

Comunicaciones Breves

Acumulación y persistencia del insecticida endosulfán en soja, como posible factor de contaminación ambiental y alimentaria

RECIBIDO: 22/6/06

ACEPTADO: 07/9/06

Lorenzatti, E. • de la Sierra, P. • Marino, F. • Lenardón, A.

Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Güemes 3450, cp 3000, Santa Fe, Argentina. Tel: 0342-4559174; FAX: 4550944. lorenzatti@ceride.gov.ar.

RESUMEN: La producción de soja como fuente de proteína alimentaria para el hombre o animales, aceite vegetal y otros productos alimentarios, tiene un rol predominante en la economía Argentina. El uso como pienso verde para bovinos productores de leche se incrementa progresivamente. Para el control de plagas, se utiliza endosulfán, un insecticida clorado con tiempo de vida medio corto. Se realizó un experimento en campos de la Universidad de Entre Ríos, sembrando, aplicando endosulfán y analizando la presencia de residuos de alfa y beta endosulfán como también del metabolito sulfato de endosulfán. Los análisis por cromatografía gaseosa señalan que el insecticida y su metabolito están presentes durante todo el ciclo de vida de la planta incluyendo al rastrojo. por lo que la utilización como pienso para ganado bovino productor de leche y carne puede explicar los hallazgos en derivados de soja, producto lácteos, agua, suelo e incluso leche materna. Las concentraciones determinadas son inferiores a las establecidas como límites permisibles en Argentina o Europa, sin embargo, el carácter lipofílico de los compuestos y los procesos de bioacumulación, pueden contribuir a

favorecer los procesos de contaminación alimentaria y ambiental.

PALABRAS CLAVE: endosulfán, metabolito, soja, residuos.

SUMMARY: *Accumulation and persistence of insecticide endosulfan in soybean as a potential environmental and food pollutant* Lorenzatti, E.; de la Sierra, P.; Marino, F.; Lenardón, A.

Soybean production, as a source of protein to man and animals, vegetable oil and other food products, has a predominant economic role in the Argentinian economy. Soybean sowing, endosulfan applications, and sampling, were conducted in experimental fields of Entre Rios University. Gas chromatographic analyses show that endosulfan and endosulfan sulphate are present at the end of soy vegetative cycle. The concentrations found in forage are below Argentinian and European limits; however, the lipophilicity and the bioaccumulative process can contribute to the dietary and environmental contamination process.

KEY WORDS: endosulfan, soybean, metabolite, soy, residue.

Introducción

En los últimos 10 años, el área dedicada al cultivo de soja (*Glicine max. L.*) en Argentina creció del 31,7% al 57,8% del área total cultivada; a partir de 2004 se constituyó en la producción agropecuaria de mayor importancia, con una superficie que supera las 14 10⁶ hectáreas (1,2). Las prácticas agrícolas para el cultivo de soja requieren del uso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas (3). El endosulfán (6,7,8,9,10,10-hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-methano-2,4,3 benzodioxathiepine 3-oxide) es de uso legal en la República Argentina (4) utilizado ampliamente para el control de insectos (especialmente *Nezara viridula*) y orugas que dañan el tallo y comen las hojas (5,6); Este insecticida organoclorado de amplio espectro, no-sistémico que actúa por contacto o ingestión estomacal, efectivo para el control de insectos chupadores, cortadores, taladradores y ácaros en una gran variedad de cultivos (3).

El tiempo de vida medio bajo (7,9) sugiere que en pocos días el endosulfán debería estar ausente, o en concentraciones mínimas como para no ser detectado en los análisis de control. Por otro lado, un buen número de estudios muestran que el endosulfán, así como su principal metabolito endosulfán sulfato, están presentes en muestras ambientales, peces, anfibios y alimentos tales como leche de vaca, de búfala, productos lácteos e incluso en leche materna, en Argentina (8,10,11). La problemática de la ingesta de plaguicidas a través de los alimentos, sumada a los procesos biológicos que favorecen su concentración (12), interesa y preocupa particularmente a los organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la World Health Organization (WHO) ya que los residuos llegan al hombre y alcanzan concentraciones superiores a las deseadas (9,13,14,16-19). Por ello se estable-

cen límites permisibles en alimentos como medida de protección de la población (13,14). En Europa en el año 2000 se redujo el valor límite de residuo para endosulfán, de 1 a 0,05 mg. kg⁻¹ (14).

La soja es una proteoleaginosa muy usada para alimentación humana y animal tanto en países occidentales como orientales (20). Sus proteínas son reconocidas por su alto valor nutricional y una de las ventajas de su uso radica en que mejora las características fisicoquímicas y organolépticas del producto original (21). Por su parte el rastrojo, rico en fibra y proteínas, se aprovecha como pienso seco, fundamentalmente para el ganado bovino (22), o se incorpora al suelo como abono orgánico, por lo que la presencia de residuos de contaminantes podría derivar en procesos de contaminación alimentaria o ambiental (23).

El objetivo de este trabajo fue conocer la residualidad del insecticida endosulfán en forraje de soja, que es aprovechado fundamentalmente como pienso de animales bovinos productores de leche o carne.

Materiales y métodos

Se realizó la siembra y cosecha de soja transgénica en dos campos (C₁; 31°52'S 60°31'W, y C₂; 31°58' S 60°32' W) de la Universidad de Entre Ríos, en la provincia de Entre Ríos, Argentina. Se consideraron tres parcelas (P₀, P₁ y P₂) en cada campo. P₀, sin aplicación de endosulfán (predio control); P₁, una aplicación de endosulfán en estadio R2, y P₂ dos aplicaciones de endosulfán en estadios R2 y R6 (R= estadio de desarrollo vegetal). C2 se cultivó un año después que C1, con las mismas prácticas agronómicas. En todos los casos la solución acuosa de endosulfán (Piastraâ, Agar cross) se aplicó a razón de 1000 g ha⁻¹.

Se recolectó el rastrojo en forma manual y al azar, con replicas (n=4), se colocó en bol-

sas negras de polietileno y se llevó al laboratorio dentro de las tres horas y se procedió a la extracción de residuos de plaguicida o se conservó a -18°C .

Los procedimientos para extracción y análisis de las muestras y la determinación de los residuos se realizó de acuerdo a Lorenzatti (10); Se trabajó con cromatógrafos en fase gaseosa (CG) Varian 3400 y 3700, columnas megabore DB-5 y DB-608 con detectores de captura de electrones (ECD) Ni^{63} , inyector a 230°C , columna 210°C y detector 320°C ; sistema CG/masas Varian 2000 con columna capilar HP-5 (J&W Scientific CA, USA), horno a 210°C , inyector a 230°C , detector selectivo de masas (MSD) operado en modo ionización electrónica y opción MS/MS, para confirmar resultados de GC.

Los datos obtenidos en los análisis se analizaron estadísticamente (ANOVA) para conocer la influencia de las variables: 1- número de aplicaciones de endosulfán (una o dos) y 2- campo sembrado (C1 o C2) sobre los valores hallados de residuos de endosulfán y el metabolito endosulfán sulfato. C1 y C2 involucran diferente campo, diferente año de trabajo y consecuentemente distintas condiciones climáticas imperantes.

Resultados y discusión

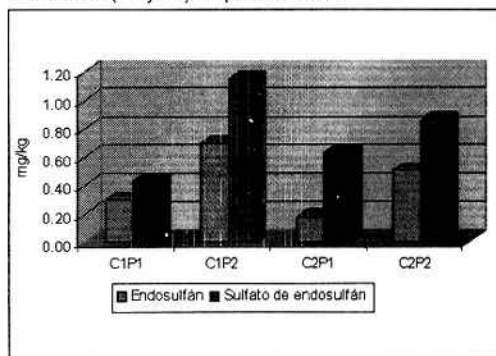
Las concentraciones de residuos de endosulfán y su metabolito endosulfán sulfato en rastrojo de los campos experimentales (Figura 1), muestran que el endosulfán, aplicado durante el período de floración (P1) o durante el proceso de formación de la vaina y llenado de granos (segunda aplicación del insecticida, P2), se encuentra presente como residuo en el rastrojo y metabolizado a endosulfán sulfato, como parte de su proceso de degradación.

Los valores de contenido de residuos del plaguicida y su principal metabolito, señalan valores significativamente mayores cuando re-

cibieron dos aplicaciones, respecto de los lotes que recibieron una única aplicación con endosulfán. Esto se dio para C1 y C2 es decir para cada uno de los campos y años en que se realizó las experiencias (Figura 1).

En las muestras tomadas en las parcelas testigos P_0 , los residuos de endosulfán y endosulfán sulfato estuvieron por debajo de los límites de detección del método.

Figura 1: Endosulfán y endosulfán sulfato (mg/kg) en rastrojo de soja, de muestras de dos campos experimentales C1 y C2 con una y dos aplicaciones de endosulfán (P1 y P2) respectivamente.



Algunos autores (7, 10, 17), señalan que la vida media del endosulfán es considerablemente diferente en suelos, agua o matrices biológicas y está influenciada por variables ambientales y químicas. Este parámetro puede ser mal interpretado como sinónimo de que si el valor es bajo, la desaparición del plaguicida es rápida y su residualidad no ofrece peligros. El tiempo de vida media, por otro lado, no explica acerca de la importancia de las concentraciones remanentes y menos aun de la generación de metabolitos.

Las muestras estudiadas tuvieron concentración inferiores a los límites establecidos por las reglamentaciones nacionales (4) o la referencias europeas (0.5 mg/kg) (13); a pesar de ello, la presencia de residuos en alimentos y la

lipofilicidad de los compuestos de interés en este estudio, hacen presumir que la vía de la cadena alimentaria puede ayudar a entender y explicar los hallazgos de residuos en matrices tan diversas (7-11).

Los hallazgos de residuos de endosulfán alfa y beta así como endosulfán sulfato en muestras ambientales y alimentarias, puede encontrar una explicación en la persistencia del insecticida organoclorado usado en el control fitosanitario en soja, como se demuestra en este estudio y merece mayores estudios en otros usos y cultivos ya que es el único insecticida organoclorado de uso masivo en Argentina.

Conclusiones

Los residuos del insecticida organoclorado endosulfán y su metabolito endosulfán sulfato, son una preocupación por la factibilidad real de que lleguen por distintas vías a la cadena alimentaria animal o humana, constituyendo en si mismo una forma de contaminación. Por lo tanto pensamos que el gobierno conjuntamente con los productores agropecuarios deberían trabajar en la sustitución de este organoclorado por otras sustancias o prácticas menos contaminantes.

Bibliografía

1. Ghida Daza, C. 2004. Análisis económico del cultivo de soja ciclo 2004/2005. Estación Experimental Agropecuaria, INTA Marco Juarez.
2. Pengue, W. 2005. Transgenic Crops in Argentina: The Ecological and Social Debt. Bulletin of Science, Technology & Society, Vol. 25, N° 4, 314-322
3. Arregui, M. 2001. Manejo de agroquímicos en cultivos extensivos. Editado por la Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.
4. CASAFE (2004) Guía de producto fitosanitarios 2005. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. 12 Edición. Buenos Aires, Argentina.
5. Astolfi, E. (1984) Environmental health criteria for endosulfan. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
6. Lorenzatti, E.; Althaus, R.; Lajmanovich, R.; Peltzer, P. 2004. Residues of endosulfan in soy plants in Argentina croplands. Fres. Environ. Bulletin, 13, 2: 89-92.
7. Verschuere, K. 1981. Handbook of environmental data on organic chemicals. Van Nostrand Reinhold. New York
8. Lenardón, A.; Lorenzatti, E.; Maitre, M.; Enrique, S. 2000. Plaguicidas organoclorados en leche materna en Santa Fe, Argentina. *Acta Toxicológica Argentina*, 8, (1), 2- 4.
9. Lenardón, A.; De la Sierra, P.; Marino, F. 2001. Persistencia del endosulfán en medio acuoso estático. *Pesticidas revista de ecotoxicología e medio ambiente*. jan/diez. 11, 115-116.
10. Lorenzatti, E.; Maitre, M.; Lenardón, A. 2003. Evaluación de la contaminación con plaguicidas en productos lácteos. *Revista FAVE* 2 (1) 71-78
11. Lajmanovich, R.; de la Sierra P.; Marino, F.; Pelzer, P.; Lenardón, A.; Lorenzatti, E. 2005. Determinación de residuos de organoclorados en vertebrados silvestres del Litoral fluvial de

- Argentina. Temas de la Biodiversidad del Litoral fluvial argentino II, 255-262. F.G. Aceñolaza ISSN 1514-4836
12. Allsopp M., Stringer R. and Johnston P. 1998. Persistent Organochlorines in Humans. Greenpeace Laboratories, Dept. Biological Sciences. University of Exeter. Prince of Road, Exeter EX4 4PS, UK.
13. FAO/OMS. 2003. Codex Alimentario. Residuos de plaguicidas en los alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Rotterdam, The Netherland. 261p.
14. European Union. 2000. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. June 2000. L 156. pp. 51-65.
15. Arrebola, F. Egea-Gonzalez, F., Moreno, M., Fernandez-Gutierrez, A., Hernandez, M. and Martinez-Vidal, J. 2001. Evaluation of endosulfan residues in vegetables grow in greenhouses. *Pest Manag. Sci.* **57**, 645-652.
16. Global Environment Monitoring System (GEMS). 2004. Food contamination monitoring and assessment programme. (GEMS/FOOD) Food Safety Department. World Health Organization. Geneva. Revised June 2004. 60p.
17. Mattuo, Y.; Lopez, J.; Casanova, Y.; Matuo, T. and Lopez, L. 1992. Organochlorine pesticide residues in human milk in the Riberao Preto region, state of Sao Paulo, Brazil. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **22**: 167-175.
18. FAO/OMS. 1994. Codex Alimentarios. Residuos de Plaguicidas en los alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
19. Stevens, M.; Ebell, G.; Psaila-Savona, P. 1993. Organochlorine pesticides in western Australian nursing mothers. *The Medical Journal of Australia.* **158**, (15), 238-241.
20. Friedman, M.; Brandon, D. 2000. Nutritional and health benefits of soy proteins. *J. Agric. Food Chem.* **49**, (3), 1069-86.
21. Petruccelli, S.; Añon M. 1995. Thermal Agregation of Soy Protein Isolates. *J. Agric. Food Cheml* **43** (12) 3035 – 41.
22. Centeno, A. 2004. Alternativas para enfrentar las sequias en el tambo. Unidad de Extensión y Experimentación San Francisco, Boletín Técnico INTA, 2 (2).
23. National Toxic Network. 1999. Endosulfan found in australian beef. *Pesticides News*, **44**, 21-22.