

# Efeito da Trifluralina na Cinética de Absorção de Fósforo Pela Soja<sup>1</sup>

C.A. Rosolem\*, E. Malavolta\*\*

## ABSTRACT

The effects of Trifluralin (ααα-trifluoro-2,6-dinitro-N,N-dipropyl-p-toluidine) upon soybean (*Glycine max* (L.) Merrill, c.v. Paraná) phosphorus uptake and translocation were studied in nutrient solution, utilizing 32 p. Concentrations of 0 to 4 ppm of trifluralin (a.i.) were applied in solutions containing from  $5 \times 10^{-12}$  M to  $2 \times 10^{-3}$  M of phosphorus.

With very high or very low phosphorus concentrations, doses of 0.5 to 1.0 ppm of Trifluralin seemed to increase the nutrient uptake by soybean. There was not any effect upon phosphorus translocation from soybean roots to shoots.

## INTRODUÇÃO

Considerando o modo de aplicação da Trifluralina, é possível que ocorra um efeito do herbicida na bioquímica dos nutrientes na planta, ou seja, o produto pode causar uma mudança na absorção, translocação ou assimilação dos mesmos (1).

Cathey e Šabbe (2) estudaram o efeito da Trifluralina na absorção de P por plantas jovens de algodão e soja, e concluíram que o herbicida provocou uma diminuição na quantidade total absorvida, nos teores de fósforo, e na porcentagem de fósforo na planta oriundo do fertilizante. O decréscimo da quantidade do nutriente na planta foi linear em função dos aumentos nas doses do herbicida. Os autores relatam ainda que, quando o herbicida e o adubo foram incorporados na mesma porção de solo, os efeitos

## RESUMO

Foram conduzidos dos experimentos em casa de vegetação com o objetivo de estudar o efeito do herbicida Trifluralina na absorção e translocação do fósforo pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill, cv. Paraná). Os ensaios obedeceram a esquemas fatoriais variando as doses de herbicida de 0 a 4 ppm e as concentrações de fósforo de  $5 \times 10^{-12}$  M a  $2 \times 10^{-9}$  M. Antes da instalação dos tratamentos as plantas de soja foram cultivadas em solução nutritiva diluída por 10 e 14 dias, no primeiro e segundo experimentos, respectivamente. Na instalação dos tratamentos, antes da aplicação do fósforo marcado, houve um pré-tratamento com as doses de herbicidas por 1 e 2 horas, no primeiro e segundo experimentos, respectivamente. As plantas ficaram em contato com a solução radioativa por 1 hora em ambos os experimentos. Em concentrações altas ou baixas de fósforo na solução, houve uma tendência de estímulo na absorção do nutriente quando a Trifluralina foi aplicada em doses da ordem de 0,5 a 1,0 ppm, entretanto nas concentrações de  $10^{-5}$  M e  $10^{-7}$  M não ocorreu este efeito. Não foi notado efeito do herbicida na translocação do fósforo para a parte aérea das plantas de soja.

descritos mostraram-se mais pronunciados, principalmente quando o herbicida e o adubo foram aplicados na faixa de 5 a 10 cm de profundidade. De maneira geral, quando o herbicida e o adubo foram aplicados em porções diferentes do solo, os efeitos descritos não eram aparentes. Ainda segundo os mesmos autores a aplicação do fósforo com incorporação em área total, em condições de campo, com aplicação do herbicida da mesma maneira, fazendo com que coincida a localização dos mesmos no solo pode causar uma diminuição da absorção do fósforo, ou ainda uma menor utilização pela planta do fertilizante aplicado.

Bucholtz e Lavy (1) estudaram os efeitos de alachlor e Trifluralina no crescimento das plantas e na acumulação de fósforo e enxofre radioativos pela soja e pela aveia. Os autores utilizaram, na soja, doses de 0; 0,5; 1; 2 a 4 ppm de Trifluralina, e notaram que tanto a matéria seca das raízes e da copa, assim como

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 20 de março 1986.

\* FCA/UNESP, Pesquisador 18 do CNPq - 18 600 - Botucatu-SP-BR

\*\* ESALQ/USP - Piracicaba.

as quantidades de nutrientes absorvidas, diminuíram quando era aumentada a dose do herbicida. Relatam também que a trifluralina teve menor efeito na absorção de fósforo e enxofre do que o alachlor, e que a soja tratada com o herbicida absorve relativamente mais fósforo do que enxofre. Atribuíram este fato à possibilidade do herbicida afetar diferentemente os sítios de absorção do sulfato e do fosfato. Concluem os autores, que a quantidade de material radioativo na copa das plantas estudadas depende não só da biomassa da raiz, como também do herbicida que é utilizado e do nutriente em questão.

Em tomateiro, a interação Trifluralina-fósforo, foi estudada (12) e foi verificado que com o aumento nas doses do herbicida ocorreu uma redução na quantidade de fósforo das plantas.

No presente trabalho foi estudado o efeito da Trifluralina na cinética de absorção e na translocação de fósforo em plantas de soja.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de soja foram germinadas em vermiculita umedecida com água destilada. A emergência das plantas deu-se entre 4 e 8 dias, e quando estavam com as folhas opostas abertas foram transplantadas para bandejas com 30 litros de solução nº 1 de Hoagland e Arnon (4), com adição de micronutrientes (7) e Fe-EDTA (5), diluída a 1/3 da concentração usual.

No primeiro ensaio, quando as plantas estavam com 10 dias, foram instalados os tratamentos com radiofósforo. Neste ensaio foram utilizadas as doses 0.0; 0.5; 1.0; 2.0 e 4.0 ppm de Trifluralina (i.a) em 5 concentrações de fósforo na solução:  $10^{-1}$  M,  $10^{-2}$  M,  $10^{-3}$  M,  $10^{-4}$  M e  $10^{-5}$  M. O ensaio foi instalado com 4 repetições.

Foram preparados frascos de vidro de 150 ml adicionando-se 1 ml de  $Mg SO_4$   $2 \times 10^{-2}$  M e 98 ml das soluções tratamentos em cada frasco. A seguir foi colocada uma planta de soja em cada frasco e instalado um sistema de aeração. As plantas foram deixadas por 1 hora nesta condição. A seguir foram adicionados 2 uCi de  $p^{32}$  em cada frasco e marcou-se o tempo de absorção em 2 horas.

As plantas foram então separadas em parte aérea e raiz, sendo as raízes lavadas 3 vezes com aproximadamente 100 ml de água destilada.

O material foi secado em estufa com circulação forçada de ar a 70°C por 72 horas, e em seguida foram feitas as pesagens. A matéria seca foi dige-

rida em ácido nítrico mais ácido perclórico e o extrato foi diluído a 10 ml.

Foram tomadas aliquotas de 5 ml em cubetas de vidro, que foram secadas em chapa elétrica, fazendo-se a leitura em um contador Geiger-Müller.

Em função dos resultados obtidos no primeiro ensaio foi conduzido o segundo ensaio, utilizando-se as doses 0.00; 0.25; 0.50 e 1.00 ppm de Trifluralina (i.a) em presença de 6 concentrações de fósforo na solução  $2 \times 10^{-3}$  M;  $10^{-3}$  M;  $5 \times 10^{-4}$  M;  $2 \times 10^{-4}$  M;  $10^{-4}$  M e  $5 \times 10^{-5}$  M.

O ensaio foi instalado e conduzido da mesma forma que o primeiro, mas na instalação dos tratamentos, neste caso, as plantas estavam com 14 dias, e antes da adição do  $p^{32}$  o prétratamento foi de 2 horas.

A partir das contagens efetuadas no contador Geiger-Müller, foram calculadas as velocidades de absorção de fósforo e a concentração de fósforo radioativo na parte aérea das plantas.

No estudo de cinética de absorção, para o cálculo das velocidades máximas de absorção e das constantes de Michaelis foi utilizada a transformação de Hofstee (8), definida pela equação:

$$v = v_{\infty} - km \frac{v}{(M)}$$

onde:  $v$ ... velocidade de absorção  
 $v_{\infty}$ ... velocidade máxima de absorção  
 $km$ ... constante de Michaelis (medida da afinidade de íon pelo carregador)  
 $(M)$ ... concentração externa do elemento

A análise de variância para os dados de velocidade de absorção e concentração na parte aérea foi efetuada considerando-se um delineamento completamente casualizado em fatorial 5 x 5 no primeiro caso. O segundo ensaio foi separado em duas partes para análise, ambas considerando um fatorial 4 x 3.

No primeiro ensaio foi utilizada, na análise de variância, a transformação  $\log \sqrt{x + 2}$  (11).

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme pode ser notado na Fig 1, quando a concentração de fósforo era alta, a dose de 0.5 ppm de Trifluralina causou um aumento significativo na velocidade de absorção do nutriente, ao passo que quando o fósforo foi fornecido à planta na concentração de  $10^{-1}$  M, houve uma tendência de diminuição na velocidade de absorção.

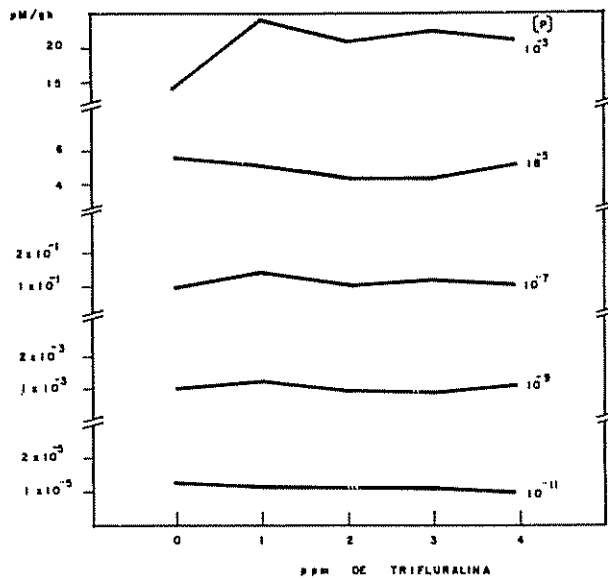


Fig. 1. Velocidade de absorção de fósforo por plantas de soja em função das concentrações de fósforo e trifluralina na solução. Primeiro Ensaio.

Pela Tabela 1 pode-se observar que o herbicida não teve efeito na translocação do fósforo para a parte aérea da planta, apesar de ter ocorrido uma tendência de resposta quadrática na menor concentração do nutriente.

No cálculo da velocidade máxima de absorção foi utilizada a transformação de Hofstee, uma vez que quando se tentou ajustar a transformação de Lineweaver e Burk sempre se chegou a velocidades máximas negativas. Segundo Nissen (9), é um fato que normalmente ocorre quando se pretende representar mais de uma fase de absorção por uma única equação.

Ocorreu uma tendência de aumento da velocidade máxima de absorção como do km em função da aplicação do herbicida. Isto quer dizer que o produto parece dificultar o processo de absorção (km mais alto) mas, em presença de altas concentrações de fósforo uma planta que foi tratada com herbicida pode absorver fósforo mais rapidamente do que a testemunha.

Considerando as tendências aparentemente inversas obtidas no presente ensaio, e procurando confirmar os resultados foi conduzido o segundo ensaio, cujos resultados encontram-se na Fig. 2 e Tabela 2.

Embora não tenha sido observada diferença estatisticamente significativa, para altas concentrações de fósforo a tendência de aumento na velocidade de absorção na dose de 0.5 ppm do herbicida foi confirmada (Fig. 2), sendo que neste caso o herbicida parece ter facilitado inclusive a translocação do nutriente, embora sem significância em termos estatísticos (Tabela 2).

Foram ainda confirmadas as tendências observadas nos resultados obtidos para km e velocidade máxima de absorção, no caso das concentrações mais altas do nutriente.

Quando se analisa a figura referente às velocidades de absorção quando as concentrações de fósforo na solução nutritiva eram menores, nota-se que embora as mesmas não tenham sido afetadas significativamente, as velocidades máximas de absorção foram aumentadas nas plantas que receberam herbicida, ao mesmo tempo que o km apresentou uma tendência de diminuição com as doses de 0.5 e 1 ppm de herbicida. Isto quer dizer que a utilização de Trifluralina nas doses de 0.50 e 1.00 ppm facilitou a absorção do fósforo pela planta.

Tabela 1. Concentração de fósforo radioativo na parte aérea das plantas, no primeiro ensaio.

Herbicida ppm	Concentração de fósforo na solução (moles)					$\bar{X}$
	$10^{-3}$	$10^{-5}$	$10^{-7}$	$10^{-9}$	$10^{-11}$	
0.0	9.06	1.09	$2.58 \times 10^{-2}$	$2.53 \times 10^{-4}$	$2.32 \times 10^{-6}$	1.079
0.5	9.82	1.08	$2.65 \times 10^{-2}$	$2.99 \times 10^{-4}$	$3.47 \times 10^{-6}$	1.119
1.0	9.28	1.18	$2.49 \times 10^{-2}$	$2.53 \times 10^{-4}$	$3.47 \times 10^{-6}$	1.109
2.0	9.84	1.57	$3.25 \times 10^{-2}$	$2.30 \times 10^{-4}$	$4.63 \times 10^{-6}$	1.215
4.0	10.77	1.33	$2.92 \times 10^{-2}$	$2.53 \times 10^{-4}$	$1.17 \times 10^{-6}$	1.219
$\bar{X}$	9.74	1.25	$2.78 \times 10^{-2}$	$2.58 \times 10^{-4}$	$3.01 \times 10^{-6}$	

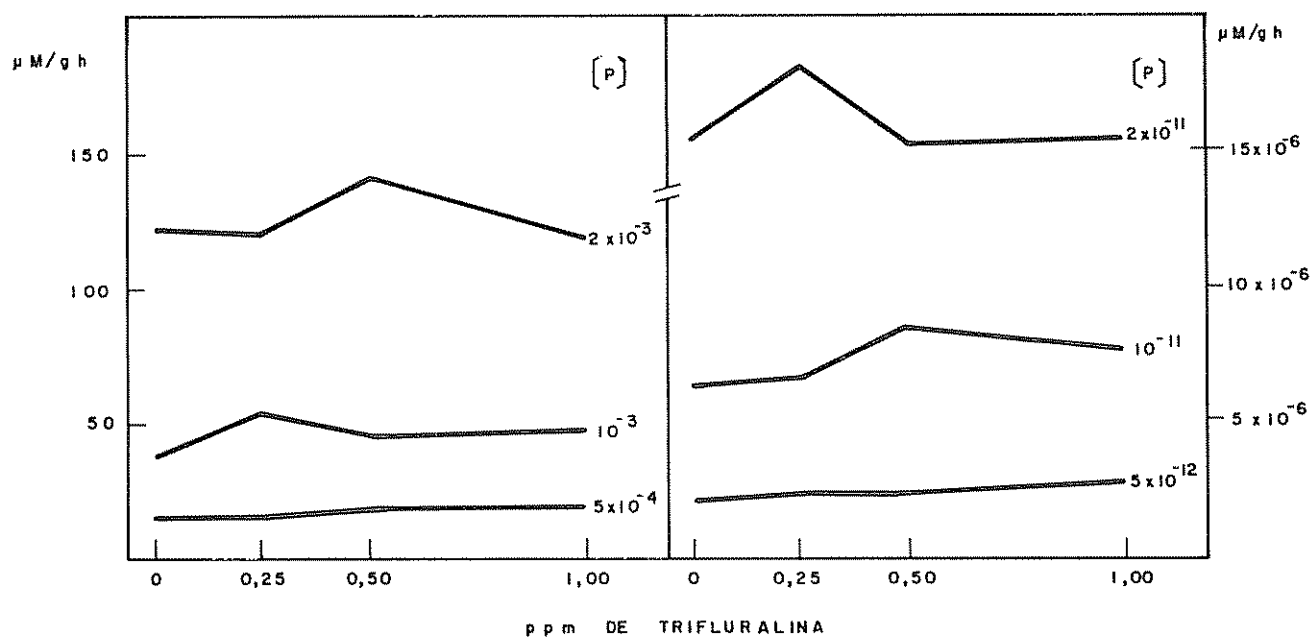


Fig. 2. Velocidade de absorção de fósforo por plantas de soja em função das concentrações de fósforo e trifluralina na solução Segundo Ensaio.

Tabela 2. Concentrações de fósforo radioativo na parte aérea das plantas em função da concentração de fósforo na solução e doses de herbicida.

Herbicida ppm	Concentração de fósforo na solução (M)			
	$2 \times 10^{-3}$	$10^{-3}$	$5 \times 10^{-4}$	$\bar{X}$
0.00	28.81	16.84	3.75	16.46
0.25	42.09	11.59	3.15	18.94
0.50	41.74	11.81	4.16	19.24
1.00	35.99	9.04	3.81	16.28
$\bar{X}$	37.1 A	12.32 B	3.72 C	

Herbicida ppm	Concentração de fósforo na solução (M)			
	$2 \times 10^{-11}$	$10^{-11}$	$5 \times 10^{-12}$	$\bar{X}$
0.00	$2.66 \times 10^{-6}$	$1.84 \times 10^{-6}$	$0.33 \times 10^{-6}$	$1.61 \times 10^{-6}$
0.25	$3.38 \times 10^{-6}$	$2.07 \times 10^{-6}$	$0.64 \times 10^{-6}$	$2.03 \times 10^{-6}$
0.50	$3.84 \times 10^{-6}$	$1.69 \times 10^{-6}$	$0.63 \times 10^{-6}$	$2.05 \times 10^{-6}$
1.00	$3.46 \times 10^{-6}$	$1.64 \times 10^{-6}$	$0.99 \times 10^{-6}$	$2.03 \times 10^{-6}$
$\bar{X}$	$3.33 \times 10^{-6}$ A	$2.41 \times 10^{-6}$ B	$0.86 \times 10^{-6}$ C	

Já havia sido demonstrado que a absorção de fósforo pela soja é um processo multifásico (6, 10). Desta forma a trifluralina parece afetar de maneira diferente cada uma das fases de absorção

Foi sugerida (13) a existência de mais de um mecanismo de absorção, com carregadores diferentes, mas Nissen (9) não concorda com esta colocação

Pelos resultados obtidos no presente trabalho, é mais lógico admitir a existência de mais de um carregador, uma vez que a Trifluralina parece afetar de maneira diferente a absorção de fósforo quando o nutriente encontra-se em alta ou em baixa concentração.

Deve ser considerado ainda que a fase de absorção compreendida pelas concentrações de fósforo de  $2 \times 10^{-3}$  M a  $5 \times 10^{-4}$  M do presente ensaio corresponde a uma faixa de concentrações do nutriente na solução em que a produção de matéria seca de soja pode ser até prejudicada (10), ao passo que segundo os mesmos autores às concentrações mais baixas que  $10^{-6}$  M haveria grande aumento na produção de matéria seca a cada aumento da concentração de fósforo.

Quando se analisa os resultados obtidos no primeiro ensaio com as concentrações de  $10^{-5}$  e  $10^{-7}$  M, pode-se notar que não ocorreram grandes modificações nos parâmetros avaliados. Se for admitido que as concentrações de fósforo na solução do solo forem comparáveis a estas, não seriam esperados efeitos do herbicida sobre o processo da absorção de fósforo pela soja em condições de campo

#### LITERATURA CITADA

1. BUCHOLTE, D.I.; LAVY, I.L. 1979 Alachlor and Trifluralin effects on nutrient uptake in oats and soybeans. *Agronomy Journal* 71(1):24-27.
2. CATHEY, G.W.; SABBE, W.E. 1972 Effects of Trifluralin on phosphorus fertilizer uptake patterns by cotton and soybean seedlings. *Agronomy Journal* 64(2):254-255.
3. EPSTEIN, E. 1975. Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas. Ed. Universidade de São Paulo, São Paulo e Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro. 342 p.
4. HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. 1950. The water culture method of growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circular* 347.
5. JACOBSON, L. 1951 Maintenance of iron supply in nutrient solutions by a single addition of ferric potassium ethylenediamine tetra acetate. *Plant Physiology* 26:411-413.
6. JOSEPH, R.A.; TANG, V. HAIL. 1976 Uptake of phosphate by intact soybean roots mediated by a single multiphasic mechanism. *Planzenphysiology* 78:222-227.
7. MALAVOLTA, E. 1975. Práticas de nutrição mineral de plantas. Departamento de Química e CENA/ESALQ, Piracicaba. 65 p. (mimeo).
8. MALAVOLTA, E. 1986. Elementos de nutrição mineral de plantas. Editora Agronômica Ceres, São Paulo. 251 p.
9. NISSEN, P. 1974 Uptake mechanisms: inorganic. *Annual Review of Plant Physiology* 25:53-79.
10. NISSEN, P.; FAGERIA, N.K.; RAYAR, A.J.; HASSAN, M.M.; HAI, T.U. 1980 Multiphasic accumulation of nutrient by plants. *Physiology Plantarum* 49:222-240.
11. STELL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1960 Principles and procedures of statistics. New York. Mc Graw Hill. 481 p.
12. WILSON, H.P.; STEWART, F.B. 1973 Relationship between Trifluralin and phosphorus on transplanted tomatoes. *Weed Science* 21(2):150-153.

## Notas y Comentarios

### Nidos que alimentan árboles

Algunos nidos de hormigas ayudan a alimentar a las palmeras, afirman Fred y Melinda Rickson, de Oregon State University, en Corvallis. Estos investigadores midieron el flujo de agua teñida en plantas de ratán de Malaysia, *Daemoronops macrophylla* y *D. verticillaris*, (*Byotropica*, vol 18, p. 337), especies utilizadas para hacer muebles, cestos y construcciones. El tinte fue canalizado bajando por los tallos entre hojas muertas, ramitas, frutos y otros desechos que se habían acumulado en el tope del árbol. Entonces, el agua se filtraba a los nidos de hormigas situados sobre las vainas espinosas de las hojas de la palmera. Como esponjas, los nidos de hormigas absorbían hasta casi dos veces su propio peso en agua. Los Rickson pensaban que los nidos podrían absorber también nutrientes.

Cuando cae la lluvia a través de la copa de un bosque húmedo tropical, transporta nutrientes de las hojas de la parte más alta de los árboles y los traslada al bajar por el follaje. Para saber si las hormigas se beneficiaban con este sistema gratuito de alimentación, los investigadores hicieron seguir esa ruta a una cantidad de agua con algunos aminoácidos marcados con el radiactivo carbono-14, desde las copas de las palmeras. Ellos investigaron el destino de los aminoácidos al rastrear a dónde finalizaba la radiactividad. Los Rickson repitieron el procedimiento en árboles en los que se habían eliminado sus nidos de hormigas para ver si estos nidos afectaban la absorción de aminoácidos.

Durante cuatro meses de realizar estas pruebas, los nidos absorbían el material trazador radiactivo antes de que se esparciera dentro de las ramas de los árboles. En los árboles desprovistos de nidos, el trazador

simplemente se desvanecía. Esto sugiere que los nidos absorben los nutrientes junto con el agua y luego se los pasan al árbol. A.G.

### Arboles alcohólicos atraen insectos

Algunos árboles huelen en forma agradable; otros solamente huelen a madera. Pero, para ciertos insectos como el escarabajo de los brotes de pino, *Tomicus piniperda*, los árboles huelen a taberna. En los tocónes y en las rendijas de árboles enfermos o debilitados, las bacterias pululan produciendo alcohol etílico (etanol), por fermentación anaeróbica y el etanol ayuda a atraer insectos.

El escarabajo de los brotes del pino es muy meticuloso y delicado sobre el lugar en que se aparee y pone sus huevos, escogiendo para esto sólo la corteza del pino escocés (*Pinus sylvestris*). Selecciona al árbol por su olor, hecho distintivo por terpenos en la resina llamada terpinoleno y alfa-pineno. El grupo formado por J.P. Vité, de la Universidad de Freiburg, en Alemania Occidental, y A. Bakke, del Instituto Forestal de Noruega, ha encontrado que los escarabajos prefieren siempre los árboles enfermos a los sanos. Entonces, colocaron trampas en los bosques de pinos usando como cebos varias sustancias químicas y encontraron que los insectos no podían resistir una combinación de etanol y terpenos (*Naturwissenschaften* vol. 73, p. 39).

La atraktividad de los pinos no es rara. Muchos otros árboles atraen insectos de la misma manera. Y resulta que la cantidad de etanol que el árbol emite tiene una gran importancia sobre el tipo de coleóptero que atrae. Altas concentraciones de etanol atraen a los inofensivos escarabajos ambrosia o escarabajos de la corteza, pero repelen a los escarabajos de los brotes de pino y al agresivo escarabajo del abeto Douglas (*Dendrotonus valens*). Por otra parte, niveles bajos de alcohol que interaccionan con la resina para producir el olor, atraen a especies dañinas (*Naturwissenschaften*, vol. 73, p. 270). Claramente, estas respuestas al alcohol tienen interesantes posibilidades para atraer escarabajos dañinos en los bosques. A.G.