation-extraction technique. Carbon and N content in the microbial biomass was related to the total content of these elements in soil. Nevertheless, the relative losses of C and N in the microbial biomass were higher compared to the total content of these elements. For different sites an inverse relationship was observed, between the ratio of C content of the microbial biomass/total C and the precipitation/evaporation ratio. This relationship allow us to make comparisons between soils development on different climatic conditions and predict if a soil is adding or losing organic matter. Carbon and N in the microbial biomass are indicators highly dynamics which clearly show the effects of previous soils crop management.

Key words: soils, carbon, nitrogen, microbial biomass.

INTRODUCCION

El creciente interés por conocer el rol de los microorganismos del suelo en las relaciones de nutrientes y flujo de energía, ha enfatizado la necesidad de medir el

contenido de carbono (C) en la población microbiana del suelo (Anderson y Domsch, 1978).

El contenido total de materia orgánica (MO) del suelo cambia lentamente y es difícil medir dichos cambios en función de la cantidad de MO ya presente (Matting et al.,

1974, Undersorder y Reiger, 1985). Por el contrario, existen evidencias de que el contenido de C en la biomasa microbial (BM) del suelo responde mucho más rápido que la MO a los cambios en el manejo (Powlson y Jenkinson, 1981; Carter, 1986). Así, cambios en la biomasa medidos sobre períodos relativamente cortos pueden indicar tendencias en el contenido de MO mucho antes que puedan ser detectados por análisis químicos (Powlson et al., 1987). En tal sentido para el horizonte superficial de un Argiudol típico de Balcarce, se han determinado cambios significativos en el tamaño de la biomasa por manejos de suelos contrastantes, mientras que no se detectaron diferencias en MO (Rizzalli et al., 1984). Estos resultados fueron confirmados posteriormente, e inclusive se llegó a observar cambios en los contenidos de la BM a lo largo del año (Gratone et al., 1993).

La BM no representa una gran fracción del reservorio de nutrientes en la mayoría de los ecosistemas, sin embargo, se ha demostrado que la misma controla la dinámica de dichos nutrientes en el suelo (Paul y Juma, 1981; McGill et al., 1986). Este concepto se ha utilizado en la confección de modelos de ciclaje de C y N (Tanji y Gupta, 1978; Van Veen et al., 1984; 1985). La BM es un compartimiento de significativa importancia, a pesar de su pequeño tamaño, estando éste relacional al tipo de suelo y a su manejo (Choussod et al., 1986). Se ha determinado que el N de la BM es capaz de suministrar una proporción significativa del utilizado por los vegetales (Jenkinson and Ladd, 1981), por lo que es de interés

conocer la magnitud de dicha fracción. Esto es factible al haber logrado la puesta a punto de dicha técnica para suelos de la zona (Ferrari et al., 19910).

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el C y el N de la BM para suelos del SE bonaerense bajo distintas condiciones de manejo y su relación con los contenidos totales de dichos elementos.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización del presente trabajo se emplearon para cada tratamiento tres muestras compuestas de suelos del sudeste de la Provincia de Buenos Aires, cuyas características se presentan en la **Tabla 1**.

En una primera experiencia se compararon suelos provenientes de cuatro localidades con girasol como cultivo previo y laboreado en forma convencional para sembrar trigo (Suelos 2, 3 y 4) y con trigo como antecesor y con laboreo de tipo vertical también para sembrar trigo (Suelo 1). En una segunda experiencia para la localidad de Balcarce se compararon distintos manejos (Suelo 4 ocho años de agricultura y en los dos últimos trigos-girasol, Suelo 5 idem 4 con maíz-maíz en los dos últimos años y Suelo 6 pastura en los últimos cuatro años). En ambas experiencias se determinó el contenido total de C (Walkley y Black) y N (Kjeldhal) y en la BM.

Para la determinación de C en la BM se utilizó el método de fumigación-incubación (Jenkinson y Powlson 1976) y debido a que las muestras fueron almacenadas en freezer, previo a la determinación se preincubaron a 25°C durante 5 días. Se pesaron

Tabla 1: Caracterización de los suelos estudiados

| Suelo | Partido | Profundidad (cm) | Textura | pH | C (%) | N (%) |
|-------|---------------|---------------------|---------|-----|----------|----------|
| 1 | Dorrego | 0-20 | FrAsAr | 6,5 | 1,43 | 0,12 |
| | | 20-50 | FrAs | 7,0 | 0,80 | 0,07 |
| 2 | T. Arroyos | 0-20 | Fr | 6,1 | 1,95 | 0,15 |
| | | 20-50 | FrAs | 6,6 | 1,07 | 0,09 |
| 3 | Azul | 0-20 | Fr | 6,1 | 3,41 | 0,26 |
| | | 20-50 | FrAs | 6,5 | 1,66 | 0,13 |
| 4 | Balcarce (GT) | 0-20 | Fr | 6,1 | 3,18 | 0,23 |
| | | 20-50 | FrAs | 6,5 | 1,89 | 0,14 |
| 5 | Balcarce (MM) | 0-20 | Fr | 6,0 | 3,16 | 0,23 |
| | | 20-50 | FrAs | 6,5 | 1,85 | 0,14 |
| 6 | Balcarce (P) | 0-20 | Fr | 6,1 | 3,46 | 0,26 |
| | | 20-50 | FrAs | 6,6 | 1,95 | 0,14 |

50 g de suelo húmedo por cuadruplicado y se ajustó la humedad a 50% de la capacidad de retención. Dos repeticiones fueron fumigadas (F) en un desecador al vacío con cloroformo (aproximadamente 50 ml) y las otras dos fueron colocadas en otro desecador pero sin fumigar (testigos=NF). Luego de 28-24 h se extrajo el fumigante mediante vacío, y las muestras fueron colocadas en frascos de 1,25 litros con cierre hermético dentro del cual se colocaron en vaso de precipitado 4,5 meq de NaOH. Idéntico procedimiento se efectuó con las muestras testigo, con la excepción de que se redujo a la mitad la cantidad de álcali. Posteriormente todas las muestras fueron incubadas a 25°C durante 10 días, para luego de este período titular el NaOH remanente con SO_4H_2 0,1N, utilizando timoftaleina como indicador más 6 ml de cloruro de bario al 20% para precipitar los carbonatos. el carbono en la biomasa (CBM) fue calculado según:

$$\text{CBM} = \frac{F - \text{NF}}{0,45}$$

Para la determinación de N en la biomasa se empleó la técnica de fumigación-extracción (Brookes et al., 1985) con modificaciones (Ferrari et al., 1991). En síntesis el procedimiento es análogo al descrito para la determinación del CBM hasta la etapa de incubación, que es reemplazada por una extracción con 200 ml de K_2SO_4 0,5 M durante media hora. Luego se filtró y 15 ml del extracto fueron digeridos con CuSO_4 0,19 M y H_2SO_4 concentrado. Finalizada esta etapa se alcalinizó el digesto con OHNa , para proceder a la destilación y posterior titulación del amoníaco liberado.

El N en la biomasa (NBM) fue calculado según:

$$\text{NBM} = \frac{F - \text{NF}}{0,47}$$

Con la información obtenida en cada experiencia y en cada profundidad se calculó el error estándar de las medias. Se emplearon modelos de regresión y correlación entre las variables determinadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las **Tablas 2 y 3** se presentan los contenidos de C y N de la BM determinados en la primer y en la segunda experiencia, respectivamente. Como era de esperar se obtuvieron diferencias significativas entre los tamaños de CBM y NBM de horizontes superficiales y subsuperficiales en todas las localidades.

El suelo proveniente de Azul presentó contenidos de C y N en la BM superiores a los de Balcarce en la capa arable ($P < 0,05$) a pesar de que no existieron diferencias en los contenidos totales de dichos elementos. A su vez el suelo de Tres Arroyos, sometido a una historia agrícola más intensa que el de Dorrego, no difirió de aquel en los contenidos de CBM y NBM, a pesar de poseer mayores contenidos totales de C y N.

En el **Tabla 3** se observan los mayores contenidos de dichos elementos en la BM del suelo bajo pastura con respecto a los tratamientos en agricultura continua (girasol/trigo vs. maíz/maíz) ($P < 0,05$), no existiendo diferencias en C y N total entre ellos. El tratamiento bajo agricultura continua M/M no se diferenció del de girasol/trigo en ninguna de las propiedades mencionadas. Promediando los valores de estos tratamientos y relacionándolos a los contenidos bajo pastura es factible visualizar la disminución porcentual en los contenidos de C y N total y de la BM por efecto de la agricultura (**Fig. 1**). Las disminuciones en los contenidos de BM fueron muy superiores a los registrados para los contenidos totales y en particular las pérdidas fueron mayores en los contenidos del NBM que en CBM.

Estos resultados confirmarían los obtenidos por otros autores (Biederbeck et al., 1984; Anderson y Domsch, 1986; Carter 1986; McGill et al., 1986; Pawlson et al., 1987) e indicarían que el efecto provocado por la diferente historia agrícola se vería reflejado en mayor medida y en menor tiempo en el C y en el N de la BM, que en la MO o en el N total como un todo. La determinación de NBM presenta ventajas respecto a la de CBM desde el punto de vista metodológico (Brookes et al., 1985; Ferrari et al., 1993) a las que deberá sumarse la mayor sensibilidad para detectar cambios en la BM provocados por manejos diferentes.

Para suelos de diferentes órdenes Anderson y Domsch

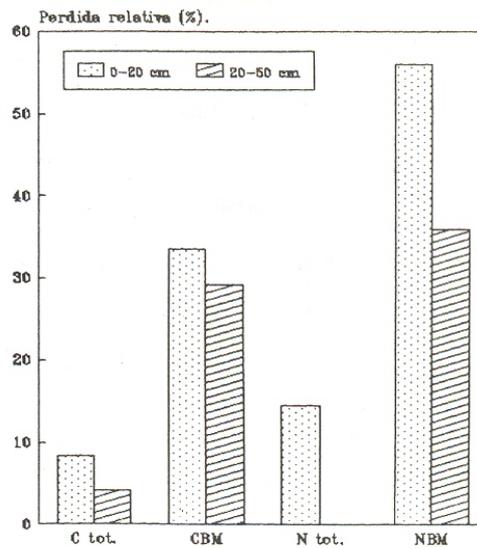


Figura 1: Pérdidas relativas de los contenidos de C y N total y en la BM para suelos bajo agricultura con respecto a suelo bajo pastura. Ejemplo de pérdida relativa de N total 0-20 cm. = $(\text{N tot. Pastura} - (\text{N tot. GT+MM}/2)) \times 100 / \text{N tot. Pastura}$.

Tabla 2: Valores de C y N en la BM y proporción del C y N total de suelos de distintas localidades del sudeste bonaerense.

| Suelo | CBM | NBM | CBM/C tot. | NBM/N tot. | CBM/NBM |
|----------------------|------------------------|-----|------------|------------|---------|
| | (mg.kg ⁻¹) | | (%) | | |
| Profundidad 0-20 cm | | | | | |
| 1 (Dorr) | 227 | 31 | 1,62 | 2,56 | 7,3 |
| 2 (T. Ar) | 238 | 36 | 1,22 | 2,37 | 6,6 |
| 3 (Azul) | 460 | 42 | 1,35 | 1,62 | 10,9 |
| 4 (Balc) | 285 | 30 | 0,90 | 1,34 | 9,5 |
| E.E. | 39,5 | 2,8 | 0,191 | 0,129 | 1,16 |
| Profundidad 20-50 cm | | | | | |
| 1 (Dorr) | 91 | 15 | 1,16 | 2,24 | 6,1 |
| 2 (T. Ar) | 128 | 14 | 1,19 | 1,65 | 9,0 |
| 3 (Azul) | 164 | 16 | 0,99 | 1,27 | 10,2 |
| 4 (Balc) | 144 | 18 | 0,75 | 1,25 | 7,9 |
| E.E. | 19,8 | 1,6 | 0,148 | 0,214 | 1,04 |

E.E.= error estándar.

Tabla 3: Valores de C y N en la BM y proporción del C y N total de un suelo de Balcarce bajo distintos cultivos previos. G=girasol, T=trigo, M=maíz y P=pastura.

| Suelo | CBM | NBM | CBM/C tot. | NBM/N tot. | CBM/NBM |
|----------------------|------------------------|-----|------------|------------|---------|
| | (mg.kg ⁻¹) | | (%) | | |
| Profundidad 0-20 cm | | | | | |
| 4 (GT) | 285 | 30 | 0,90 | 1,34 | 9,5 |
| 5 (MM) | 235 | 30 | 0,75 | 1,26 | 7,9 |
| 6 (P) | 390 | 68 | 1,12 | 2,57 | 5,7 |
| E.E. | 49,1 | 4,9 | 0,127 | 0,151 | 0,97 |
| Profundidad 20-50 cm | | | | | |
| 4 (GT) | 144 | 18 | 0,75 | 1,25 | 7,9 |
| 5 (MM) | 143 | 15 | 0,77 | 1,09 | 9,5 |
| 6 (P) | 203 | 26 | 1,02 | 1,81 | 7,8 |
| E.E. | 35,9 | 2,5 | 0,146 | 0,204 | 1,81 |

E.E.= error estándar.

(1989) mencionan que el porcentaje de CBM con respecto al C total varía entre 0,27 a 7%, mientras que para suelos agrícolas Brookes et al. (1984) citan un rango más estrecho (1,8 a 3,3%). Los suelos analizados en esta experiencia presentaron relaciones ligeramente menores y éstas disminuyeron aún más cuando fueron puestos bajo cultivo (**Tabla 2 y 3**), lo que concuerda con lo mencionado por Adams y Laughlin (1981). Similar comportamiento se observa cuando se calcula el porcentaje de N en la BM con respecto al total (**Tabla 2 y 3**). Los bajos valores obtenidos coinciden con los encontrados en suelos de Dinamarca y Canadá de contenidos de C y pH similares (Powelson et al., 1987; Carter y MacLeod, 1987). Por el contrario, para suelos de la India con contenidos de C muy inferiores el porcentaje de N en la BM es en promedio 6,9% (Azam et al., 1989).

Las relaciones CBM/NBM encontradas en este trabajo varían dentro del rango comúnmente citado para organismos que habitan los suelos agrícolas (6-12) (Sorensen, 1987) y fueron menores en el suelo bajo pastura lo que sería un indicador de la mayor potenciabilidad de suministro de N de este suelo con respecto a los demás.

Para todos los suelos estudiados se determinó que los contenidos de C y N en la BM se relacionan a los contenidos totales de dichos elementos ($r=0,76$ y $r=0,72$ respectivamente). Estas relaciones coinciden con las obtenidas por Anderson y Domsch (1986) y serían consecuencia de escasas variaciones climáticas de las áreas bajo estudio, puesto que para suelos de orígenes diversos Insam et al. (1989) encontraron una pobre asociación entre dichas variables. Estos autores demuestran que existe una relación inversa entre el CBM/C tot. y el cociente precipitación/evaporación (P/E) (precipitación anual promedio/evaporación anual en tanque A). Para el suelo 1 y 3 los valores de CBM/C tot. son de 16,2 y 13,5 (mg/g) y el cociente PE de 0,5 y 0,9 respectivamente.

Además sostienen que los residuos de esta relación fueron consecuencia de diferencias en historia de fertilización, cultivos y prácticas de manejo. Para los suelos de Balcarce 4,5 y 6 con igual cociente P/E los valores de CBM/C tot. son de 9,0, 7,5 y 11,2 (mg/g) respectivamente, lo que confirmaría que por unidad de C total los suelos bajo pastura poseerían mayor CBM. Esta forma de analizar los contenidos de BM parecería más apropiada que la simple concentración, puesto que permitiría efectuar comparaciones entre suelos desarrollados en condiciones climáticas diferentes e indicaría para una situación dada de P/E si un suelo está perdiendo o ganando materia orgánica.

Una interpretación similar podría realizarse considerando la relación NBM/N total y P/E. En tal sentido se determinaron cocientes NBM/N total en disminución en función del cociente P/E (**Tabla 2**) y para el suelo de Balcarce los valores más elevados correspondieron al tratamiento bajo pastura (**Tabla 3**).

Esta manera de interpretar los resultados de C y N en la BM parecería adecuada, si se considera a esta fracción de la MO como resultante de la acción del clima (P/E) y del manejo de los cultivos.

Si bien estos resultados son alentadores, en realidad constituyen sólo una evidencia de la necesidad de continuar estudiando la dinámica de la BM en el sistema suelo.

CONCLUSIONES

Para los suelos estudiados, la actividad agrícola produjo pérdidas relativas en la BM superiores a las de los contenidos totales de C y de N.

La relación entre el CBM/C total y la precipitación/evaporación permite efectuar comparaciones entre suelos desarrollados en climas diferentes y a su vez, indica si un suelo está ganando o perdiendo MO.

REFERENCIAS

- Adams, T. McM. y R.J. Laughlin. 1981. The effects of agronomy on the carbon and nitrogen contained in the soil biomass. *Journal of Agricultural Science*, 97: 319-327.
- Anderson, J.P.E. y K.H. Domsch. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 10: 215-221.
- Anderson, T.H. y K.H. Domsch. 1986. Carbon link between microbial biomass and soil organic matter. In *Perspectives in Microbial Ecology*. Proceeding of the fourth International Symposium on Microbial Ecology, 1986, Ljubljana, Yugoslavia, pp. 467-471.
- Anderson, T.H. y K.H. Domsch. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology and Biochemistry* 21: 471-479.
- Azam, F.; M. Yousaf; F. Hussain y K.H. Malik. 1989. Determination of biomass N in some agricultural soils of Punjab, Pakistan. *Plant and Soil* 113: 223-228.

- Biederbeck, V.O.; C.A. Campbell y R.P. Zentner. 1984. Effect of crop rotation and fertilization on some biological properties of a loam soil in Southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* 64: 355-367.
- Brookes, P.C.; D.S. Powlson y D.S. Jenkinson. 1984. Phosphorus in the soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 16: 169-175.
- Brookes, P.C.; A. Landman; G. Pruden y D.S. Jenkinson. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 17: 837-842.
- Carter, M.R. 1986. Microbial biomass as an index for tillage induced changes in soil biological properties. *Soil and Tillage Research* 7: 29-40.
- Carter, M.R. y J.A. MacLeod. 1987. Biological properties of some Prince Edward Island soils: relationships between microbial biomass nitrogen and mineralizable nitrogen. *Canadian Journal of Soil Science* 67: 333-340.
- Chausod, R.; B. Nicolardot; G. Catroux y J. Chretien. 1986. Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de quelques sols cultivés. *Science du Sol* 2: 213-226.
- Ferrari, J.L.; R. Bergonzi; H.E. Echeverría y C.A. Navarro. 1992. Comparación de técnicas de determinación de nitrógeno en la biomasa microbiana de suelos del sudeste bonaerense. (*Ciencia del Suelo*, en prensa).
- Gratone, F.; N. Valencia; H. Echeverría y C.A. Navarro. 1993. Biomasa microbiana del suelo y cinética de la nitrificación en función de cambios estacionales y de manejo. *Actas XIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Bariloche.
- Insam, H.; D. Parkinson y K.H. Domsch. 1989. Influence of macroclimate on soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 21: 211-221.
- Jenkinson, D.S. y D.S. Powlson. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. I.- fumigation with chloroform. *Soil Biological and Biochemistry* 10: 167-177.
- Jenkinson, D.S. y D.S. Powlson. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. Method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 8: 209-213.
- Jenkinson, D.S. y J.N. Ladd. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. En *Soil Biochemistry*, Vol 5 (E.A. Paul and J.N. Ladd, Eds), pp 415-471.
- Mattingly, G.E.; M. Chater y P.R. Poulton. 1974. The Woburn organic manure experiment II. Soil analysis, 1964-72 with special reference to change in carbon and nitrogen. Rothamsted Experimental Station, Report for 1973, part 2, pp 134-151.
- Mc Gill, W.B.; K.R. Cannon; J.A. Robertson y F.D. Coof. 1986. Dynamics of soil microbial biomass and water soluble organic C in Breton L. after 50 years of cropping to two rotations. *Canadian Journal of Soil Science* 66: 1-19.
- Paul, E.A. y N.G. Juma. 1981. Mineralization and immobilization of soil nitrogen by microorganism. In: F. E. Clark and T. Rosswall (ed). *Terrestrial Nitrogen Cycles*. *Ecol. Bull* 33: 179-195.
- Powlson D.S. y D.S. Jenkinson. 1981. A comparison of the organic matter, biomass, adenosine triphosphate and mineralizable nitrogen contents of ploughed and direct drilled soils. *Journal of Agricultural Science* 97: 713-721.
- Powlson D.S.; P.C. Brookes y B.T. Chistensen. 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 159-164.
- Rizzalli, R.; C.A. Navarro y H.E. Echeverría. 1984. Efecto del manejo y estación del año sobre la capacidad de mineralización y biomasa total de un Argiudol típico del sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 2: 61-67.
- Sorensen, L.H. 1987. Organic matter and microbial biomass in a soil incubated in the field for 20 years with ¹⁴C-labelled barley straw. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 39-42.
- Tanji, K.K. y S.K. Gupta. 1978. Computer simulation modeling for nitrogen in irrigated croplands. In: *Nitrogen in the environment* Vol. 1 (Nielsen, D. and Mc Donaleds). London, UK: Academic Press Inc. pp. 70-130.
- Undersorder, D.J. y C. Reigel. 1985. Effect of wheat residue managment on continuous production of irrigated winter wheat. *Agronomy Journal* 77: 508-511.
- Van Veen, J.A.; J.N. Ladd y M.J. Frissel. 1984. Modelling C and N turnover through the microbial biomass in soil. *Plant and Soil* 76: 257-274.
- Van Veen, J.A.; J.N. Ladd y M. Amato. 1985. Turnover of Carbon and Nitrogen through the microbial biomass in a sandy loam and clay soil incubated with ¹⁴C (u) Glucose an ¹⁵N(NH₄)SO₄ under different moisture regimes. *Soil Biology and Biochemistry* 17: 747-756.