

Acción del nematicida Furadan sobre las producciones de CO_2 , N-NH_4 y N-NO_3 en el suelo^{*1/}

RAMIRO JARAMILLO C **, MARIO BLASCO L ***

ABSTRACT

Studies were conducted to assess the influence of the nematicide Furadan (2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl methylcarbamate) in some soil processes. After 1, 3 and 9 weeks incubation, CO_2 , NH_4 - and NO_3 -N were determined in soil samples treated with Furadan levels 0, 1.5, 3.0, 4.5 (current agronomic practice) and 6.0 ppm active ingredient. CO_2 and NH_4 -N production was inhibited during the first week incubation period, then both products tended to increase progressively their concentration with the Furadan levels. In all treatments NO_3 -N always increased with the application rates of Furadan. As evidenced by the curves, Furadan did not damage the soil activity. The authors.

Introducción

EL extraordinario incremento observado durante los últimos años en el uso de plaguicidas en las prácticas agrícolas ha suscitado un acentuado interés de la investigación, primero dirigido a determinar la eficacia de los productos y, ahora, orientado más bien a medir el impacto del efecto residual dejado por los plaguicidas, tanto en plantas como en suelos y aguas. La discusión entablada entre los defensores a ultranza de la conservación prístina de los ecosistemas, y aquellos que se declaran en favor de la utilización de productos químicos como una ayuda para aumentar la producción agrícola, fue comentada por Borlaug (2), quien se inclina por el empleo racional de los plaguicidas.

Diferentes autores (1, 11, 16) han estudiado, bajo distintas condiciones, los efectos de los plaguicidas en la actividad bioquímica de los suelos, como una manera adecuada para establecer la toxicidad, persistencia y biodegradabilidad de esos productos. Por su parte, Helling,

Kearney y Alexander (8), han hecho una revisión de los varios aspectos del comportamiento de los plaguicidas en el suelo, destacando para detectarlo los procedimientos analíticos de la evolución CO_2 , cambios en las tasas de mineralización del nitrógeno y descomposición de la celulosa. En conjunto, se observa una definida preferencia por medir el potencial bioquímico, o respiración del suelo, como un índice de la acción y transformación de los plaguicidas, bien determinando el CO_2 expelido (15, 18), o cuantificando el consumo de O_2 (12). A su vez, la respiración del suelo es un índice de su metabolismo global o potencial bioquímico (7).

No solamente se ha preocupado la investigación por las consecuencias tóxicas, o contaminantes del uso de los plaguicidas, sino que también se han estudiado los efectos favorables. Así Gowen (6) encontró que la aplicación de nematicidas granulares, entre ellos el Furadan, en las bananeras de las Indias Occidentales (Caribe) acortaron el ciclo de producción de 23 a 30 días. En Florida, Weingartner, *et al.* (17) reportaron un mejoramiento en la calidad de la papa, mediante el empleo de Furadan y otros nematicidas. Por otra parte, hay evidencia (14) de que los plaguicidas pueden alterar el metabolismo del nitrógeno de las plantas, generando un aumento del contenido proteínico, e incluso, de la producción total.

Pessoa (13) hizo una revisión de los trabajos realizados con nematicidas sistémicos tanto en Costa Rica como en otros países de América Latina. Asimismo probó cuatro nematicidas (Furadan, Terracur, Namacur, y D-1410), encontrando que el Furadan propiciaba una

* Recibido para publicación el 5 de noviembre de 1975

^{1/} Trabajo realizado en el CATIE, Turrialba, Costa Rica

** Departamento de Investigaciones Agrícolas, Tica Frutera S. A. San José, Costa Rica.

*** Especialista en Investigación Agrícola, IICA-Zona Andina, Apartado 11185, Lima, Perú

mejor germinación en el banano, mientras que el Nematicur causaba un considerable grado de toxicidad para las condiciones del experimento. Jaramillo y Blasco (10) estudiaron la acción del 1,2 dibromo-3-cloropropano (DBCP o Nematicón) en el metabolismo del suelo, determinándose las concentraciones en las que el nematicida no era fitotóxico, considerándose la liberación del bromo como una de las posibles causas perjudiciales. En Puerto Rico, Dubey, Riera y Rodríguez (5) encontraron que el DD (50-50 mezcla de 1,3 y 1,2 dicloropropano) era mucho más tóxico que el Nematicón para los microbios nitrificantes.

El presente trabajo se realizó con el propósito de determinar las implicaciones del Furadan en el metabolismo global del suelo y en la mineralización del nitrógeno, como índices de biodegradabilidad y toxicidad en áreas dedicadas al cultivo de banano en Costa Rica.

Materiales y métodos

El suelo utilizado en el experimento proviene de la plantación bananera "Tica Frutera" localizada en el área de Guápiles, Costa Rica, y cuyo análisis de caracterización físico-química fue publicado previamente en otro trabajo (10).

El nematicida empleado fue el Furadan, también conocido como Carbofuran, nombres comerciales del compuesto sólido cristalino 2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil metilcarbamato como ingrediente activo, con fórmula empírica $C_{12}H_{13}NO_3$ (65,2 por ciento carbono, 6,8 por ciento hidrógeno, 6,3 por ciento nitrógeno, 21,7 por ciento oxígeno). En el experimento se utilizó Furadan con 75 por ciento de ingrediente activo.

El suelo se tamizó en mallas de 2 mm, tomándose porciones de 10 g para cada tubo de ensayo, ajustando su humedad a la tensión de 0,3 bares, adicionándose dosis de 0, 1,5, 3,0, 4,5 y 6,0 ppm de ingrediente activo que equivalen, respectivamente, a la aplicación de 0, 30, 60, 90 y 120 kg/ha de Furadan 5 por ciento. Las muestras así tratadas se incubaron a temperatura constante de 30°C, por períodos de 1, 3 y 9 semanas. Los tubos de ensayo fueron tapados en forma hermética, proporcionándose la aireación por el método del peróxido de bario de Cornfield (4) midiéndose conforme a esa misma marcha analítica, el CO_2 desarrollado en los tubos. Además, para cada período de incubación se determinaron las concentraciones de $N-NH_4$ y $N-NO_3$ por el método de Bremner (3).

Resultados y discusión

En las Figuras 1, 2 y 3, se pueden observar las producciones de CO_2 (mg/100 g suelo) para los distintos períodos de incubación y tratamientos. En la primera semana (Fig. 1), la tasa de depresión metabólica del suelo aparece claramente relacionada con el incremento de la concentración del nematicida y, en consecuencia, la máxima evolución de CO_2 correspondió al testigo. Pero con el transcurso del tiempo de incubación a 3 y 9 semanas (Figs. 2 y 3), el proceso se invierte y, así, el potencial bioquímico del suelo se recupera, aumentando

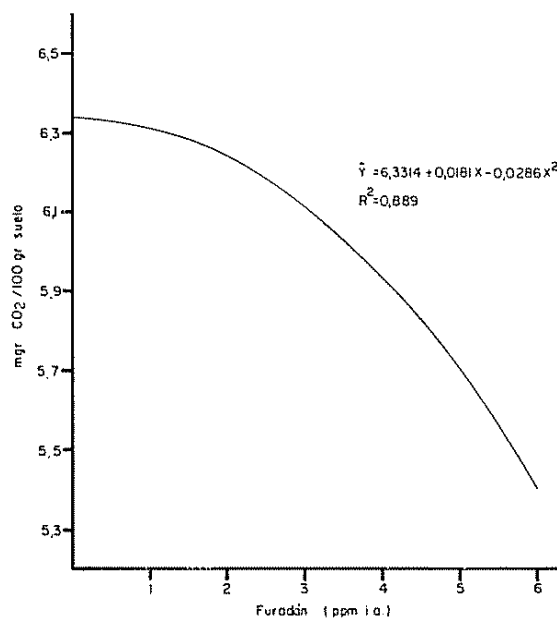


Fig. 1.—Producción de CO_2 en suelos incubados durante 1 semana a distintas concentraciones de Furadán.

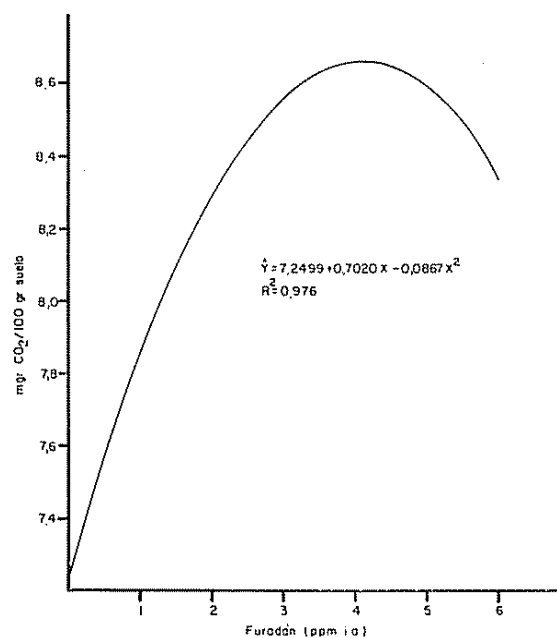


Fig. 2.—Producción de CO_2 en suelos incubados durante 3 semanas a distintas concentraciones de Furadán.

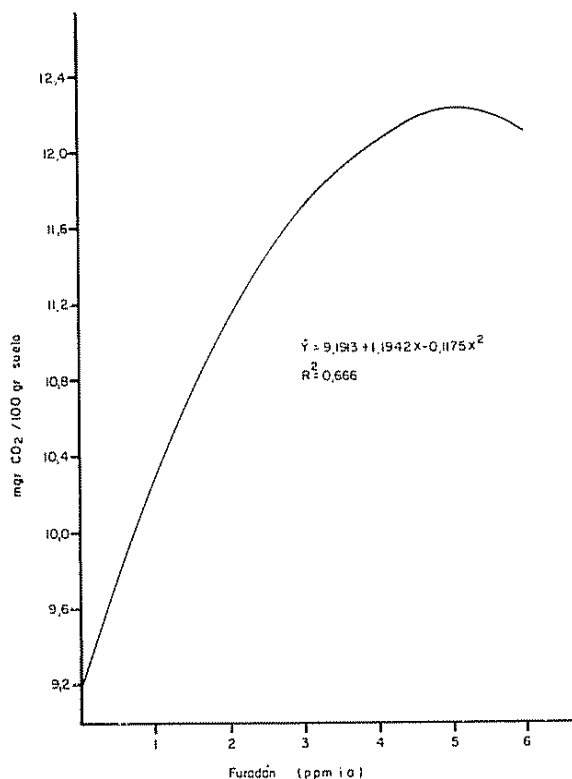


Fig. 3.—Producción de CO_2 en suelos incubados durante 9 semanas a distintas concentraciones de Furadán

con la concentración de las dosis, salvo la pequeña disminución de la curva cuando alcanza las 6 ppm, aunque superando también al tratamiento testigo. Comparativamente la producción acumulada de CO_2 por el testigo fue de 22,8 mg/100 g de suelo, mientras que el tratamiento de 4,5 ppm, dosis de empleo agrícola común en Costa Rica, fue de 26,7 mg/100 g

Es evidente que, en principio, la aplicación de Furadan afecta a la actividad metabólica de los microorganismos, significando que el nematicida actúa asimismo como microbicida. Al respecto cabe señalar que Hubbell *et al.* (9) encontraron que el Furadan, aplicado en dosis de 11,2 kg/ha de ingrediente activo (aproximadamente se acerca a la dosis máxima utilizada en el presente experimento), disminuía el número de la flora microbiana en suelos de Florida, Estados Unidos, ocurriendo las reducciones más drásticas en algas y hongos

Sin embargo, a partir de la tercera semana el aumento registrado en la producción de CO_2 es demostrativo de que la población microbiana sobreviviente se adapta a la presencia del nematicida en el suelo, y luego supera en actividad y proliferación a la población del testigo. Parece evidente que los microbios fueron capaces de biodegradar el Furadan, usándolo como una nueva fuente energética. Es decir, el nematicida utilizado no muestra una acción residual persistente sobre el metabolismo microbiano del suelo dentro del ámbito de las aplicaciones empleadas en el laboratorio.

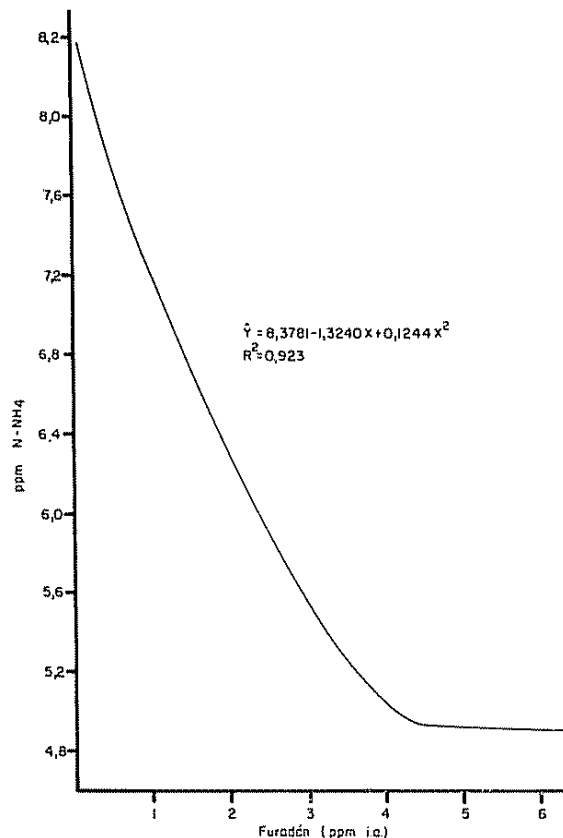


Fig. 4.—Producción de nitrógeno amoniacal en suelos incubados durante 1 semana a distintas concentraciones de Furadán

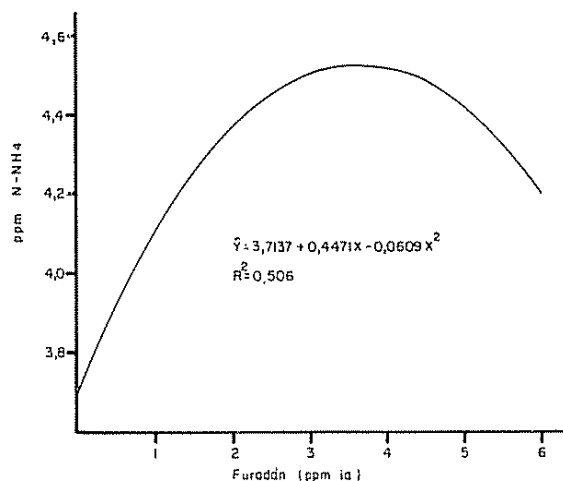


Fig. 5.—Producción de nitrógeno amoniacal en suelos incubados durante 3 semanas a distintas concentraciones de Furadán.

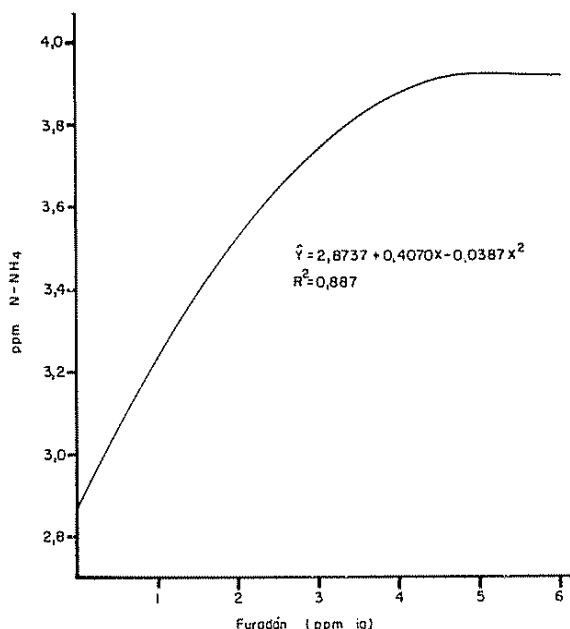
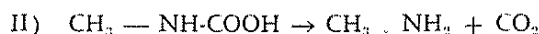
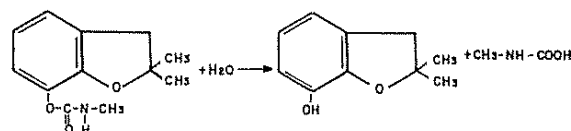


Fig. 6.—Producción de nitrógeno amoniacal en suelos incubados durante 9 semanas a distintas concentraciones de Furadán

La representación gráfica de la producción de nitrógeno amoniacal aparece en las Figuras 4, 5 y 6. Al comparar dichas gráficas con las curvas de evolución de CO₂ se observa similitud de comportamiento. En la primera semana de aplicación el Furadan inhibió la producción de N-NH₄ en forma progresiva con las concentraciones usadas, alcanzado para la dosis de 4,5 ppm, una disminución del 41 por ciento con relación al testigo. Después, el comportamiento se invierte aumentando la concentración de N-NH₄ con las dosis, llegándose en la mencionada concentración de 4,5 ppm de Furadan, a superar al testigo en un 21 y 36 por ciento para las 3 y 9 semanas de incubación respectivamente.

Es normal que las curvas de CO₂ y N-NH₄ se asemejen por cuanto ambas son, principalmente, producto del metabolismo de microorganismos heterotróficos. En suma, después de una etapa inicial de inhibición, los organismos heterótrofos se recuperaron biodegradando el Furadan con cierta facilidad, y obteniendo energía utilizable adicional de dicho nematocida.

Cabría suponer que la disminución en la producción de N-NH₄ en los primeros estados de la incubación, se reflejaría de la misma manera en el proceso de nitrificación. Sin embargo no ocurrió así, lo cual demuestra que el comportamiento de los microorganismos autótrofos ante el Furadan es distinto al observado en los heterótrofos. Aún sin cuantificar la reacción bioquímica, el comportamiento de los microbios autótrofos hace suponer la siguiente hidrólisis inicial del nematocida.



Es bien conocido que la hidrólisis del ácido carbámico es inestable. En consecuencia, el metil carbamato puede derivar a la formación de metilamina y dióxido de carbono. Así, desde un principio, los autótrofos tendrían cierta independencia de los productos metabolizados por los heterótrofos, por cuanto dispondrían de CO₂ de donde, obligatoriamente, derivan el carbono que necesitan, y de CH₃NH₂, cuya presencia abre la posibilidad de que se produzca una oxidación para dar N-NO₃.

En las Figuras 7, 8 y 9, se presentan los resultados obtenidos para el nitrógeno nítrico en los diferentes tratamientos. El Furadan estimuló el proceso de nitrificación notándose que, para la dosis de 4,5 ppm, los incrementos con respecto al testigo son de 13 por ciento (1ª semana incubación) y 21 por ciento (3ª semana de incubación).

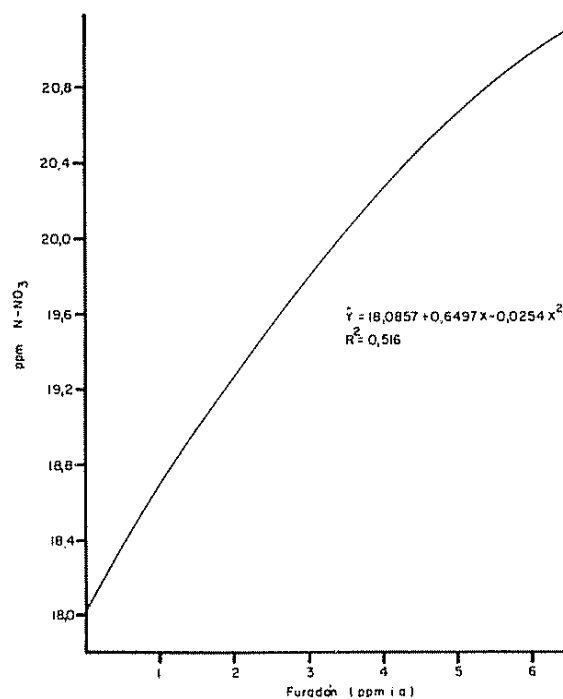


Fig. 7.—Producción de nitrógeno nítrico en suelos incubados durante 1 semana a distintas concentraciones de Furadán

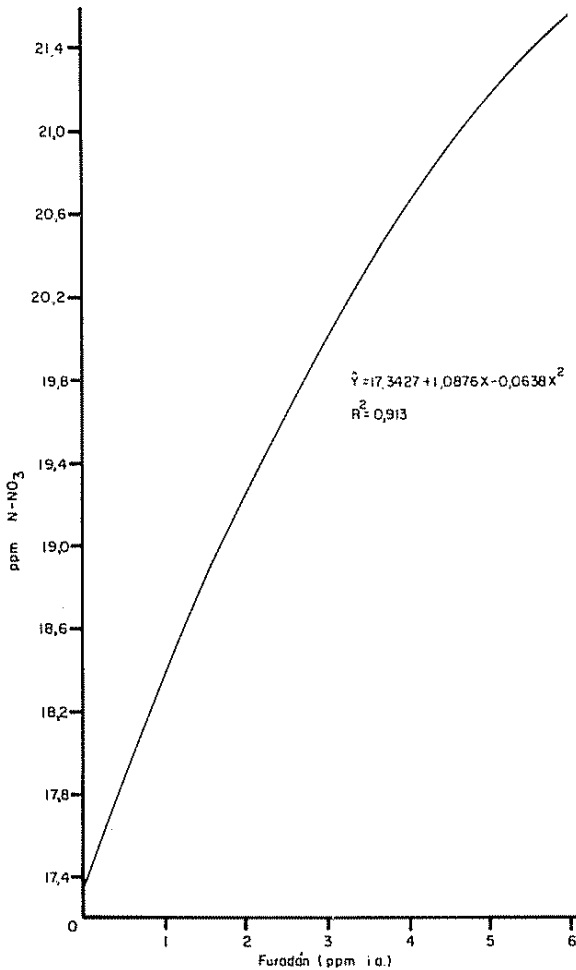


Fig. 8—Producción de nitrógeno nítrico en suelos incubados durante 3 semanas a distintas concentraciones de Furadán

Por el contrario, se nota cierto decaimiento en el potencial de la nitrificación en la novena semana de incubación (Fig. 9), si bien los tratamientos siguen superando al testigo. El decaimiento puede atribuirse a dos causas no excluyentes. Por una parte, el agotamiento de las fuentes de CO_2 y CH_3NH_2 provenientes del nematocida. Y por otra, la menor disponibilidad de N-NH_4 proveniente del primer período de incubación (Fig. 4), que se traduce en un pequeño lapso de tiempo en el cual disminuye la producción de N-NO_3 , para recuperarse nuevamente con el mayor flujo de N-NH_4 . En todo caso, es evidente que el Furadán no afectó negativamente a los microbios oxidadores, o autótrofos, que intervienen en el proceso de la nitrificación.

Se puede concluir que el nematocida Furadán no mostró efectos tóxicos, o detrimentales, sobre la actividad del suelo expresada como CO_2 , y tampoco tuvo consecuencias adversas en los procesos de amonificación y nitrificación. Por el contrario, las tasas de producción

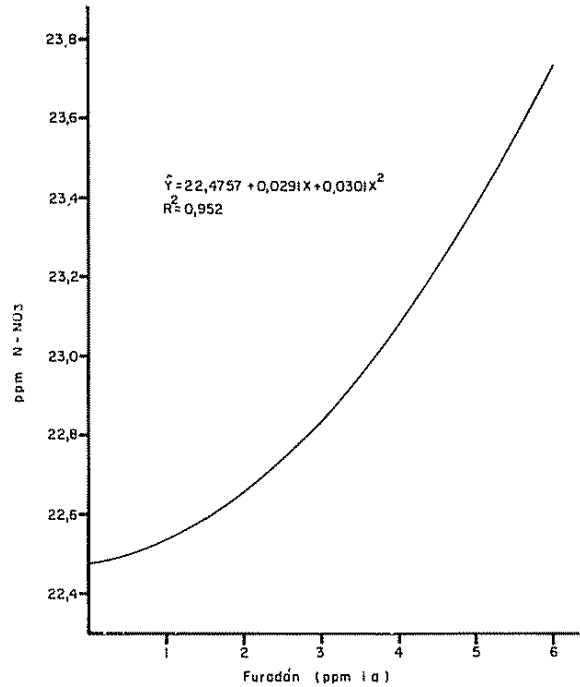


Fig. 9—Producción de nitrógeno nítrico en suelos incubados durante 9 semanas a distintas concentraciones de Furadán

de N-NH_4 y N-NO_3 tendieron a aumentar en presencia del Furadán. Todo ello puede interpretarse en el sentido de que el nematocida es de fácil biodegradabilidad.

Resumen

Se llevaron a cabo estudios dirigidos a determinar la influencia del nematocida Furadán (2,3 dihidro 2,2-dimetil-7-benzofuranil metilcarbamato) en algunas actividades del suelo. Después de 1, 3 y 9 semanas de incubación, se midieron las producciones de CO_2 , N-NH_4 y N-NO_3 , en muestras de suelos tratados con 0, 1,5, 3,0, 4,5 (dosis común de aplicación agrícola) y 6,0 ppm de ingrediente activo de Furadán.

Los niveles de CO_2 y N-NH_4 disminuyeron en la primera semana de incubación, para luego aumentar progresivamente con las dosis de Furadán. En todos los tratamientos N-NO_3 aumentó siempre con las aplicaciones de Furadán. Los resultados obtenidos demostraron que el Furadán no mostró efectos dañinos sobre la actividad del suelo.

Literatura citada

1. BLIYEV, O. K. Effect of herbicides on the biological activity of soils. *Soviet Soil Science* 5:423-429 1973.

2. BORLAUG, N. E. Mankind and civilization at another crossroad: In: Balance with nature, a biological myth. *Bioscience* 22:41-44. 1972.
3. BREMMER, J. M. Inorganic forms of nitrogen. In Black, C. A. ed. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1179-1237.
4. CORNFIELD, A. H. A simple technique for determining mineralization of carbon during incubation of soil treated with organic materials. *Plant and Soil* 14:90-93. 1961.
5. DUBEY, H. D., RIERA, A. y RODRIGUEZ, R. L. Effect of nematicides Nemagon and DD on mineralization, nitrification, soil microbial population, and soil fertility status of two tropical soils. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 59:43-50. 1975.
6. GOWEN, S. R. Some preliminary findings of the value of granular nematicides for improving banana production in the Windward Islands. *PANS* 20:400-402. 1974.
7. GRANADOS, M. y BLASCO, M. Metabolismo en términos de CO₂ de los suelos cacaoteros de Turrialba, Costa Rica. *Turrialba* 22:415-419. 1972.
8. HELLING, CH. S., KEARNEY, Ph. C. y ALEXANDER, M. Behavior of pesticides in soils. *Advances in Agronomy* 23:147-240. 1971.
9. HUBBELL, D. H. *et al.* Microbiological effects and persistence of some pesticide combinations in soil. *Journal of Environmental Quality* 2:96-99. 1973.
10. JARAMILLO, R. y BLASCO, L. M. Acción del nematocida 1,2-dibromo-3-cloropropano sobre el metabolismo del suelo. *Turrialba* 23:480-482. 1973.
11. KARANTH, N. G. H. y VASANTHARAJAN, V. N. Persistence and effect of Dexon on soil respiration. *Soil Biology and Biochemistry* 5:679-684. 1973.
12. LIU, L. C. y CIBES-VIADE, H. R. Effect of various herbicides on the respiration of soil microorganisms. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 56:417-425. 1972.
13. PESSOA, O. Estudio evaluativo de cuatro nematocidas sistémicos en el tratamiento de rizomas de banano (*Musa acuminata* AAA). Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, 1973. 59 p.
14. ROTIMAN, G. A., TWEEDY, J. A. y KAPUSTA, G. Effect of simazine and diuron on the nitrogen content and dry weight of wheat and sorghum. *Agronomy Journal* 66:701-702. 1974.
15. TIEDJE, J. M. y MASON, B. B. Biodegradation of nitroacetate (NTA) in soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 38:278-283. 1974.
16. WAINWRIGHT, M. y PUGH, G. J. H. The effects of fungicides on certain chemical and microbial properties of soils. *Soil Biology and Biochemistry* 6:263-267. 1974.
17. WEINGARTNER, D. P. *et al.* Improving the quality of potato tubers through use of nematicides. *Soils and Crop Science Society of Florida* 33:67-72. 1974.
18. WOLF, D. C. y MARTIN, J. P. Microbial degradation of 2-Carbon-14 Bromocil and Terbacil. *Soil Science Society of America Proceedings* 38:921-925. 1974.