

Investigación que puede utilizar

Prácticas de control recomendadas para reducir la escorrentía de pesticida del césped

Un enfoque sensato puede reducir en gran medida el riesgo de contaminación del agua.

POR B. E. BRANHAM, F. Z. KANDIL Y J. MUELLER

El mantenimiento del césped en campos de golf ha hecho grandes avances en los últimos 40 años, lo que ha permitido a los superintendentes de campos de golf lograr una excelente calidad de césped. Sin embargo, para lograr estos altísimos niveles de calidad de césped se requieren numerosas aplicaciones, como fertilizantes, irrigación, enarenado, cultivo, agentes humectantes, bioestimulantes y pesticidas. Mientras las prácticas como el enarenado, el cultivo y los agentes humectantes son consideradas inocuas para el medio ambiente, los fertilizantes y pesticidas han sido muy estudiados debido a que algunos de estos productos pueden desplazarse desde el césped hasta la tierra o las aguas superficiales.

La lixiviación de pesticidas del césped se ha estudiado exhaustivamente^{1, 5, 6, 9} y, si bien se trata de un problema importante en los cultivos en línea, la lixiviación de pesticidas del césped presenta un riesgo mucho menor del que anteriormente se imaginaba. La lixiviación de pesticidas del césped es un problema bastante menor que en los cultivos en línea debido a dos razones principales.

En primer lugar, la superficie tratada con pesticidas en todos los campos de golf de los Estados Unidos es metafóricamente una gota en el océano, en comparación con la agricultura de cultivo en línea. La National Golf Foundation (Fundación Nacional del Golf) comunicó que a

finales de 2002, había el equivalente a 14,725 instalaciones de golf de 18 hoyos en los Estados Unidos. Si asumimos que cada campo de golf contiene, en promedio, 3 acres de fairways, 5 acres de tees y 30 acres de fairways, la cantidad total de acres de campos de golf de los Estados Unidos que reciben aplicaciones de pesticidas (los roughs generalmente reciben pocas aplicaciones de pesticidas, aunque es posible que se practique control de malezas) llegaría a un total de 559,550 acres. Esto es una superficie total menor que la cantidad de maíz y soja sembrada en un condado típico de Illinois central. A nivel nacional, en 2001, en aproximadamente 75.752 millones de acres de tierra se sembró maíz, mientras que en 74.105 millones de acres se sembró soja. La mayor parte de estas tierras reciben algún tipo de aplicación de pesticida. La superficie total de los campos de golf controlados de manera exhaustiva en los Estados Unidos representa menos del 0.4 % de la superficie total sembrada de los dos cultivos más grandes de los EE. UU.

Un segundo motivo por el cual el césped presenta un menor riesgo de lixiviación de pesticida es el césped en sí mismo. En un proyecto de investigación anterior financiado por la Asociación Estadounidense de Golf (USGA) se examinó el efecto del césped en el desplazamiento y la degradación de pesticidas.^{2, 3, 4} Se descubrió que cuando se aplican pesticidas al césped, se reduce la

lixiviación y aumentan las tasas de degradación en comparación con la aplicación de los mismos pesticidas en tierra descubierta (una práctica común en los cultivos en línea).

Estas dos diferencias permiten concluir que el riesgo de contaminación del agua subterránea por el uso de pesticidas en campos de golf es bajo, pero no inexistente. El control apropiado continúa siendo clave, y en ciertos lugares, especialmente en aquellos con suelos arenosos, aguas subterráneas poco profundas y proximidad a masas de agua, los encargados del césped deben elegir con cuidado los pesticidas que utilizan.

La escorrentía de pesticidas, sin embargo, es un asunto completamente diferente. ¿Qué es la escorrentía? La escorrentía es un fenómeno natural que se produce cuando la lluvia o el riego generan más cantidad de agua que la que el suelo o césped pueden aceptar. Esta es una situación bastante común, y según el tipo de suelo, pendientes, etc., puede ocurrir de manera frecuente o inusual en un lugar particular. La escorrentía en sí misma no es algo malo, pero cuando la escorrentía lleva pesticidas, nutrientes u otros contaminantes, pueden surgir problemas.

Si bien la lixiviación de pesticidas es principalmente un problema para el agua subterránea (a pesar de que el uso de sistemas de drenaje también representa una amenaza de lixiviación de pesticidas para las aguas superficiales), la escorrentía



Se construyeron parcelas para escorrentía con una pendiente de 5 % en la Universidad de Illinois para estudiar los efectos del riego posterior a la aplicación y el manejo de recortes en escorrentías de pesticida de distinta solubilidad.

de pesticida es una amenaza para las aguas superficiales. La mayoría de los campos de golf cuentan con recursos hídricos y, con frecuencia, se utilizan arroyos, ríos o desagües pluviales para recibir la escorrentía de los campos de golf. Algunos estudios preliminares indicaron que la escorrentía de pesticida puede ser considerable. Algunos investigadores indicaron que el 10 % del pesticida aplicado se transporta en la escorrentía.⁷

INVESTIGACIÓN DE LAS ESCORRENTÍAS

Con este panorama en mente, examinamos algunas prácticas de control que podrían reducir la concentración de pesticidas cuando se producen escorrentías en un campo de golf. Primero, construimos un lugar para llevar a cabo la investigación de las escorrentías. El lugar tenía pendientes, pero se hicieron algunas modificaciones para que se adapte a nuestras necesidades. Dichas modificaciones fueron realizadas por Munie Outdoor Services, una empresa con sede en St. Louis que donó tiempo y equipamiento para producir una superficie de terreno con una pendiente uniforme del 5 % y de aproximadamente 150 pies X 35 pies.

También se instaló un sistema de riego por aspersión que podía proporcionar dos intensidades de

lluvia simulada. Las gotas de lluvia tienen una energía muy diferente que las producidas por este cabezal de aspersión, lo cual es muy importante en tierra descubierta, pero se cree que la diferencia de energía es menos significativa cuando hay una cobertura de césped. Una vez que se construyeron las parcelas en otoño, se las dejó reposar durante el invierno y se recubrieron con césped rastrero durante la primavera. El resto del verano se dedicó a la instalación del equipamiento de recolección de escorrentía y a la prueba del sistema, y a finales del verano, se llevó a cabo una prueba.

En el verano de 2003, contábamos con el personal y el equipamiento para llevar a cabo los experimentos. Evaluamos tres posibles estrategias para reducir la escorrentía de pesticida. En primer lugar, ¿es posible que el riego aplicado poco después de una aplicación de pesticida reduzca significativamente la escorrentía de pesticida? Al barrer el pesticida de la superficie foliar hacia el interior del thatch y la tierra, ¿se puede reducir la concentración y la cantidad total de pesticida de la escorrentía?

En el segundo experimento, se examinó el período de tiempo entre la aplicación de pesticida y el evento de escorrentía. Algunos encargados del césped y muchos propietarios de viviendas utilizan la lluvia natural

en lugar del riego. Si se pronostica lluvia, se puede aplicar pesticida o fertilizante y la lluvia se utiliza para diluir el producto. Por supuesto que si la lluvia produce escorrentía, la pérdida de pesticida puede ser bastante alta. ¿Se puede reducir la probabilidad de escorrentía mediante la aplicación de una pequeña cantidad de riego antes del evento de escorrentía y, por consiguiente, reducir la escorrentía de pesticida?

El tercer experimento se centró en el manejo de recortes. El césped es un cultivo único en el cual cada aplicación de pesticida se hace directamente sobre el follaje. Incluso cuando un pesticida es absorbido principalmente por las raíces, una cantidad significativa de pesticida se adherirá al tejido foliar. Los recortes no se consideraron una fuente de contaminación con pesticida, pero el primer corte de césped después de una aplicación de pesticida efectivamente libera una parte significativa de la aplicación de pesticida. Si la lluvia desplaza estos recortes, una cantidad importante de pesticida se transportará con los recortes.

Cuando se recolectan los recortes, se genera un problema aún más complicado. Si los recortes se utilizan como abono, se producirá una rápida degradación de los residuos de pesticida, pero se debe tener cuidado para evitar que el agua de lluvia



Después de la aplicación de pesticida, se aplicó riego hasta que todas las parcelas produjeron, por lo menos, 40 litros de escorrentía.

filtre los pesticidas de los recortes. Si los recortes están simplemente diseminados en el rough, es posible que los encargados del césped estén produciendo accidentalmente áreas con una gran concentración de pesticidas que podrían ser susceptibles a lixiviación o escorrentía.

PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

En cada experimento, los pesticidas se aplicaron como una mezcla triple de tanque. Seleccionamos pesticidas según su solubilidad en agua y facilidad de análisis a través de cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC). Cada mezcla de tanque contenía un pesticida que clasificamos como de solubilidad alta, media o baja. La solubilidad en agua desempeña un papel preponderante en la disponibilidad del pesticida para la escorrentía. Los pesticidas que tienen mayor solubilidad en agua se desplazan más fácilmente con el agua corriente. Los pesticidas que tienen menor solubilidad en agua se desplazan en menores concentraciones en el agua. Es posible que las prácticas de control recomendadas se deban modificar según la solubilidad en agua. En otras palabras, es posible que lo que funciona mejor para reducir la

escorrentía de un pesticida altamente soluble en agua no sea tan eficaz con un pesticida que no sea soluble en agua.

Después de la aplicación de pesticida, se encendió el sistema de riego por aspersión en el momento adecuado para cada experimento a fin de producir escorrentía. Se aplicó riego hasta que todas las parcelas produjeron, por lo menos, 40 litros de escorrentía. En cada experimento, se aplicó aproximadamente 2 horas de riego. De cada muestra de escorrentía de 40 litros, se recolectó una submuestra de 4 litros en jarras de vidrio ámbar. Las muestras fueron analizadas a través de HPLC para determinar la cantidad de cada pesticida presente en las muestras de agua.

En el primer experimento, se examinó la eficacia del riego posterior a la aplicación en la reducción de la escorrentía de pesticida. Se aplicaron tres pesticidas: clorotalonil (Daconil Ultrex™), paclobutrazol (Trimmit™) y mefenoxam (Subdue Maxx™). Además, se aplicó riego manual de 0.2 pulgadas, 0.25, 1, 4, 8, o 24 horas después de la aplicación de pesticida. La lluvia simulada para producir escorrentía se inició 25 horas después de la aplicación de pesticida (es decir,

la lluvia simulada comenzó 1 hora después de que se aplicó el último tratamiento de lavado de pesticida).

RESULTADOS

Los resultados del primer experimento fueron desalentadores. Independientemente de la cantidad de datos examinados, hubo pocas diferencias importantes. El punto más importante del experimento fue que el riego posterior a la aplicación no fue eficaz para reducir la cantidad de pesticida disponible para escorrentía. Un análisis más detallado de los datos produjo un resultado significativo. Se redujo la escorrentía de clorotalonil por el riego posterior a la aplicación luego de 15 minutos después de la aplicación de pesticida. Esto podría tener sentido desde el punto de vista de la composición química del pesticida. El clorotalonil es muy poco soluble en agua, con una solubilidad en agua comúnmente aceptada de 0.6 PPM.⁸ Los productos con una solubilidad en agua tan baja generalmente se aplican como emulsión en el agua para obtener el producto en una composición que permita su rociado. Una vez que el rocío se seca en la superficie foliar, se pierden las características emulsionantes y el pesticida se comporta de acuerdo con su solubilidad en agua natural.

Un pesticida, o cualquier compuesto orgánico, con una solubilidad en agua inferior a 1 PPM tiene muchas probabilidades de ser absorbido por la cera y otros componentes no polares de la superficie foliar. Una vez que estos pesticidas se secan en la superficie foliar, se quedan literalmente atascados allí. Si se aplica el riego poco tiempo después, se evitará un poco este secado y una cantidad más grande de pesticida se puede desplazar en mayor profundidad hacia el perfil del césped. Una vez que un pesticida no soluble en agua se seca en la superficie foliar, el riego posterior a la aplicación no será eficaz para desplazar el pesticida fuera de la hoja.

Con el fungicida clorotalonil, el riego inmediatamente después de la aplicación no sería una práctica recomendada debido a que el producto debe estar en la superficie foliar para ejercer su actividad fungicida. Sin embargo, si el lugar de acción previsto es la superficie de la tierra o el thatch, por ejemplo, en herbicidas

Tabla 1		
Pesticidas utilizados en los estudios de escorrentía en la Universidad de Illinois		
Nombre común	Nombre comercial	Solubilidad en agua (mg/L)
mefenoxam	Subdue Maxx	26,000
propiconazol	Banner Maxx	110
paclobutrazol	Trimmit	35
clorotalonil	Daconil	0.6
pendimetalina	Pendulum	0.3

preemergentes, estos productos deben recibir el riego posterior a la aplicación tan pronto como se haya finalizado la aplicación. Esto no solo reduce la cantidad de pesticida disponible para la escorrentía, sino que además incrementa la cantidad de pesticida que alcanza la superficie de la tierra o el thatch.

En el segundo experimento, se examinó el impacto del intervalo entre la aplicación de pesticida y el evento de escorrentía. Si bien nadie puede controlar cuando llueve, es ilustrativo para comprender la importancia del intervalo entre la aplicación de pesticida y la escorrentía. En este experimento, los pesticidas se aplicaron 12, 24, 48 o 72 horas antes del evento de escorrentía. Los pesticidas aplicados fueron pendimetalina (PreM™), propiconazol (Banner Maxx™) y mefenoxam (Subdue Maxx™).

En este experimento, los resultados fueron drásticos. Independientemente de la solubilidad en agua, cuanto más tiempo pasó entre la aplicación de pesticida y la escorrentía, menor fue la cantidad de pesticida detectado en la escorrentía. Y mientras esto era lo esperado, lo interesante fue que, en general, las diferencias en la escorrentía fueron significativas entre la escorrentía que se produjo dentro de las 12 horas posteriores a la aplicación en comparación con la que se produjo dentro de las 24, 48 o 72 horas posteriores a la aplicación. En otras palabras, si se produce la escorrentía 1, 2 o 3 días después de la aplicación, no hay una gran diferencia en la cantidad de pesticida que se desplaza. Pero si el evento de escorrentía se produce luego de 12 horas o menos después de la aplicación, habrá un incremento considerable en la cantidad de escorrentía de pesticida que se produzca. Por ejemplo, en cuanto a la cantidad, recuperamos 8.9 mg de pendimetalina en el agua

de escorrentía cuando esta se produjo luego de 12 horas después de la aplicación, pero solo 1.5, 1.6 o 1.2 mg cuando la escorrentía se produjo luego de 72, 48 o 24 horas después de la aplicación, respectivamente. En este estudio, se obtuvieron resultados similares para los otros dos pesticidas.

Un resultado sorprendente de este experimento fue que, en cuanto a la cantidad, hubo más propiconazol en la escorrentía que mefenoxam. Este resultado fue contrario a nuestra hipótesis de que mientras más soluble en agua es un pesticida, más susceptible es a la escorrentía. En general, la concentración inicial de mefenoxam en la escorrentía era más alta que la de propiconazol, pero a medida que se generaba más escorrentía, la concentración de mefenoxam disminuía mientras que la de propiconazol no mostraba una disminución notable. Quizá, debido a que el mefenoxam es mucho más soluble en agua (ver la tabla 1), una parte de este se puede desplazar hacia la tierra y el thatch más fácilmente al inicio de la precipitación, mientras que el propiconazol, que es menos soluble en agua, puede permanecer en la capa superior donde puede continuar dividiéndose en el agua que fluye por la superficie de césped.

En el tercer experimento, se evaluaron los efectos de la

eliminación de los recortes de la escorrentía de pesticida. En los greens, tees y fairways de campos de golf, los pesticidas se aplican una vez cada dos semanas durante el verano. Una parte considerable de la aplicación de pesticida se deposita en el tejido foliar, y gran parte de la aplicación permanece sorbed (un término que describe sustancias que pueden ser tanto adsorbidas como absorbidas) en el tejido foliar. El estudio se simplificó para que se comparen solo dos tratamientos: la eliminación de los recortes y la restitución de los recortes. En este experimento, los pesticidas se aplicaron el 15 de julio de 2003 a las 9 a. m. Se cortó el césped de las parcelas al día siguiente a las 9 a. m. y el evento de simulación de escorrentía a través de irrigación se inició una hora después, a las 10 a. m.

Como era de esperar, la eliminación de recortes redujo la escorrentía de pesticidas (tabla 2). Cuando se examinan los datos en la masa, es decir, la cantidad total de pesticida eliminado, los datos se deben considerar en vista de varios factores importantes. En primer lugar, un factor importante en la reducción de escorrentía de pesticida (además de otras formas de transporte fuera del lugar) consiste en utilizar pesticidas que requieren menores cantidades del ingrediente activo. En cuanto a la cantidad total, se perdió más clorotalonil que cualquiera de los otros dos pesticidas. Sin embargo, en cuanto al porcentaje de aplicación, se perdió mucho menos clorotalonil que los otros dos pesticidas (tabla 2). El clorotalonil es un producto más antiguo que requiere proporciones de uso mayores que muchos pesticidas más nuevos. Por lo tanto, el clorotalonil se aplicó en una proporción de 11.2 libras de ingrediente activo/aplicación, mientras

Tabla 2				
Cantidad de pesticida perdida durante la escorrentía —efecto de la eliminación de recortes				
Pesticida	Aplicación Proporción (libras de ingrediente activo/aplicación)	Tratamiento de recortes	Pérdida de masa total (mg)	Porcentaje de aplicación
mefenoxam	0.7	Eliminado	21.3	0.98
		Restituido	37.2	1.70
paclobutrazol	0.25	Eliminado	8.3	1.06
		Restituido	12.7	1.62
clorotalonil	11.2	Eliminado	65.4	0.19
		Restituido	153.7	0.44

que los compuestos químicos más nuevos generalmente se aplican en una proporción de 1 libra de ingrediente activo/aplicación o menos. A pesar de que el clorotalonil es muy poco soluble en agua y menos propenso a la escorrentía (como lo muestran los datos de porcentajes), se recuperó más cantidad de clorotalonil en la escorrentía debido a que se aplicó en proporciones entre 16 y 44 veces más altas que los otros dos pesticidas. En segundo lugar, la masa de pesticida es el producto de la concentración de pesticida en la escorrentía y el volumen total de la escorrentía recolectada. Las parcelas que utilizamos en este experimento se crearon lo más uniforme posible, y aun así había grandes diferencias en los volúmenes de escorrentía entre las parcelas. Esto afecta directamente la masa de escorrentía y puede dificultar la interpretación de los datos.

El manejo de recortes puede tener un gran impacto en la escorrentía de pesticida. La escorrentía de pesticida se redujo entre un 34 % y 57 % al eliminar los recortes. No se sabe con certeza si la mayor masa de escorrentía de pesticida en los casos que se restituyeron los recortes se puede atribuir a la presencia de recortes en la escorrentía. Si bien se observó la presencia de recortes en el agua de la escorrentía, estos se eliminaron por filtración antes del análisis. La cantidad de pesticida que se encontró en el sedimento (recortes y otras partículas) era una pequeña fracción de las cantidades recolectadas del agua de la escorrentía. Por consiguiente, la reducción de la escorrentía de pesticida en los casos en que se eliminaron los recortes es más probable que se deba a la disminución de la cantidad de pesticida disponible cuando se produjo la escorrentía. Sin embargo, si bien la reducción de pesticida de la escorrentía fue considerable, no se puede evitar el cuestionamiento sobre qué sucedió con los recortes. Si los recortes simplemente se depositaron en otra parte del campo de golf, el problema de la escorrentía no necesariamente se redujo; solamente se redistribuyó.

LECCIONES APRENDIDAS

El propósito de esta investigación fue desarrollar prácticas de control recomendadas para reducir la escorrentía de pesticida. La práctica

más eficaz fue eliminar los recortes, pero los recortes en sí mismos contienen una cantidad considerable de pesticida, por lo que se deben tratar con responsabilidad. El césped del campo representa lo que se conoce como un problema de contaminación de fuente no puntual; es decir, los posibles contaminantes están distribuidos en bajas concentraciones en un área grande. La recolección y acumulación de los recortes básicamente crearía un problema de contaminación de fuente no puntual. Sin embargo, la creación de una pila de abono con los recortes debería permitir una degradación relativamente rápida de los pesticidas en la pila, y si se controla el drenaje, esta sería una opción particularmente buena.

Independientemente de que elimine o no los recortes como parte de un programa de control recomendado para reducir la escorrentía de pesticida, esta investigación ilustra que los recortes pueden ser una fuente importante de pesticidas. Ya sea que restituya los recortes o los recolecte, tenga en cuenta que los recortes recolectados inmediatamente después de una aplicación de pesticida contendrán una cantidad considerable de pesticida. La restitución de dichos recortes al césped sería útil especialmente en el caso de los pesticidas activos, como los herbicidas de control anual de césped preemergentes, y los productos que son absorbidos por las raíces, como los reguladores de crecimiento de plantas paclobutrazol y flurprimidol.

Se debe evitar la aplicación de pesticida dentro de las 12 horas anteriores a un evento de lluvia previsto. Los eventos de escorrentía que se produzcan entre las 24 y 72 horas posteriores a la aplicación de pesticida contendrán menores concentraciones de pesticida en comparación con la escorrentía que se produzca dentro de las 12 horas posteriores a una aplicación de pesticida.

La elección de pesticidas que requieren bajas proporciones de aplicación del ingrediente activo reduce notablemente la cantidad de escorrentía de pesticida. Muchos compuestos químicos de pesticidas nuevos tienen proporciones de aplicación de 30 a 120 gramos de ingrediente activo/aplicación (~0.1-0.3 libras de ingrediente activo/aplicación). La mejor manera de

reducir la escorrentía o lixiviación de pesticidas es no utilizar un pesticida. La segunda mejor manera consiste en elegir un pesticida que tenga propiedades inocuas para el medio ambiente, y una de las mejores es aplicarlo en una baja proporción.

Por último, el uso de franjas de protección es una de las mejores prácticas de control. Una franja de protección es una franja con vegetación que no se trata con pesticida. En nuestros experimentos de escorrentía, los pesticidas se aplicaron dentro de una distancia de 2 pies del equipo de recolección de escorrentía. Cualquier incremento en la longitud del césped u otras plantaciones paisajísticas no tratados entre el césped tratado y el punto donde el agua de escorrentía desembocaría en un arroyo, drenaje u otro acceso directo a agua reducirá enormemente la escorrentía de pesticida. Esto sucede por dos motivos. En primer lugar, el césped eliminará una parte del pesticida que fluye por este, es decir, parte del pesticida será absorbido por el césped. En segundo lugar, a medida que la escorrentía que contiene pesticida ingresa a la franja de protección donde no hay pesticida, la simple dilución reduce la concentración de pesticida que finalmente ingresa a la masa de agua.

La escorrentía de pesticida es un problema importante que los superintendentes de campos de golf deben tener en cuenta. Además, deben reconocer donde existen posibles problemas. La masa de agua que fluye por el campo de golf se debe proteger. Incluso si su campo de golf no presenta aguas superficiales, se debe tener cuidado. Muchos superintendentes de campos de golf utilizan desagües superficiales para eliminar el exceso de agua de las áreas que tienen un drenaje deficiente o de poca altitud. Con frecuencia, estos desagües finalmente conducen a una masa de agua superficial. Como consecuencia, los pesticidas aplicados en un fairway se pueden eliminar fácilmente del campo de golf si se utilizan desagües superficiales para eliminar el exceso de agua.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. Cisar, J. L., and G. H. Synder. 1996. Mobility and persistence of pesticides applied to a USGA green. III: Organophosphate recovery in

clippings, thatch, soil, and percolate. *Crop Sci.* 36:1433-1438.

2. Gardner, D. S., and B. E. Branham. 2001. Mobility and dissipation of ethofumesate and halofenozide in turf grass and bare soil. *J. Agric. Food Chem.* 49:2894-2898

3. Gardner, D. S., and B. E. Branham. 2001. Effect of turf grass cover and irrigation on soil mobility and dissipation of mefenoxam and propiconazole. *J. Environ. Qual.* 30:1612-1618

4. Gardner, D. S., B. E. Branham, and D.W. Lickfeldt. 2000. Effect of turf grass on soil mobility and dissipation of cyproconazole. *Crop Sci.* 40:1333-1339

5. Gold, A.J., T. G. Morton, W. M. Sullivan, and J. McClory. 1988. Leaching of 2, 4-D and dicamba from home lawns. *Water, Air, and Soil Pollution.* 37:121-129.

6. Petrovic, A. M., W. C. Barrett, I. Larsson-Kovach, C. M. Reid, and D.J. Lisk. 1996. The influence of a peat amendment and turf density on downward migration of metalaxyl fungicide in creeping bentgrass sand lysimeters. *Chemosphere.* 33(11):2335-2340.

7. Smith, A. E., and D. C. Bridges. 1996. Movement of certain herbicides following application to simulated golf course greens and fairways. *Crop Sci.* 36:1439-1445

8. Wauchope, R. D., T. M. Butler, A. G. Hornsby, P.W.M. Augustijn-Beckers, and J. P. Burt. 1991. The SCS/ARS/CES pesticide database for environmental decision-making. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 123:1-155

9. Yates, M. V. 1995. The fate of pesticides and fertilizers in a turf grass environment. *USGA Green Section Record.* 33(1):10-12.

Nota del editor: Este artículo y muchos otros que presentan resultados de proyectos financiados por el programa Turfgrass and Environmental Research Program de la USGA se pueden encontrar en *Turfgrass and Environmental Research Online* de la USGA (<http://usgatero.msu.edu>).

B. E. BRANHAM, PH.D., *profesor adjunto*; F. Z. KANDIL, PH.D., *asistente de investigación* y J. MUELLER, *asistente de investigación*;

Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Universidad de Illinois, Urbana, Illinois.