

ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y DESCOMPOSICIÓN DE RASTROJO DE TRIGO (^{14}C) EN SUELOS CON DISTINTAS CANTIDADES DE SUSTRATO Y DENSIDADES APARENTES

R. ALVAREZ, O.J. SANTANATOGLIA y GABRIELA M. BRAZZOLA¹

Recibido: 15-07-91

Aceptado: 16-01-91

RESUMEN

Se incorporó rastrojo de trigo marcado con ^{14}C a un suelo agrícola para evaluar el efecto de la cantidad agregada y de la densidad aparente sobre la velocidad de descomposición.

Inicialmente se produjo un gran aumento en la producción de C-CO_2 de los suelos suplementados que fue aproximadamente proporcional a la cantidad de sustrato incorporada. La actividad biológica cayó luego rápidamente tendiendo a igualarse al testigo. Paralelamente a este proceso se produjo un aumento del carbono en la biomasa microbiana que fue mayor con un agregado de 0,4% de rastrojo respecto de otro de 0,2%. Después de algunas semanas se equipararon los niveles de biomasa entre los suelos suplementados y el control.

El carbono incorporado remanente disminuyó según una tendencia exponencial negativa ($r = 0,96$, $P = 0,001$), con un período de semidescomposición de 32-35 días, durante las tres primeras semanas de la experiencia y de 197-225 días después, no habiendo diferencias significativas entre cantidades de rastrojo incorporado. La dinámica de la descomposición tampoco fue afectada por la densidad aparente del suelo, siendo la fracción del material residual similar durante toda la incubación en muestras compactadas a 1,10 y 1,35 g.ml^{-1} .

Palabras clave: Trigo marcado con ^{14}C , descomposición, respiración, biomasa microbiana

BIOLOGICAL ACTIVITY AND WHEAT STRAW DECOMPOSITION (^{14}C) IN SOILS WITH DIFFERENT AMOUNTS OF ADDED MATERIAL AND BULK DENSITIES.

SUMMARY

^{14}C -labelled wheat straw was incorporated into an agricultural soil and the effects of the amount of substrate and bulk density on decomposition were evaluated.

In supplemented soil, C-CO_2 production was higher during the initial days of the experience than in control soil and respiration was more or less proportional to the quantity of added material. Thereafter, the biological activity rapidly decreased and showed a tendency similar to the control. Meanwhile, microbial biomass was significantly higher after an addition of 0,4 % of straw than with 0,2 %. However after some weeks no differences were apparent between supplemented and unsupplemented soils.

The remaining ^{14}C -carbon decreased following an exponential function ($r \geq 0,96$, $P=0,001$) with a half life of 32-35 days during the initial weeks of incubation and of 197-225 days later. This kinetics was independent of the initial levels of straw added. The dynamics of decomposition was not affected by soil compaction; the fraction of carbon retained been similar in samples with bulk density of 1,10 and 1,35 g.ml^{-1} .

Key words: ^{14}C -labelled wheat straw, decomposition, respiration, microbial biomass.

¹Centro de Radiobiología. Facultad de Agronomía. UBA.
Ayda, San Martín 4453 (1417), Buenos Aires. - Argentina -

INTRODUCCION

El intenso laboreo del suelo que se produce en los sistemas de agricultura permanente o con largas etapas agrícolas dentro de la rotación determina un desmejoramiento de sus propiedades físicas y químicas. El deterioro de la estructura, vinculado a la formación de pisos de arado y a la densificación por la acción de los implementos agrícolas (Casas, 1985) y un balance negativo de materia orgánica (Bauer y Black, 1981, Odell *et al.* 1984) son dos factores importantes a considerar. Mediante la incorporación al suelo de los residuos de cosecha es posible mantener o aumentar el nivel de materia orgánica (Black, 1973, Rasmussen *et al.*, 1980, Saffigna *et al.*, 1989) y en consecuencia mejorar las propiedades edáficas que con ella se relacionan como la estabilidad de los agregados, la retención hídrica, la porosidad y la reserva de nutrientes (Black, 1973, Hamblin y Davies, 1977, Tisdall y Oades, 1982).

Cuando se incorpora material vegetal al suelo se produce, paralelamente a su descomposición, la multiplicación de la flora microbiana que utiliza al mismo como fuente de carbono y energía (Amato y Ladd, 1980, Ladd *et al.* 1981). Este proceso puede estar afectado por la cantidad de material agregada, habiéndose observado en algunos casos una menor velocidad de descomposición al incrementar el volumen incorporado (Smith y Douglas, 1970, Sorensen, 1981, Stroo *et al.*, 1989), mientras que en otros ello no ocurre (Jenkinson, 1977, Nyhan, 1975). Esto está asociado a que algún elemento del suelo se vuelva limitante o no para el desarrollo de microorganismos (Clark, 1968). La densidad aparente, relacionada a la porosidad edáfica, es uno de los factores que podría influir sobre el proceso, ya que al modificar el volumen ocupado por la atmósfera del suelo y la velocidad de flujo de los gases, modifica la disponibilidad de oxígeno para los microorganismos y ella puede regular la velocidad de descomposición de los materiales

orgánicos (Greenwood, 1961). Estos fenómenos podrían afectar la eficiencia de conversión de sustrato en biomasa microbiana y de ésta en materia orgánica humificada, variando consecuentemente la residualidad del aporte carbonado. Por ello se realizó un ensayo de incubación con un suelo de la Región Núcleo Maicera destinado a evaluar:

- 1) como afecta la cantidad de material vegetal incorporada la retención de carbono por el suelo
- 2) que efecto tiene sobre la descomposición del rastrojo la densidad aparente edáfica.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó un suelo serie Rojas (Provincia de Buenos Aires) Argiudol típico, fino, térmico, franco limoso, sometido a monocultivo de maíz durante los últimos 8 años. Sus principales propiedades de 0 a 20 cm eran: % arena 15,1, % lino 69,0, % arcilla 15,9, % C orgánico 2,14, % N total 0,219, pH 6,3. El suelo fresco, tamizado por malla de 2 mm, se mantuvo con una humedad aproximada al 18 % y a temperatura ambiente (ca. 20°C) durante cuatro meses antes de iniciar la experiencia.

Al suelo se incorporó rastrojo de trigo marcado con ^{14}C (Santanatoglia *et al.*, 1989), cortado en trozos de 5-10 mm, con una actividad específica de 814 KBq.gC⁻¹ y cuya composición era 40 % de carbono y 0,59 % de nitrógeno.

Para determinar el efecto de la cantidad de sustrato disponible sobre la residualidad del rastrojo incorporado, en frascos de vidrio de 400 ml de capacidad con tapa a rosca, se pesó una cantidad equivalente a 200 g de suelo seco suplementado con 0,2 % y 0,4 % (p/p) de material vegetal, realizando un tratamiento testigo sin aporte carbonado y ajustándose la humedad al 30 %.

En la prueba de la influencia de la densidad aparente sobre la descomposición, a frascos de 360 ml se agregó suelo con 0 % y 0,2 % de rastrojo de trigo incorporado, con un contenido de agua del 20 %, y se compactó

"Incorporación de rastrojo de trigo marcado con..."

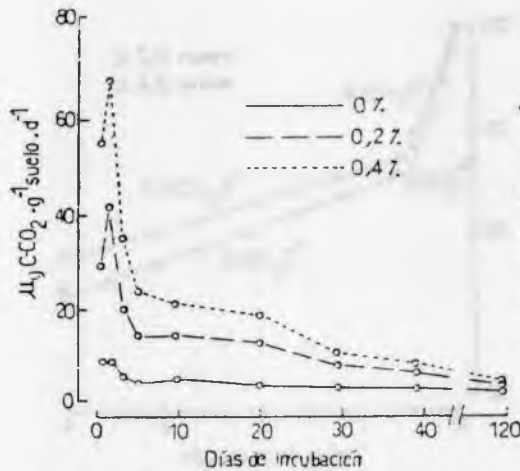


Figura 1: Velocidad de producción de C-CO₂ de suelos suplementados con distintas cantidades de rastrojos.

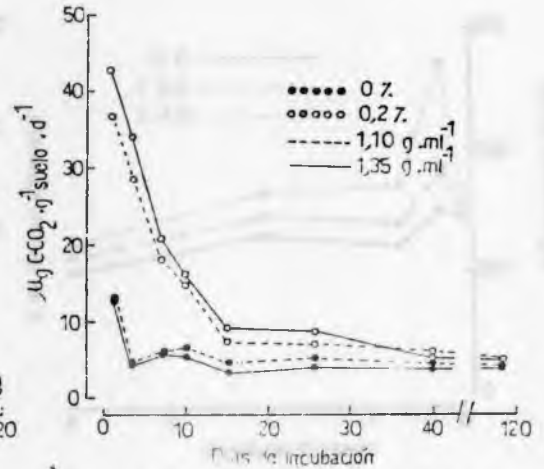


Figura 2: Velocidad de producción de C-CO₂ de suelos compactados.

mecánicamente hasta lograr densidades aparentes de 1,10 y 1,35 g.ml⁻¹. La temperatura de incubación fue en todos los casos de 28°C.

La producción de C-CO₂ se determinó por el método de absorción en álcali, con NaOH 1 N. El exceso de hidróxido se tituló con HCL usando fenolftaleína como indicador. La biomasa microbiana se estimó por la técnica de la fumigación con cloroformo, usando como control la respiración del suelo no fumigado (Jenkinson y Powlson, 1976 b) o sin usar control (Alvarez y Santanatoglia, 1987). La actividad del C-CO₂ generado por el suelo se midió con un tubo Geiger-Müller de ventana delgada (Alvarez y Santanatoglia, 1989).

Se realizaron 8-10 repeticiones por tratamiento efectuándose el análisis de los datos mediante ANVA. La significancia de los ajustes de regresión se determinó por la F y la comparación de los parámetros de los modelos por la prueba de t.

RESULTADOS Y DISCUSION

La velocidad de producción de C-CO₂ de los suelos suplementados superó a la del

testigo entre 4 y 7 veces al inicio de la incubación, siendo máxima a los 2-3 días (Fig. 1 y 2). Luego la actividad biológica cayó tendiendo a igualarse a la del suelo sin aporte carbonado. Este fenómeno podría deberse a que en los estadios iniciales del proceso de descomposición del material vegetal, la flora microbiana utiliza los compuestos solubles altamente asimilables, quedando luego como sustrato las formas más estables del carbono (Bunnell et al, 1977, Durall Parkinson, 1987, Summerell y Burges, 1989).

La determinación de la biomasa microbiana usando como tratamiento control la producción de C-CO₂ del suelo no fumigado dió resultados anómalos. Durante las primeras semanas de incubación el contenido de carbono en la biomasa de los suelos suplementados era, según esta técnica, menor que el del testigo y el cálculo de la actividad específica de este carbono arrojó resultados negativos. Esto se debió a que el método de la fumigación se basa en la condición que el carbono no biótico sea utilizado con la misma velocidad en el suelo fumigado y en el control (Jenkinson y Powlson, 1976 a). Por lo tanto, la diferencia entre el C-CO₂

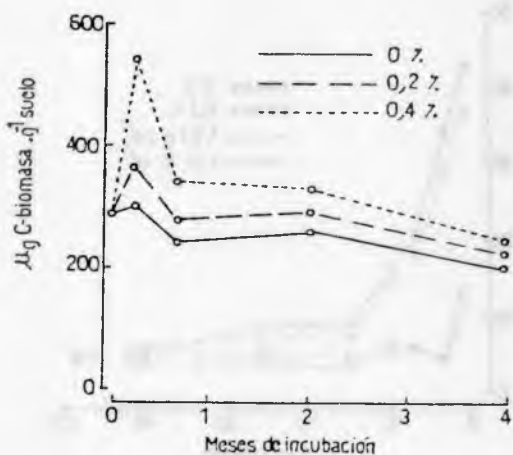


Figura 3: Evolución de la biomasa microbiana de suelos suplementados con distintas cantidades de rastrojo

producido por las muestras fumigadas y las no fumigadas provendrá exclusivamente de la biomasa. Sin embargo, en suelos en los que se ha incorporado recientemente rastrojos, la descomposición de éstos es más lenta en el tratamiento fumigado (Martens, 1985), porque la flora que se desarrolla en esas muestras luego de la fumigación tiene menor capacidad de descomposición de restos vegetales que los microorganismos originales del suelo. Como consecuencia se genera más C-CO₂ no biótico en el tratamiento testigo, subvaluándose la cantidad de biomasa presente. Por ello, el carbono microbiano se estimó sin usar tratamiento control, en base a la producción de C-CO₂ del suelo fumigado.

Durante los primeros días de incubación se produjo una intensa multiplicación microbiana (Fig. 3), siendo el aumento de la biomasa significativamente mayor (P=0,05) con el mayor aporte de sustrato. Con el transcurso de los meses la biomasa fue disminuyendo, equiparándose a la del suelo testigo. Esta tendencia podría ser el resultado que al consumirse el carbono fácilmente utilizable, la flora adaptada a ese sustrato no fuese capaz

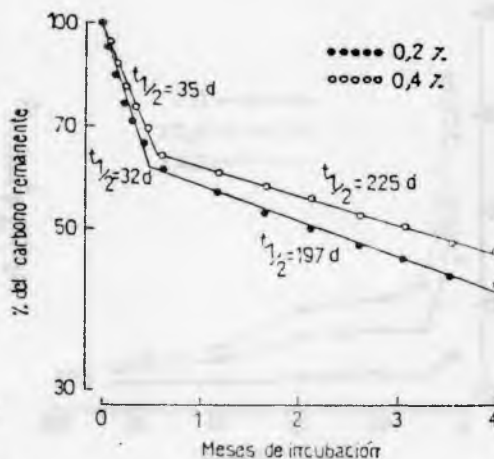


Figura 4: Carbono (¹⁴C) remanente con distintas cantidades de rastrojo agregado. Ajuste al modelo exponencial negativo:

$$y = a \cdot e^{-0,693 \cdot \frac{t}{t_{1/2}}}$$

de degradar la celulosa y la lignina, lo que determinaría su muerte y gradual reemplazo por organismos que pueden utilizar esos compuestos pero de más lento desarrollo.

La cantidad de carbono incorporado remanente disminuyó rápidamente al inicio de la experiencia y con más lentitud después. El proceso se ajustó por períodos al modelo exponencial negativo

$$y = a \cdot e^{-0,693 \cdot \frac{t}{t_{1/2}}}$$

($r \geq 0,96$, $P=0,001$), siendo significativamente mayor ($P=0,001$) las pendientes de las funciones durante las 3 primeras semanas de incubación (Fig. 4). Los períodos de semidescomposición fueron algo menores con la menor cantidad de trigo incorporada, pero las diferencias no fueron significativas ($P=0,05$) entre tratamientos en ningún caso. A las 3 semanas de incubación, la fracción del material agregado remanente era de 62 % para la dosis de 0,2 % de trigo y de 65 % para la de 0,4 %. A los 4 meses los porcentajes eran de 41 y 48 % respectivamente (Dif. no sig. $P=0,05$). La densidad aparente no influyó sobre la velocidad de descomposición del rastrojo de

"Incorporación de rastrojo de trigo marcado con..."

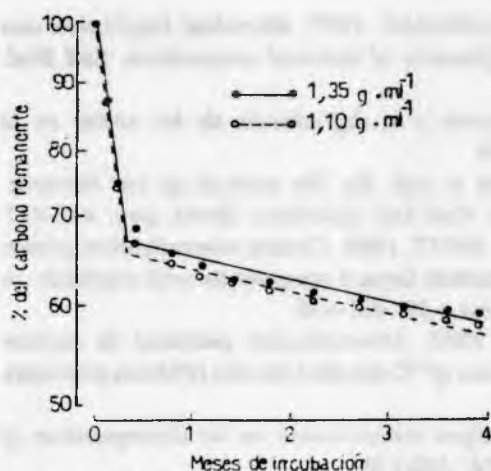


Figura 5: Carbono (¹⁴) remanente en los suelos compactados.

trigo (Fig. 5). Durante la primera semana de incubación se respiró un 27 % del carbono agregado y al término del experimento un 43-45% para los dos niveles de compactación.

La desaceleración observada en la velocidad de degradación del carbono suplementado con el tiempo es común en el suelo (Davenport et al., 1988, Jenkinson,

1965, Jenkinson y Ayanaba, 1977, Whitehead et al, 1979) y puede deberse no sólo al cambio de la naturaleza química de las fracciones del material que son utilizadas por los microorganismos, sino también, a que los productos metabólicos formados por la flora sean más resistentes a la descomposición. Así, cuando se incorpora al suelo carbono soluble, en forma de acetato o glucosa, se consume rápidamente pero los productos microbianos formados presentan mucha mayor estabilidad (Shields et al, 1973, Sorensen y Paul, 1971).

Los resultados obtenidos indican que el mayor aporte de material vegetal produjo una incentivación más importante de actividad biológica y de la multiplicación de la biomasa microbiana pero que no afectó la dinámica del proceso de descomposición del sustrato. Duplicando la cantidad de rastrojo incorporada también se duplicaba la cantidad de carbono remanente. La actividad biológica y la degradación del sustrato no fueron alteradas por la densidad aparente del suelo, lo que indica que con el nivel de humedad utilizado la aireación, no fue limitante para el desarrollo microbiano.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ALVAREZ, R. y O.J. SANTANATOGLIA. 1987. Determinación de la biomasa microbiana del suelo por el método de la fumigación con cloroformo usando tres procedimientos diferentes. *Rev. Fac. Agron.*, 8: 175-180
- 2) ALVAREZ R. y O.J. SANTANATOGLIA. 1989. Consumo de carbono, productividad microbiana y actividad biológica en suelos suplementados con glucosa: efecto de la cantidad de sustrato incorporada, tipo de suelo, temperatura y humedad. *Turrialba*, 39: 111-117
- 3) AMATO, M. and J.N. LADD. 1980. Studies on nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils-V. Formation and distribution of isotope-labelled biomass during decomposition of ¹⁴C-and ¹⁵N-labelled plant material. *Soil Biol. Biochem.*, 12: 405-411
- 4) BAUER, A. and A.L. BLACK. 1981. Soil carbon, nitrogen and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in a virgin grassland. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 1166-1170.
- 5) BLACK, A.L. 1973. Soil property changes associated with crop residue management in a wheat-fallow rotation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37: 943-946

- 6) BUNNELL, F.L.; D.E. TAIT and P.W. FLANAGAN. 1977. Microbial respiration and substrate weight loss. II. A model of the influences of chemical composition. *Soil Biol. Biochem.*, 9: 41-47
- 7) CASAS, R.R. 1985. La agricultura permanente y la degradación de los suelos en la República Argentina. *IDIA*, 433-436: 62-74
- 8) CLARK, F.E. 1968. The growth of bacteria in soil. En *The ecology of soil bacteria*. Univer. of Toronto Press. Hazel Watson & Vinel Ltd. Aylesbury, Bucks, pag. 442-457
- 9) DAVENPORT, J.R.; R.L. THOMAS and S.C. MOTT. 1988. Carbon mineralization of corn (*Zea mays* L.) and bromegrass (*Bromus inermis* Leyss.) components with emphasis on the below-ground carbon. *Soil Biol. Biochem.*, 20: 471-476
- 10) DURALL, D.M. and D. PARKINSON. 1987. Mineralization potential in surface minesoils of the labile and recalcitrant fractions of ¹⁴C-labelled timothy (*Phleum pratense*) litter. *Soil Biol. Biochem.*, 19: 43-48
- 11) GREENWOOD, D.J. 1961. The effects of oxygen concentration on the decomposition of organic materials in soil. *Plant and Soil*, 14: 360-376
- 21) HAMBLIN, A.P. and D.B. DAVIES, D.B. 1977. Influence of organic matter on the physical properties of some east anglian soils of high silt content. *J. Soil Sci.*, 28:11-22
- 22) JENKINSON, D.S. 1965. Studies on the decomposition of plant material in soil. I. Losses of carbon from ¹⁴C labelled ryegrass incubated with soil in the field. *J. Soil Sci.*, 16:104-115.
- 23) JENKINSON, D.S. 1977. Studies on the decomposition of plant material in soil. IV. The effect of rate of addition. *J. Soil Sci.*, 28: 417-423
- 24) JENKINSON, D.S. and A. AYANABA. 1977. Decomposition of carbon-14 labelled plant material under tropical conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:912-915
- 25) JENKINSON, D.S. and D.S. POWLSON. 1976 a. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. *Soil Biol. Biochem.*, 8: 167-177
- 26) JENKINSON, D.S. and D.S. POWLSON. 1976 b. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 8:209-213
- 27) LADD, J.N.; J.M. OADES and M. AMATO. 1981. Microbial biomass formed from ¹⁴C, ¹⁵N-labelled plant material decomposing in soils in the field. *Soil Biol. Biochem.*, 13:119-126.
- 28) MARTENS, R. 1985. Limitations in the application of the fumigation technique for biomass estimations in amended soils. *Soil Biol. Biochem.*, 17: 57-63
- 29) NYHAN, J.W. 1975. Decomposition of carbon-14 labelled plant materials in a grassland soil under field conditions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39: 643-648
- 30) ODELL, R.T.; S.W. MESTED and W.M. WALKER. 1984. Changes in organic carbon and nitrogen of Morrow plot soils under different treatments, 1904-1973. *Soil Sci.*, 137:160-171
- 31) RASMUSSEN, P.E.; R.R. ALLAMARAS; C.R. ROHDE and N.C. ROAGER. 1980. Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44: 596-600
- 32) SAFFIGNA, P.G.; D.S. POWLSON; P.C. BROOKES and A.G. THOMAS. 1989. Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an australian vertisol. *Soil Biol. Biochem.*, 21: 759-765
- 33) SANTANATOGLIA, O.J.; R. ALVAREZ; P. DANIEL; G.M. BRAZZOLA y P. GARCIA, P. 1989. Descomposición de rastrojo de trigo, respiración y biomasa microbiana bajo labranza convencional y reducida. *Anal. Edafol. Agrobiol.*, 48: 787-798

"Incorporación de rastrojo de trigo marcado con..."

- 34) SHIELDS, J.A.; E.A. PAUL; W.E. LOWE and D. PARKINSON. 1973. Turnover microbial tissue in soil under field conditions. *Soil Biol. Biochem.*, 5: 753-764
- 35) SMITH, J.H. and C.L. DOUGLAS. 1970. Influence of silica and nitrogen contents and straw application rate on decomposition of gains wheat straw in soil. *Soil Sci.*, 109:341-344
- 36) SORENSEN, L.H. 1981. Carbon-nitrogen relationships during the humification of cellulose in soils containing different amounts of clay. *Soil Biol. Biochem.*, 13: 313-321
- 37) SORENSEN, L.H. and E.A. PAUL. 1971. Transformation of acetate carbon in carbohydrate and amino acid metabolites during decomposition in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 3: 173-180
- 38) STROO, H.F., K.L. BRISTOW; L.F. ELLIOT; R.I. PAPENDICK and G.S. CAMPBELL. 1989. Predicting rates of wheat residue decomposition. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53: 91-99
- 39) SUMMERELL, B.A. and L.W. BURGESS. 1989. Decomposition and chemical composition of cereal straw. *Soil Biol. Biochem.*, 21: 551-559
- 40) TISDALL, J.M. and J.M. OADES. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33: 141-163
- 44) WHITEHEAD, D.C., HAZEL BUCHAN y HARTLEY, R.D. 1979. Composition and decomposition of roots of ryegrass and red clover. *Soil Biol. Biochem.*, 11: 619-628