

FURLAN, RG; MARTINS, JF; SANTOS, JI; ALVES, PLCA. 2016. Simulação do efeito residual da atrazine em cenoura. *Horticultura Brasileira* 34: 584-587. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160420>

## Simulação do efeito residual da atrazine em cenoura

Renan G Furlan; Juliano F Martins; Juciléia I Santos; Pedro LCA Alves

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal-SP, Brasil; renanfurlan@gmail.com; juliano.agro@yahoo.com.br; jucileia\_irian@hotmail.com (autor para correspondência); plalves@fcav.unesp.br

### RESUMO

Atrazine é um herbicida recomendado para a cultura do milho, porém há poucas informações sobre seu efeito residual em hortaliças que eventualmente poderão ser cultivadas em sucessão. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a simulação do residual de subdoses de atrazine no substrato sobre o desenvolvimento e produção de cenoura 'Brasília'. Os tratamentos constituíram-se de oito doses decrescentes de atrazine (250, 25,0, 2,5, 0,25, 0,025, 0,0025, 0,00025 e 0 g i.a./ha) partindo da concentração de 1/10 da dose recomendada comercialmente para a cultura do milho doce (2500 g i.a./ha). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. As unidades experimentais foram constituídas de vasos de plástico com capacidade de 20 L. As plantas de cenoura foram avaliadas quanto à porcentagem e índice de velocidade de emergência (aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação), taxa de mortalidade, perímetro e comprimento de raiz, massa fresca de raiz e massa seca de parte aérea aos 29 e 90 dias após a aplicação (DAA). Concluiu-se que residual de até 250 g i.a./ha de atrazine pode causar redução na biomassa inicial da cenoura (29 DAA), sem, no entanto, prejudicar sua produção de raízes.

**Palavras-chave:** *Daucus carota*, herbicida, carry-over.

### ABSTRACT

#### Residual effect of atrazine in carrot crop

Atrazine is an herbicide recommended for the corn crop, but little information is available on its residual effect on vegetables that could be grown in succession. The objective of this research was to evaluate the residual simulation of atrazine doses in the substrate on the development and production of 'Brasília' carrot. Treatments consisted of eight decreasing doses of atrazine (250, 25.0, 2.5, 0.25, 0.025, 0.0025, 0.00025 and 0 g a.i./ha) starting on 1/10 of the concentration dose commercially recommended for sweet corn (2500 g a.i./ha). Experimental design was completely randomized with four replications. Experimental units consisted of plastic pots with a capacity of 20 L. The carrot plants were evaluated for percentage and emergence speed index (at 7, 14 and 21 days after application), mortality, length and perimeter of roots, root fresh weight and dry weight of aboveground part at 29 and 90 days after application (DAA). We concluded that residual up to 250 g a.i./ha atrazine might cause initial biomass reduction in carrot (29 DAA), without, however, damaging its production of roots.

**Keywords:** *Daucus carota*, herbicide, carry-over.

(Recebido para publicação em 16 de dezembro de 2015; aceito em 19 de maio de 2016)

(Received on December 16, 2015; accepted on May 19, 2016)

As hortaliças são comumente cultivadas em rotação com milho e soja, por agregarem maior valor às culturas tradicionais produtoras de grãos, principalmente, quando se trata de milho doce (*Zea mays*, grupo saccharata), no qual o controle das plantas daninhas é realizado por meio de herbicidas. Dessa forma, essa rotação pode possibilitar aos produtores a utilização de uma ampla gama de herbicidas registrados para as culturas que auxiliam no manejo de plantas daninhas que são difíceis de controle em hortaliças (Robinson, 2008). Contudo, esses herbicidas podem permanecer no solo por longo período, causando injúria às hortaliças cultivadas em sucessão. O grau de injúria provocado por esses herbicidas depende de diversos fatores, como cultura em sucessão, herbicida

utilizado, dose, propriedades do solo, manejo e clima (Greenland, 2003).

Atrazine é um dos herbicidas registrados para a cultura do milho aplicado em pré e pós-emergência inicial das plantas daninhas (Williams *et al.*, 2010). O tempo de meia vida desse herbicida pode variar de 2 meses a 6 anos, dependendo das condições do meio (Ávila *et al.*, 2009), além de apresentar diversos metabólitos, com diferentes graus de toxicidade e tempo de meia vida, sendo os mais comuns a hidroxiatrazina e a dietilatraxina (Graymore *et al.*, 2001). Nakagawa *et al.* (1995), estudando a mineralização de atrazine em Latossolo Vermelho Escuro durante período de 180 dias, observaram decréscimo nos níveis de atrazine, de 91,1% para 7,4%, e meia vida de 54 dias. Por outro

lado, Peixoto *et al.* (2000), avaliando o mesmo tipo de solo, evidenciaram baixa mineralização de atrazine (7,3%) durante 63 dias de incubação. Segundo esses autores, a quantidade de resíduos extraídos durante esse período foi de 57,6%, dos quais 44,1% e 8,8% corresponderam a atrazine e hidroxiatrazina, respectivamente. As substâncias húmicas, principais constituintes da matéria orgânica, são propostas a ser o principal sítio de sorção da atrazine no solo. Só o ácido húmico é responsável por 70% da capacidade de sorção para a atrazine (Barriuso *et al.*, 1992).

A cenoura (*Daucus carota*) é uma das mais importantes hortaliças cultivada no Brasil e seu plantio tem aumentando nos últimos anos, sendo considerada a quarta hortaliça mais

consumida no Brasil, com produção de 6 milhões de toneladas e consumo médio per capita estimado em 1,8 kg/ano (Ceagesp, 2011). Portanto, posiciona-se como um importante produto do agronegócio brasileiro, principalmente, por apresentar elevada capacidade de geração de empregos e renda em todos os segmentos de sua cadeia produtiva durante o ano inteiro.

Robinson (2008), estudando o efeito residual de atrazine em solo franco arenoso, constatou redução de 66,6% na massa seca de parte aérea de plantas de cenoura cultivadas um ano após a aplicação. Isso demonstra que o desenvolvimento de espécies hortícolas pode ser afetado quantitativamente quando expostas a subdoses de herbicidas e, provavelmente qualitativamente também. Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a simulação do residual de subdoses de atrazine no substrato sobre o desenvolvimento e produção de cenoura 'Brasília'.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a maio de 2012, em vasos mantidos em condições de campo, nas dependências do Laboratório de Plantas Daninhas do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

O clima da região é definido como tropical, e classificado, de acordo com o sistema internacional de Köppen, como Aw. O total médio anual de chuva é de 1424,6 mm, caracterizada por uma distribuição de chuvas concentrada no verão e por um inverno seco. Nos meses de fevereiro a maio de 2012, período em que se desenvolveu o experimento, a temperatura média do ar foi de 22,9°C, com precipitação acumulada de 77,1 mm.

As unidades experimentais foram constituídas de vasos plásticos com capacidade de 20 L, preenchidos com substrato composto por uma mistura de solo Latossolo Vermelho Escuro e torta de filtro de usina de cana-de-açúcar (1:1 v/v).

A semeadura foi realizada em 9 de fevereiro de 2012, com cenoura 'Bra-

sília', depositando-se 270 sementes, em média, por vaso, a 1 cm de profundidade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de oito doses decrescentes de atrazine (250, 25,0, 2,5, 0,25, 0,025, 0,0025, 0,00025 e 0 g i.a./ha) partindo da concentração de 1/10 da dose recomendada comercialmente para a cultura do milho doce (2500 g i.a./ha).

As aplicações foram realizadas 12 horas após a semeadura, em condições controladas, com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, equipado com quatro pontas XR 11002, espaçadas a 50 cm entre si e posicionadas 50 cm da superfície dos alvos, com volume de cauda equivalente a 200 L/ha. As condições médias ambientais no momento das aplicações foram: temperatura do ar de 23°C e umidade relativa do ar de 83%, a temperatura do solo nos vasos de 24°C.

No decorrer do período experimental, a irrigação foi realizada por capilaridade (adição de água em pratos plásticos posicionados sob os vasos). As plantas daninhas que emergiram espontaneamente nas parcelas experimentais foram retiradas manualmente.

As avaliações constaram da porcentagem de plântulas emergidas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA), índice de velocidade de emergência, e da porcentagem de mortalidade, segundo a metodologia sugerida por Krzyzanowski *et al.* (1999). Aos 29 dias após a semeadura foi realizado o desbaste, padronizando-se quatro plantas por vaso. Ainda nessa ocasião, quinze plântulas de cada repetição foram separadas, acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e colocadas em câmara de circulação forçada de ar a 70°C para a determinação da massa seca da parte aérea.

Aos 90 dias após a aplicação (DAA), foram realizadas as avaliações: diâmetro (cm) e comprimento de raiz (cm), massa fresca da raiz (g) e massa seca de parte aérea (g), utilizando quatro plantas de cada repetição.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade,

utilizando para isso o programa Sisvar (UFLA, 2007). Para a análise de regressão da variável massa seca aos 29 dias, as doses do herbicida glyphosate foram utilizadas em escala logarítmica, devido a grande amplitude dos valores (250 a 0,00025 g i.a./ha).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de atrazine não afetou a porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência e taxa de mortalidade de plantas de cenoura, em todas as doses testadas (Tabela 1). As médias de porcentagem, índice de velocidade de emergência e taxa de mortalidade foram de 14,5%, 9,83 e 15,81%, respectivamente.

A alta quantidade de sementes por vaso, aliada a baixa qualidade dessas pode ter sido o motivo da baixa porcentagem de emergência das plantas de cenouras. Outro fator que pode ter contribuído para essa baixa porcentagem de emergência é a elevada temperatura. Segundo Resende *et al.* (2005), em cultivo de verão ocorre uma série de intempéries climáticas que podem prejudicar, tanto a germinação das sementes como o desenvolvimento da planta e qualidade das raízes.

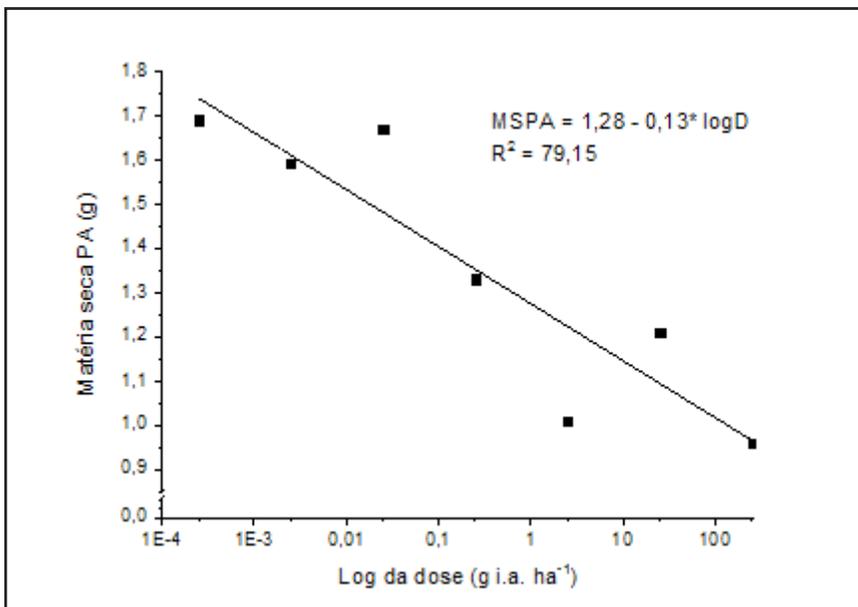
O índice de velocidade de emergência se fez constante, não diferenciando os tratamentos da testemunha, podendo-se constatar que a atrazine não influenciou a emergência das plântulas na condição estudada. Martin *et al.* (1989) verificaram que quanto maior o número de plantas presentes na área, menor a quantidade de atrazine extraída por feijão e aveia e, portanto, menor o efeito fitotóxico nas mesmas.

Com relação à taxa de mortalidade, supõe-se que essa não fora ocasionada pela aplicação de atrazine, mas sim pela competição inicial entre as plântulas. Durante o período avaliado, nenhum sintoma visual de intoxicação foi detectado nas plantas de cenoura. As plantas sensíveis à atrazine sofrem clorose (amarelecimento das folhas), a qual conduz à necrose dos tecidos. Nas espécies tolerantes à atrazine, como é o caso do milho, o herbicida é eficientemente metabolizado em formas não

**Tabela 1.** Efeitos de doses de atrazine sobre a emergência (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e taxa de mortalidade (%) de plantas de cenoura {effects of atrazine rates on emergence (%), emergence velocity index (IVE), and mortality rates (%) of carrot plants}. Jaboticabal, UNESP, 2012.

Doses (g i.a./ha)	Emergência (%)	IVE	Taxa mortalidade (%)
250	15,09	10,94	29,85 A
25	18,98	12,58	13,18 A
2,5	10,64	7,49	19,60 A
0,25	15,46	10,36	12,74 A
0,025	15,83	10,58	11,87 A
0,0025	13,14	8,77	9,25 A
0,00025	16,66	11,15	22,01 A
0	10,37	6,76	7,95 A
F	2,52 <sup>NS</sup>	2,40 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>
CV (%)	25,70	25,97	10,56
DMS	8,74	5,98	39,10

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; NS= não significativo; DMS= diferença mínima significativa (means within a column followed by the same letter are not significantly different by Tukey test, 5%; NS= not significant; DMS= least significant difference).



**Figura 1.** Efeito das doses de atrazine na massa seca da parte aérea da cenoura 'Brasília' aos 29 dias após a aplicação (effect of atrazine rates on the aboveground dry matter of 'Brasília' carrot, 29 days after the application). Jaboticabal, UNESP, 2012.

tóxicas (Prade *et al.*, 1998).

Em contrapartida, a massa seca da parte aérea avaliada aos 29 DAA diferiu significativamente entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). Observou-se decréscimo linear nos valores de matéria seca com aumento da dose estudada, sendo que a maior dose utilizada (250 g i.a./ha) proporcionou redução de 60% na matéria

seca total em comparação à testemunha. Seguindo a análise de regressão, para uma matéria seca total estimada em 1,28 g, cada log da dose de atrazine empregada a reduziu em 0,13 g.

As variáveis, perímetro, comprimento e massa fresca de raiz e matéria seca de parte aérea avaliados por ocasião da colheita, aos 90 DAA, não foram

influenciadas significativamente pelas doses de atrazine estudadas (Tabela 2). Os valores médios de diâmetro, comprimento e massa fresca de raiz e matéria seca de parte aérea, foram 30,13 cm, 15,66 cm, 114,04 g e 11,73 g, respectivamente. Desta forma, pôde-se constatar que aos 90 DAA houve recuperação da massa seca de parte aérea em comparação aos valores obtidos aos 29 DAA. Esse resultado corrobora com os de Dan *et al.* (2009), onde cultivares de milho, quando submetidos a dose de 1 kg/ha de atrazine, apresentaram sintomas de fitointoxicação, com clorose e perda de biomassa aos 15 DAA. Apesar da fitointoxicação inicial, as plantas se recuperaram e não apresentaram efeito negativo na produção.

Segundo Switzer (1960), em condições de elevada umidade relativa e altas temperaturas, a desintoxicação de 2,0 kg/ha de atrazine ocorreu em oito semanas, enquanto em condições de baixa umidade e temperatura os efeitos de fitotoxicidade podem ser mantidos por até doze meses. Nessas condições há maior disponibilidade de herbicida na solução do solo e menor quantidade deste adsorvido, possibilitando, portanto, maior taxa de degradação pelos microrganismos presente no solo. Segundo Shae (1985), apesar das condições ambientais requeridas para ótima atividade microbiana não serem as mesmas para todas as espécies, a atividade de muitos organismos é maior quando o teor de umidade no solo é 50 a 75% da capacidade de campo e temperatura entre 25 a 35°C. Isto pode explicar porque as plantas de cenoura não apresentaram sintomas visuais de intoxicação, uma vez que fora semeada e conduzida em condições de altas temperaturas e disponibilidade de água.

Em virtude dos resultados obtidos na pesquisa, pode-se afirmar que a aplicação de atrazine em um substrato constituído pela mistura de solo Latossolo Vermelho Escuro e torta de filtro (1:1 v/v) não afeta as plantas de cenoura com doses de até 250 g i.a./ha, sendo que as raízes colhidas atingiram um padrão considerado 'Extra', que varia de 14 a 18 cm de comprimento, segundo classificação da Ceagesp (2011).

A simulação de resíduos decorrentes

**Tabela 2.** Efeitos de doses de atrazine sobre o perímetro, comprimento e massa fresca de raízes de cenoura e massa seca de folhas de cenoura aos 90 dias após a aplicação (effect of atrazine rates on root perimeter, root length, fresh root weight and leaf dry matter). Jaboticabal, UNESP, 2012.

Doses (g i.a./ha)	Perímetro (cm)	Comprimento (cm)	Massa fresca raiz (g)	Matéria seca folhas (g)
250	26,86	15,69	103,26	9,97 A
25	30,51	16,67	132,24	11,65 A
2,5	29,75	15,31	107,81	11,05 A
0,25	28,22	17,23	117,96	10,85 A
0,025	31,68	13,68	99,79	10,88 A
0,0025	29,95	14,28	100,02	12,42 A
0,00025	29,71	15,99	102,37	10,56 A
0	34,36	16,40	149,04	13,97 A
F	1,63 <sup>NS</sup>	1,31 <sup>NS</sup>	2,26 <sup>NS</sup>	0,96 <sup>NS</sup>
CV (%)	11,63	13,39	20,27	22,61
DMS	8,20	4,91	56,07	6,05

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; NS= não significativo; DMS= diferença mínima significativa (means within a column followed by the same letter are not significantly different by Tukey test, 5%; NS= not significant; DMS= least significant difference).

de atrazine aplicada em doses de até 250 g i.a./ha, em um substrato constituído pela mistura de solo Latossolo Vermelho Escuro e torta de filtro (1:1 v/v) não afetou o crescimento e a produção de cenouras ‘Brasília’.

## REFERÊNCIAS

- ÁVILA, LG; LEITE, SB; DICK, DP. 2009. Formulações de atrazina em xerogeis: síntese e caracterização. *Química Nova* 32: 1727-1733.
- BARRIUSO, E; FELLER, C; CALVET, R; CERRI, C. 1992. Sorption of atrazine, terbutryn and 2,4-D herbicides in two Brazilian Oxisols. *Geoderma* 53: 155-167.
- CEAGESP. 2011. Descrição de objeto para compra de cenoura em licitação pública, disponível em: [http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/servicodealimentacao/compra\\_por\\_licitacao/cenoura\\_objetodelicitacao.pdf](http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/servicodealimentacao/compra_por_licitacao/cenoura_objetodelicitacao.pdf), acessado em: 02 de julho de 2014.
- DAN, HA; BARROSO, ALL; DAN, LGM; TANNÚS, VR; FINOTTI, TR. 2009. Seletividade de herbicidas aplicados na pós-emergência da cultura do milho (*Pennisetum glaucum*). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 8: 297-306.
- GRAYMORE, M; STAGNITTI, F; ALLINSON, G. 2001. Impacts of atrazine in aquatic ecosystems. *Environment International* 26: 483-495.
- GREENLAND, RG. 2003. Injury to vegetable crops from herbicides applied in previous years. *Weed Technology* 17: 73-78.
- KRZYZANOSWKI, FC; VIEIRA, RD; FRANÇA NETO, JB. 1999. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, comitê de vigor de sementes. 218p.
- MARTIN, A; STOUGAARD, RN; SHEA, PJ. 1989. A quick test for atrazine carryover (revised March 1989). *Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension*. Paper 1222. <http://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/1222>. Acessado em: 8 de julho de 2014.
- NAKAGAWA, LE; LUCHINI, LC; MUSUMECI, MR; ANDRÉA, MM. 1995. Comportamento de atrazina em solos brasileiros em condições de laboratório. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30: 471-476.
- PEIXOTO, MFSP; LAVORENTI, A; REGITANO, JB; TORNISIELO, VL. 2000. Degradação e formação de resíduos ligados de 14C-atrazina em Latossolo Vermelho Escuro e Glei Húmico. *Scientia Agricola* 57: 1-11.
- PEREIRA, RS; NASCIMENTO, WM; VIEIRA, JV. 2007. Germinação e vigor de sementes de cenoura sob condições de altas temperaturas. *Horticultura Brasileira* 25: 215-219.
- PRADE, L; HUBER, R; BIESELER, B. 1998. Structures of herbicides in complex with their detoxifying enzyme glutathione S-transferase - explanations for the selectivity of the enzyme in plants. *Struture* 15: 1445-1452.
- RESENDE, FV; SOUZA, LS; OLIVEIRA, PSR; GUALBERTO, R. 2005. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. *Ciência e Agrotecologia* 29: 100-105.
- ROBINSON, DE. 2008. Atrazine accentuates carryover injury from mesotrione in vegetable crops. *Weed Technology* 22: 641-645.
- SHEA, PJ. 1985. Detoxification of herbicides residues in soil. *Weed Science* 33: 33-41.
- SWITZER, CM. 1960. Effectiveness and persistence of certain herbicides in soil. *NEWCC* 14: 329-335.
- WILLIAMS, IIMM; BOERBOOM, CM; RABAAY, TL. 2010. Significance of atrazine in sweet corn weed management systems. *Weed Technology* 24: 139-142.