

GABRIELLA DAIER OLIVEIRA PESSOA CARNEIRO

**ÁCIDO SALICÍLICO E SACAROSE NA REDUÇÃO DE ESTRESSE CAUSADO PELO
METRIBUZIN NA CULTURA DA CENOURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca UFV - Campus de Rio Paranaíba**

C289a

Carneiro, Gabriella Daier Oliveira Pessoa, 1991-
Ácido salicílico e sacarose na redução de estresse causado pelo
metribuzin na cultura da cenoura / Gabriella Daier Oliveira Pessoa
Carneiro – Rio Paranaíba, MG, 2016.
49 f. ; 29cm.

Orientador: Dr. Marcelo Rodrigues dos Reis.


Coorientadores: Dr. Daniel Valadão Silva, Dr. Vinícius Ribeiro
Faria.

Dissertação (Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal) -
Universidade Federal de Viçosa.

1. Fitointoxicação. 2. *Daucus carota*. 3. Herbicida

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 635.13


Crislene Silva de Sousa
Bibliotecária/Documentalista
Crb6 2539 - Matr. 11590-8
UFV

GABRIELLA DAIER OLIVEIRA PESSOA CARNEIRO

**ÁCIDO SALICÍLICO E SACAROSE NA REDUÇÃO DE ESTRESSE CAUSADO PELO
METRIBUZIN NA CULTURA DA CENOURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de fevereiro de 2016.

Flávio Lemes Fernandes

Christiane Augusta Diniz Melo

Daniel Valadão Silva
(Coorientador)

Marcelo Rodrigues dos Reis
(Orientador)

Ao meu filho Henrique, meus pais Elvis e Vanda,
minhas irmãs Michelle e Maria Clara e meu marido Fabrício.

Dedico.

“Algo só é impossível até
que alguém duvide e resolva provar ao contrário.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse. À minha família, principalmente ao meu filho Henrique que é a razão da minha vida. Aos meus pais Elvis e Vanda, meu marido Fabrício, minhas irmãs Michelle e Maria Clara e meus sogros Hélio e Marisa pelo apoio.

À Universidade Federal de Viçosa- *campus* de Rio Paranaíba e a todos os professores, especialmente ao professor Marcelo Rodrigues dos Reis, pela orientação que foi desenvolvida com empenho, paciência e sabedoria. Agradeço também pela valiosa experiência profissional e acadêmica.

Ao professor Daniel Silva Valadão, pela coorientação, amizade, empenho e paciência ao longo das supervisões das minhas atividades. À Christiane Melo por toda ajuda, paciência e dedicação. Ao grupo NEHPSOL: Álvaro, Amanda, Ana, Bárbara, Bruno, Gabriel, Gustavo, Laura, Lucas, Marcelo, Marcos, Paulo, Rafael, Roque, Thalyta e Valesca pela participação fundamental na realização deste trabalho, incentivo e companheirismo.

À COOPADAP, Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba, pela assistência oferecida para execução do estudo. À Capes e ao CNPq pelo apoio financeiro.

A todos os meus amigos, principalmente Amanda, Ana Luiza, Ana Paula e Luiz Otávio, por me mostrarem o significado de uma amizade verdadeira. E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Gabriella Daier Oliveira Pessoa Carneiro, filha de Elvis José Pessoa e Vanda Maria de Oliveira Pessoa, nasceu em Patos de Minas-MG, Brasil, no dia 17 de junho de 1991.

Em 2009 iniciou o curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa - *campus* Rio Paranaíba. Atuou como membro do Grupo de pesquisa em biotecnologia de 2010 a 2012 sob orientação do Prof. Dr. Luciano Bueno dos Reis. Em 2013 ingressou no Grupo de Pesquisa de melhoramento genético, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Em 2014 iniciou o mestrado em Produção Vegetal na Universidade Federal de Viçosa - *campus* Rio Paranaíba e tornou-se membro do grupo de pesquisa NEHPSOL – Núcleo de Estudo de Herbicida na Planta e no Solo, ambos sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Rodrigues dos Reis. Em fevereiro de 2016, submeteu-se a defesa da Dissertação para obtenção do título de Mestre.

RESUMO

CARNEIRO, Gabriella Daier Oliveira Pessoa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa Campus Rio Paranaíba, fevereiro de 2016. **Ácido Salicílico e Sacarose na Redução de Estresse Causado pelo Metribuzin na Cultura da Cenoura**. Orientador: Marcelo Rodrigues dos Reis. Coorientadores: Daniel Valadão Silva e Vinícius Ribeiro Faria.

O sistema produtivo de cenoura (*Daucus carota* L.) é realizado durante todo o ano no Brasil. Um aspecto importante sobre o cultivo dessa hortaliça são as plantas daninhas, que se não manejadas adequadamente, podem inviabilizar economicamente a atividade. Entretanto, o reduzido número de herbicidas registrados para a cultura é um fator limitante. Neste sentido, o metribuzin apresenta potencial, apesar de relatos de intoxicação na cultura da cenoura. Por outro lado, substâncias com capacidade de promover respostas adaptativas nas plantas podem ser utilizadas como protetores dos efeitos de herbicidas não seletivos. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o uso do metribuzin na cultura da cenoura e dos protetores - sacarose e ácido salicílico (AS). Para isso foram realizados três experimentos de campo no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em duas épocas. No primeiro, os tratamentos constituíram de doses de metribuzin: 0, 144, 288, 432, 576, 720, 960 e 1200 g ha⁻¹. No segundo, avaliou-se o potencial de uso da sacarose nas modalidades cinco dias antes da aplicação do herbicida (5DAA), em mistura de calda com o herbicida (0), cinco dias após a aplicação do herbicida (5DDA) e sem aplicação do protetor (SA) e no terceiro do ácido salicílico. Aos 30 dias após a aplicação (DAP) foi avaliada a matéria seca da parte aérea (MSPA) e aos 120 DAP a produtividade para os três experimentos. A aplicação de metribuzin até 432 g ha⁻¹ não causou redução da produtividade da cenoura. A solução de sacarose proporcionou aumento da MSPA da cultivar Nayarit, mesmo na presença do metribuzin, entretanto, o mesmo não foi observado para a cultivar Verano. Em relação à produtividade, não houve influência da utilização da sacarose. A aplicação exógena de AS aumentou a MSPA em relação a ausência de AS e presença de metribuzin, e também igualou a MSPA em relação aos tratamentos com ausência do herbicida. Não houve aumento da produtividade total com a aplicação do AS, todavia, houve um aumento da produtividade de cenouras comerciais em 27%. Conclui-se que a sacarose reduz a incidência de raízes bifurcadas quando aplicada cinco dias antes do herbicida ou em mistura de tanque com o mesmo. O AS ameniza a intoxicação da cenoura pelo uso de metribuzin e diminui a porcentagem de cenouras não comerciais.

ABSTRACT

CARNEIRO, Gabriella Daier Oliveira Pessoa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa Campus Rio Paranaíba, February, 2016. **Salicylic Acid and Sucrose in Stress Reduction Caused by metribuzin in the Carrot Culture**. Adviser: Marcelo Rodrigues dos Reis. Co-advisers: Daniel Valadão Silva and Vinícius Ribeiro Faria.

The carrot (*Daucus carota* L.) cultivation is performed throughout the year in Brazil. An important aspect of the cultivation of this vegetable is the weed management, which if not properly managed, can become economically unviable to the cultivation. However, the small number of herbicides registered for use in the culture, it's a limiting factor. In this sense, metribuzin has potential, although reports on poisoning carrot crop. However, products that can promote adaptive responses in plants they may be used as the protective effects of non-selective herbicides. The purpose of this study was to evaluate the use of metribuzin in the culture of carrot and the use of protectors: sucrose and salicylic acid (SA), to mitigate the poisoning caused by this herbicide in carrots. For this, there were three field experiments in a randomized block design with four replications, in two cultivation. In the first one, treatments consisted in different doses of metribuzin: 0, 144, 288, 432, 576, 720, 960 and 1200 g ha⁻¹. In the second one, it was evaluated the potential use of sucrose and in the third one it was evaluated the potential use of salicylic acid, as protectors of the damage caused by metribuzin in carrot culture. At 30 days was evaluated dry matter from the leaves (DM) and at 120 days, the productivity. The application of metribuzin up to 432 g ha⁻¹ caused no reduction in yield of carrot. The sucrose solution provided increased DM in the cultivar Nayarit, even in the presence of metribuzin, but the same was not observed for the cultivar Verano. Regarding productivity, there was no increase in the application of sucrose. The exogenous application of SA increased the DM regarding treatment 0 mM SA with metribuzin, and also equaled the DM compared to treatment with the absence of the herbicide. There was no increase in productivity with the application of SA, however, there was a increase in the productivity of commercial carrots in 27%. It's concluded that the metribuzin not cause damage up to the dose 432 g ha⁻¹. Sucrose reduces the incidence of bifurcated roots when applied to five days before the herbicide or in tank mixed. And SA softens carrot intoxication by the use of metribuzin and decreases the percentage of non-commercial carrots.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 LITERATURA CITADA.....	4
2 SELETIVIDADE DO METRIBUZIN À CULTURA DA CENOURA E USO DA SACAROSE EXÓGENA NA REDUÇÃO DE ESTRESSE CAUSADO POR ESSE HERBICIDA	8
2.1 RESUMO	8
2.2 ABSTRACT	9
2.3 INTRODUÇÃO.....	10
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	11
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
2.6 CONCLUSÃO.....	24
2.7 REFERÊNCIAS	25
3 ÁCIDO SALICÍLICO EXÓGENO REDUZ ESTRESSE DA CENOURA PROVOCADO PELO METRIBUZIN	29
3.1 RESUMO	29
3.2 ABSTRACT	30
3.3 INTRODUÇÃO.....	31
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.6 CONCLUSÕES.....	37
3.7 REFERÊNCIAS	38
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cenoura é cultivada no Brasil durante todo o ano nas regiões de maiores altitudes – acima de 1000 m. Essa raiz tuberosa é a quinta hortaliça mais cultivada. Na safra de 2014 foi plantada uma área de 24,56 mil hectares com produção de 760,32 mil toneladas e produtividade média de 30,96 t ha⁻¹ (Santos et al., 2015).

A região do Alto Paranaíba-MG tem grande importância na produção nacional, pois é responsável por aproximadamente 50% da produção total com produtividade média de 80 a 100 t ha⁻¹ (Santos et al., 2015). Mas apesar do cultivo da cenoura nessa região ser altamente tecnificado, dificuldades relacionadas ao manejo de plantas daninhas existem, como por exemplo o reduzido número de herbicidas registrados para a cultura.

O manejo de plantas daninhas é uma prática indispensável na agricultura, sobretudo em culturas com alto custo, como a cenoura. O crescimento inicial lento e a baixa cobertura do solo desta espécie são características que favorecem o rápido estabelecimento das plantas daninhas no cultivo e aumentam os custos com o controle destas (Soares et al., 2010), principalmente no verão, em que há maior interferência de plantas daninhas de metabolismo C₄, as quais apresentam crescimento inicial rápido e são extremamente competitivas devido as temperaturas elevadas, alta produtividade e intensa radiação luminosa (Reis et al, 2015).

A capina manual é uma prática bastante usual na cultura da cenoura, principalmente quando o controle químico das plantas daninhas não foi efetivo ou não pôde ser efetuado no momento adequado. Porém, o custo de cada capina manual é alto, em torno de 300 a 500 dólares por hectare, dependendo da infestação de plantas daninhas (Reis et al., 2015).

Desta maneira, buscam-se práticas de controle com menor custo e maior eficiência, destacando-se o controle químico. O controle químico de plantas daninhas na cultura da cenoura tem sido realizado, predominantemente, com o herbicida linuron, devido a este ser o único produto registrado para controle de plantas dicotiledôneas (Agrofit, 2016). Assim, alguns produtores da região do Alto Paranaíba tem testado o metribuzin, apesar do mesmo não possuir registro para a cultura.

O metribuzin apresenta potencial de uso como alternativa para a cenoura (Yogarathnam et al., 1982; Kempen 1989; Jensen et al., 2004; Sasnauskas et al., 2012; Pacanoski et al., 2014). Todavia, a tolerância das cultivares de cenoura ao herbicida é variável, podendo em alguns casos causar injúrias às plantas (Jensen et al., 2004). Nos Estados Unidos, o produto é registrado para uso na cenoura na dose de 250 g ha⁻¹, quando esta encontra-se com cinco a seis folhas

(USDA, 2015) e em Portugal a recomendação é de 150 g ha⁻¹ no estágio de 3 folhas (Bayer, 2016). Esse herbicida pertence ao grupo químico das triazinonas e tem como mecanismo de ação a inibição do fotossistema II (PPDB, 2015). O herbicida tem sido utilizado nas culturas da batata (*Solanum tuberosum*) (Dittmar et al. 2015), tomate (*Solanum lycopersicum*) (Chaudhari et al., 2015) e soja (*Glycine max*) (Tuti et al., 2015) por ter amplo espectro de ação no controle de plantas daninhas quando aplicado em pré ou pós-emergência (Jensen et al., 2004).

Algumas substâncias têm sido utilizadas para aumentar a produtividade das culturas e reduzir os estresses causados por fatores bióticos e abióticos, como intoxicação por herbicidas (Grabowska et al., 2012; Bulgari et al., 2014; Calvo et al., 2014). Essas substâncias conhecidas como protetores ou “*safeners*” aumentam a tolerância das culturas a herbicidas considerados tóxicos, dessa forma, herbicidas específicos recomendados para o controle das plantas daninhas podem ser utilizados sem causar danos significativos (Galon et al., 2011).

Alguns herbicidas podem levar a produção de ânions superóxidos e hidróxidos, os quais causam danos às células das plantas como a peroxidação de lipídeos. Logo, a superprodução de espécies reativas de oxigênio, geradas pela aplicação desses herbicidas, afeta negativamente o metabolismo das plantas (Radwan, 2012). Neste sentido, diversos protetores tem a capacidade de promover respostas adaptativas na planta para que esta detoxifique ânions superóxido, que podem influenciar a capacidade antioxidante das células das plantas (Ananieva et al., 2004). Dentre essas substâncias estão a sacarose e o ácido salicílico, que estão relacionadas a estimulação da produção de enzimas peroxidases (Radwan, 2012).

O ácido salicílico é um hormônio vegetal de origem fenólica, que está relacionado a diversas funções regulatórias no metabolismo das plantas (Mazzuchelli et al., 2014), como regulação de estresse oxidativo em plantas submetidas a estresses abióticos e bióticos (Radwan, 2012). A aplicação exógena de ácido salicílico, em baixas concentrações, desempenha papel importante na indução de tolerância de plantas expostas a estresses abióticos (Hayat et al., 2008; Miura e Tada, 2014), bióticos (Wittek et al., 2015) e redução de estresses oxidativos gerados pela aplicação de herbicidas (Radwan, 2012).

A sacarose, em forma de açúcar cristal dissolvida em água, tem sido utilizada na agricultura para aliviar estresses (Salerno e Curatti, 2004; Sulmon et al., 2004, 2006) e aumentar produtividade (Livramento et al., 2005). O uso da sacarose pode reduzir os sintomas de intoxicação causados por herbicidas, uma vez que está envolvida nas respostas a diversos estresses (Salerno e Curatti, 2004), como, por exemplo, em reações metabólicas, que geram espécies reativas de oxigênio (Salerno e Curatti, 2004; Coue´e et al., 2006). No entanto, existem

poucas informações na literatura sobre o uso de sacarose, bem como o momento adequado da sua aplicação para prevenir a ocorrência de injúrias causadas por herbicidas em plantas.

Embora se disponha atualmente de grande volume de conhecimento e avanços tecnológicos a respeito do controle de plantas daninhas, ainda são incipientes os estudos sobre a utilização do metribuzin na cultura da cenoura no Brasil, bem como a intoxicação que pode ser causada pela molécula nessa olerícola. A obtenção de informações mais detalhadas sobre o uso desse herbicida, bem como a dose e época de aplicação são informações necessárias para realizar um manejo adequado das plantas daninhas. Ademais, a utilização dos protetores podem auxiliar na adoção de práticas que proporcionem um controle efetivo das plantas daninhas e maior produtividade da cultura em função da redução dos estresses causados pelos herbicidas. Neste sentido, objetivou-se avaliar a seletividade do metribuzin na cultura da cenoura e dos protetores (sacarose e ácido salicílico) como atenuadores da intoxicação provocada por esse herbicida na cenoura.

1.1 LITERATURA CITADA

AGROFIT, 2016.

Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>

Acessado em 24/01/2016.

ANANIEVA, E.A.; CHRISTOVA, K.N.; POPOVA, L.P. Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to Paraquat, **J. Plant Physiology**, v. 161, n. 3, p. 319–328, 2004.

BAYER[®] Disponível em: www.bayer.pt/produtos/crop-science/protecao-de-culturas/ - 50k.

Acessado em 24/01/2016.

BULGARI, R.; COCETTA, G.; TRIVELLINI, A.; VERNIERI, P.; FERRANTE, A. Biostimulants and crop responses: a review. **Biological Agriculture & Horticulture**, n. ahead-of-print, p. 1-17, 2014.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v. 383, n. 1-2, p. 3-41, 2014.

CHAUDHARI, S.; JENNINGS, K.M.; MONKS, D.W.; JORDAN, D.L.; GUNTER, C.C.; LOUWS, F.J. Response of Grafted Tomato (*Solanum lycopersicum*) to Herbicides. **Weed Technology**, v. 29, n. 4, p. 800-809, 2015.

COUE' E, I.; SULMON, C.; GOUESBET, G.; AMRANI, A. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 3, p. 449–459, 2006.

DITTMAR, P.J.; BATTS, R.B.; JENNINGS, K.M.; BELLINDER, R.R.; MEYERS, S.L. Reduced Metribuzin Preharvest Interval on Potato Yield and Tuber Quality. **Weed Technology**, v. 29, n. 2, p. 335-339, 2015.

GALON, L.; MACIEL, C.; AGOSTINETTO, D.; CONCENÇO, G.; MORAES, P. Seletividade de herbicidas às culturas pelo uso de protetores químicos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 291-304, 2011.

GRABOWSKA, A.; KUNICKI, E.; SEKARA, A.; KALISZ, A.; WOJCIECHOWSKA, R. The effect of cultivar and biostimulant treatment on the carrot yield and its quality. **Vegetable Crops Research Bulletin**, v. 77, n. 1, p. 37-48, 2012.

HAYAT, S.; HASAN, S.A.; FARIDUDDIN, Q.; AHMAD, A. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. **Journal of Plant Interactions**, v. 3, n. 4, p. 297-304, 2008.

JENSEN, K.I.N.; DOOHAN, D.J.; SPECHT, E.G. Response of processing carrot to metribuzin on mineral soils in Nova Scotia. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, n. 2, p. 669-676, 2004.

KEMPEN, H. M. Development of weed management programs for carrots. **Weed Science**, p. 57-67, 1989.

LIVRAMENTO, D. E. D.; ALVES, J. D.; PEREIRA, T. A.; MAGALHÃES, M. M.; PEREIRA, S. P.; ROMANIELLO, M. M. Pulverização de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) com melão em pó e seus efeitos na produtividade e teores de nutrientes foliares. **Anais...Brasília, D.F.: Embrapa Café**, 2005.

MAZZUCHELLI, E. H. L.; SOUZA, G. M.; PACHECO, A. C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 443-450, 2014.

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, n. 4, p. 1-12, 2014.

PACANOSKI, Z.; TÝR, Š.; VEREŠ, T. Effects of herbicides and their combinations in carrots production regions in the Republic of Macedonia. **Herbologia**, v. 14, n. 2, p. 47-60 2014.

PPDBPESTICIDE Properties Data Base University of Hertfordshire. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/469.htm>, Acessado em 03/03/2015.

RADWAN, D. E. M. Salicylic acid induced alleviation of oxidative stress caused by clethodim in maize (*Zea mays* L.) leaves. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 102, n. 2, p. 182-188, 2012.

REIS, M.R.; SILVA, D. V.; DIAS, R. C.; MENDES, K. F. **Manejo de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* em olerícolas.** In: Miriam Hiroko Inoue; Rubem Silvério de Oliveira Jr.; Kassio Ferreira Mendes; Jamil Constantin. (Org.). *Manejo de Amaranthus*. 1ed., 2015, v. , p. 173-182.

SALERNO, G.L.; CURATTI, L. Origin of sucrose metabolism in higher plants: when, how and why? **Plant Science**, v. 8, n. 1, p. 63–69, 2004.

SANTOS, C. E.; KIST, B. B., CARVALHO, C.; REETZ, E. R.; MÜLLER, I.; BELING, R. R.; POLL, H. **Anuário Brasileiro de Hortaliças 2015.** Cenoura – Tem que ralar. Edição Gazeta Santa Cruz, 2015, p. 68.

SASNAUSKAS, A.; KAVALIAUSKAITE, D.; KARKLELIENE, R.; BOBINAS, C. Weed control by herbicides and their combination in carrot crop. **Acta Horticulturae**, v. 936, p. 295-298, 2012.

SOARES, I.A.A.; FREITAS, F.C.L.; NEGREIROS, M.Z.; FREIRE, G.M.; AROUCHA, E.M.M.; GRANGEIRO, L.C.; DOMBROSKI, J.L.D. Interferência das plantas daninhas sobre a produtividade e qualidade de cenoura. **Planta daninha**, v. 28, n. 02, p. 247-254, 2010.

SULMON, C.; GOUESBET, G.; COUÉE, I.; EL AMRANI, A. Sugar-induced tolerance to atrazine in *Arabidopsis* seedlings: interacting effects of atrazine and soluble sugars on psbA mRNA and D1 protein levels. **Plant Science**, v. 167, n. 4, p. 913-923, 2004.

SULMON, C.; GOUESBET, G.; EL AMRANI, A.; COUÉE, I. Sugar-induced tolerance to the herbicide atrazine in *Arabidopsis* seedlings involves activation of oxidative and xenobiotic stress responses. **Plant Cell**, v. 25, n. 5, p. 489-498, 2006.

TUTI, M.D.; DAS, T.K.; SAIRAM, R.K.; ANNAPURNA, K.; SINGH, S.B. Effect of sequential application of metribuzin on selectivity and weed control in soybean. **International Journal of Pest Management**, v. 61, n. 1, p. 17-25, 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE USDA. Disponível em: http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Washington/Publications/Ag_Chemical_Use/veg06/carchem07.pdf. Acessado: 28/01/2016.

WITTEK, F.; KANAWATI, B.; WENIG, M.; HOFFMANN, T.; FRANZ-OBERDORF, K.; SCHWAB, W.; VLOT, A. C. Folic acid induces salicylic acid-dependent immunity in *Arabidopsis* and enhances susceptibility to *Alternaria brassicicola*. **Molecular Plant Pathology**, v. 16, n. 6, p. 616-622, 2015.

YOGARATNAM, V.; BALASUBRAMANIAN, E.M.; PERERA, W. G. S. Chemical weed control in carrots in the upland wet zone. **Agriculture Journal Sri Lanka**, p. 81-91, 1982.

2 SELETIVIDADE DO METRIBUZIN À CULTURA DA CENOURA E USO DA SACAROSE EXÓGENA NA REDUÇÃO DE ESTRESSE CAUSADO POR ESSE HERBICIDA

2.1 RESUMO

O manejo de plantas daninhas é essencial para não haver perdas de produtividade. O metribuzin tem grande potencial de uso na cultura da cenoura, apesar de relatos de intoxicação. Para diminuir a intoxicação a solução de sacarose pode ser uma alternativa. Com base nisso, um estudo de campo foi realizado durante 2014 e 2015 em Rio Paranaíba, Brasil, para avaliar a seletividade do herbicida metribuzin (0,144, 288, 432, 576, 720, 960 e 1200 g ha⁻¹) com a cultivar Nantes, bem como o uso da sacarose na redução da intoxicação do herbicida metribuzin na cultura da cenoura. As doses de metribuzin (0, 288 e 576 g ha⁻¹ i. a.) e a modalidade de aplicação da sacarose (antes, em mistura de tanque, após a aplicação do herbicida e ausência de aplicação), foram avaliadas para a cultivar Nayarit e Verano no primeiro e segundo experimento, respectivamente. No primeiro experimento a aplicação de metribuzin até a dose de 432 g ha⁻¹ não reduziu a produtividade total de raízes de cenoura. Entretanto, após essa dose foi observado decréscimo da produtividade em até 27% na dose de 1200 g ha⁻¹. No segundo experimento a aplicação isolada de 576 g ha⁻¹ do metribuzin reduziu a matéria seca da parte aérea da cenoura. O uso da sacarose minimizou os efeitos negativos do metribuzin sobre o crescimento da cenoura. A produtividade da cenoura não foi alterada com a aplicação da sacarose, tanto na presença como na ausência do herbicida. O uso do metribuzin, até a dose 576 g ha⁻¹ não alterou o crescimento e produtividade total e comercial da cenoura. Conclui-se que o metribuzin é seletivo para a cultura da cenoura até a dose de 432 g ha⁻¹. E a aplicação da solução de sacarose não proporciona incremento na produtividade de raízes de cenoura.

Termos para indexação: melão, momento de aplicação, fitointoxicação, *Daucus carota*.

2.2 ABSTRACT

The weed control is essential for no productivity losses. The metribuzin has great potential for use in carrot culture, although poisoning reports. The sucrose solution can decrease the toxicity. Based on this, a field study was conducted during 2014 and 2015 in Rio Paranaíba, Brazil, to assess the selectivity of the herbicide metribuzin (0.144, 288, 432, 576, 720, 960 and 1200 g ha⁻¹) with the cultivar Nantes, as well as the use of sucrose in reducing the toxicity of the herbicide metribuzin in carrot crop. to evaluate the use of sucrose in reducing intoxication of metribuzin herbicide in carrot culture. Doses metribuzin (0, 288 and 576 g ha⁻¹ a.i.) and sucrose mode of application (before, tank mixed, after application of the herbicide and no application), were evaluated for cultivating Nayarit and Verano at first and second experiment, respectively. The isolated application of 576 g ha⁻¹ a.i. of metribuzin reduced the dry matter from the leaves of carrot. The use of sucrose minimized metribuzin negative effects on the growth of carrot. The carrot productivity did not change with the implementation of sucrose. And the use of metribuzin up to a dose 576 g ha⁻¹ did not alter the growth and carrot productivity. It is concluded that the metribuzin is selective for the carrot culture to the dose of 432 g ha⁻¹. And sucrose does not provide an increase in productivity of carrot roots, but reduced the incidence of bifurcated roots when applied to 5 days before the herbicide and tank mixed.

Index terms: syrup, application time, phytotoxicity, *Daucus carota*.

2.3 INTRODUÇÃO

O controle químico de plantas daninhas na cultura da cenoura no Brasil tem sido realizado, predominantemente, com o linuron, em pré e pós-emergência, devido ao baixo número de produtos registrados para a cultura, especialmente, para controle de plantas dicotiledôneas. No entanto, o linuron tem sido ineficiente no controle de algumas espécies de plantas daninhas, o que tem provocado o uso de outros herbicidas por parte dos produtores. O preferido tem sido o metribuzin em aplicações em pós-emergência das plantas daninhas e da cenoura (Yogarathnam et al., 1982; Kempen 1989; Jensen et al., 2004; Pacanoski et al., 2014).

O metribuzin pertence ao grupo químico das triazinonas e tem como mecanismo de ação a inibição do fotossistema II (PPDB, 2015), sendo utilizado mundialmente nas culturas da batata (Dittmar et al., 2015), tomate (Chaudhari et al., 2015) e soja (Tuti et al., 2015) por ter amplo espectro de ação no controle de plantas daninhas. Nos Estados Unidos, o metribuzin é recomendado para aplicações na dose de 250 g ha⁻¹ no estágio de cinco a seis folhas da cenoura (USDA, 2016). Porém, esse herbicida pode causar intoxicação na cenoura dependendo, principalmente, da cultivar, estágio fenológico (Jensen et al., 2006; Golian et al., 2014) e condições climáticas (Phatak e Stephenson 1973; Buman et al. 1992; Al-Khatib et al. 1997; Sasnauskas et al., 2012).

Algumas substâncias têm sido utilizadas para aumentar a produtividade e reduzir os estresses causados por fatores bióticos e abióticos nas culturas. Dentre essas substâncias estão os aminoácidos, fertilizantes foliares contendo bioestimulantes, hormônios e sacarose (Grabowska et al., 2012; Bulgari et al., 2014; Calvo et al., 2014). A sacarose em forma de açúcar cristal dissolvida em água tem sido utilizada para aliviar estresses causados por herbicidas em *Arabidopsis thaliana* (Sulmon et al., 2004, 2006) e aumentar a produtividade dos cafeeiros (Livramento et al., 2005).

A sacarose exógena pode reduzir os sintomas de intoxicação causados por herbicidas, por essa substância estar envolvida nas respostas a diversos estresses como, por exemplo, em reações metabólicas que geram espécies reativas de oxigênio (Salerno e Curatti, 2004; Coue et al., 2006; Cao et al., 2015). A desintoxicação de herbicidas pela sacarose endógena normalmente ocorre na via na via UDPG-glicosyltransferase através da conjugação da glicose ao herbicida (Hatzios, 2000). No entanto, poucos são os trabalhos na literatura sobre o uso de sacarose exógena (Livramento et al., 2005; Sulmon et al., 2004, 2006; Cao et al., 2015), bem como o momento adequado da sua aplicação para prevenir a ocorrência de injúrias causadas por herbicidas em plantas. Em testes in vitro, a sacarose exógena (80 mM) aumentou 50% o

nível de tolerância das plantas de *Arabidopsis thaliana* ao herbicida atrazine (Sulmon et al., 2004, 2006).

No Brasil, produtores de cenoura tem relatado redução na qualidade e produtividade com o uso do metribuzin, mesmo não causando injúrias visuais da parte aérea. Assim, esse estudo foi realizado para avaliar a seletividade de metribuzin e o potencial da sacarose para reduzir a intoxicação.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

No período de 2014 a 2015, quatro experimentos foram conduzidos na Estação Experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), no município de Rio Paranaíba-MG, em Latossolo Vermelho distroférrico, de textura argilosa com pH (água) de 6,0; teor de matéria orgânica de 2,4 dag kg⁻¹; P de 13,90 mg dm⁻³, Ca, Mg, Al, H+Al e CTC_{efetiva} de 3,6; 1,0; 0,0; 3,5; e 8,4 cmol_cdm⁻³ respectivamente. As adubações de semeadura constaram-se de 80, 600 e 200 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Aos 25 e 55 dias após a emergência, a área foi adubada com 380, 80 e 467 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Os dados climáticos coletados na área experimental durante a realização da pesquisa de janeiro de 2014 a março de 2015 (Figura 1) e maio a outubro de 2015 (Figura 2).

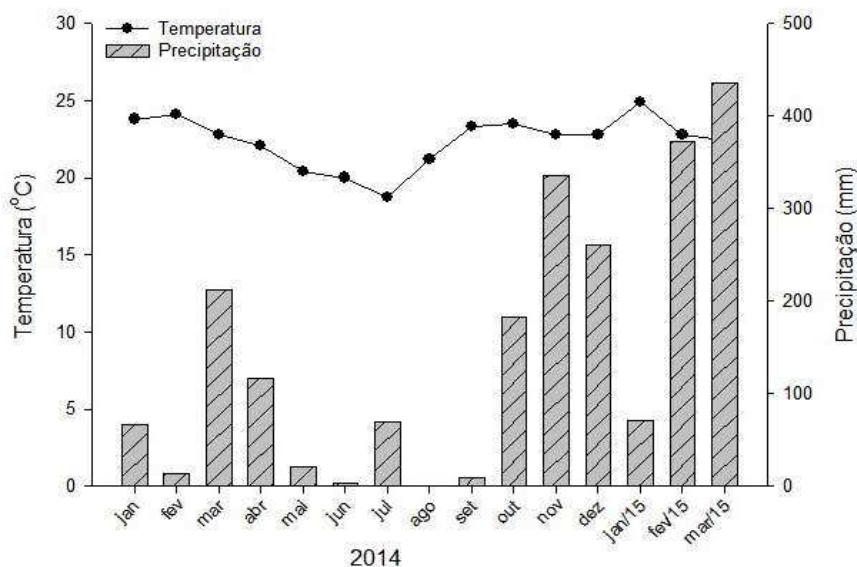


Figura 1. Médias de temperatura e precipitação total mensais durante a condução dos experimentos com as cultivares Nayarit e Verano. Rio Paranaíba, MG (2014-2015).

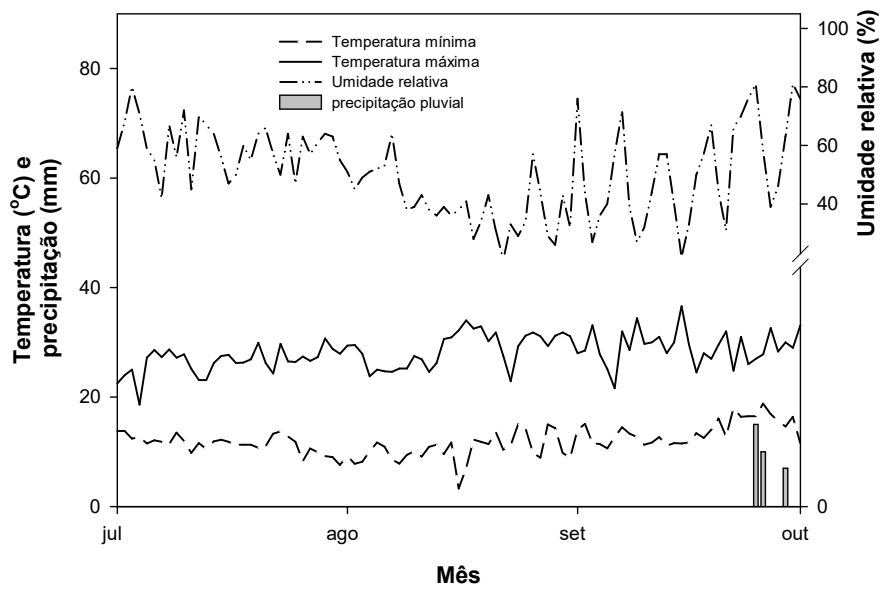
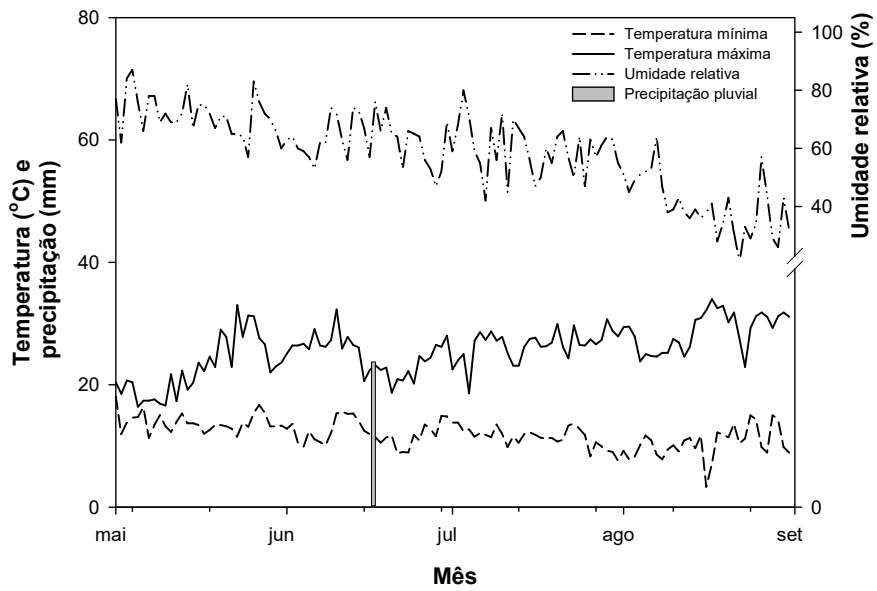


Figura 2. Precipitação pluvial e temperaturas médias diárias durante o período de condução dos experimentos com a cultivar Nantes. Rio Paranaíba-MG, 2015.

Material de estudo e tratamentos

As cultivares Nantes, Nayarit e Verano foram semeadas, restando uma população final de 550.000 ha⁻¹ após raleio aos 20 dias após emergência. As parcelas experimentais constituíram-se de quatro linhas duplas de cenoura com cinco metros, totalizando 20 m².

Os tratamentos foram aplicados quando as plantas de cenoura estavam no estágio de três folhas completamente expandidas. A aplicação foi realizada com um pulverizador costal pressurizado com CO₂ a 28 lbf pol⁻², equipado com pontas tipo “leque” 110.02 e volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

Para o manejo de pragas e doenças adotou-se as recomendações da Estação Experimental da COOPADAP. Com irrigação de aspersão por via de pivô central. Em toda área experimental foi aplicado 675 g ha⁻¹ de linuron em pré-emergência e quando necessário foram realizadas capinas manuais afim de manter a área livre de plantas daninhas. Dessa forma, os efeitos encontrados nesse trabalho foram provenientes somente dos efeitos dos tratamentos.

Experimento 1

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com oito tratamentos (0, 144, 288, 432, 576, 720, 960 e 1200 g ha⁻¹ de metribuzin) e quatro repetições com a cultivar de Nantes.

Experimento 2

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 3 x 4, com o primeiro fator correspondente às doses do herbicida metribuzin (0, 288 e 576 g ha⁻¹) e o segundo às modalidades de aplicação da solução de sacarose (açúcar cristal a 1% m/v), em relação ao herbicida (5 dias antes, em mistura de tanque, 5 dias após a aplicação do herbicida e sem aplicação de sacarose). Foram utilizadas as cultivares Nayarit de inverno e Verano de verão.

Avaliações

Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos foram realizadas avaliações de intoxicação visual, a partir de escala de notas de 0 (ausência de intoxicação) a 100 (morte da planta) de acordo com escala da EWRC (1964) modificada. Para o experimento dois, aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos foram coletadas 10 plantas aleatórias em cada parcela experimental para determinação da massa da matéria seca da parte aérea em estufa de circulação forçada de ar a 72°C, até atingirem massa constante.

A produtividade foi avaliada para os dois experimentos aos 120 dias após a semeadura, coletaram-se as raízes de cenoura contidas na área útil (10 m² centrais), para obtenção de produtividade de raízes de cenoura comercial (22 a 14 cm de comprimento) e não comercial (<10 cm e/ou com presença de defeitos) (Ceagesp, 2016) e total que refere-se à soma dos anteriores.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de Cochran e Bartlett de Shapiro-Wilk para testar a homocedasticidade e a normalidade. Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$). No experimento um foi adotada a estatística descritiva e para o experimento dois os resultados mostraram interação entre doses de metribuzin e épocas de aplicação da sacarose; portanto as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

A aplicação de metribuzin até a dose de 432 g ha⁻¹ não reduziu a produtividade total de raízes de cenoura. Entretanto, após essa dose, foi observado um decréscimo da produtividade total, principalmente na dose de 1200 g ha⁻¹ com redução de até 27% para o cultivo de inverno (Figura 3).

A tolerância diferencial da cultura ao metribuzin pode ocorrer de duas formas, pela conjugação da molécula herbicida com a UDP-glicose através da enzima glicosil transferase ou com a GHS pela enzima glutatinoxil S-transferase (Anzalone, 2010). Que são substratos para a conversão em conjugados peptídicos não fitotóxicos (Owen, 1991). A tolerância diferencial ao metribuzin entre cultivares ocorre, como por exemplo a cultivar Caro-Choice é mais tolerante ao passo que, a cultivar Dominator é mais sensível (Jensen et al., 2004). Entretanto, essas diferenças podem desaparecer com o crescimento vegetativo (Stephenson et al. 1976). A tolerância também aumenta com o incremento do número de folhas da cultura (Bellinder et al., 1997). Fato observado nas bulas de recomendação de metribuzin para a cultura da cenoura em outros países, os quais preconizam o aumento da dose com o aumento do número de folhas. As doses recomendadas de metribuzin são de 150 g ha⁻¹, quando a cenoura apresentar de duas a três folhas, em Portugal (Bayer, 2016) e 280 g ha⁻¹ com cinco a seis folhas nos Estados Unidos (USDA, 2016).

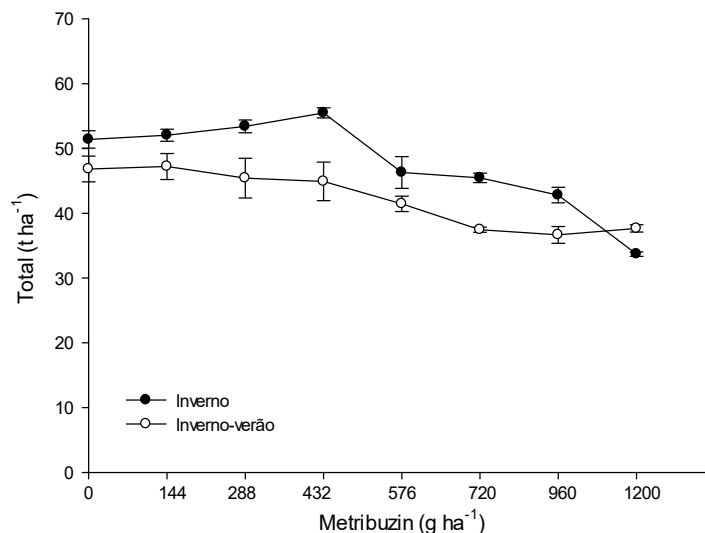


Figura 3. – Produtividade total de raízes de cenoura, em função aplicação de doses de metribuzin (0, 144, 288, 432, 576, 720, 960 e 1200 g ha⁻¹), em dois cultivos em Rio Paranaíba-MG, 2015.

Temperaturas mais amenas aumentam a tolerância da cultura da cenoura ao metribuzin, suportando doses superiores que as recomendadas (Jensen et al., 2004). Como observado neste experimento, que foi conduzido no inverno e transição inverno-verão, com temperaturas mais amenas, a cultura tolerou doses de até 432 g ha⁻¹ sem redução de produtividade.

A porcentagem de raízes comercializáveis em relação à produtividade total foi semelhante.

Apesar da produtividade total ter diminuído com doses acima de 432 g ha⁻¹, o mesmo não foi observado na relação comerciais/total. De acordo com Jensen et al. (2004), apesar das injúrias causadas pela aplicação de doses elevadas de metribuzin, como 560 g ha⁻¹, que causam intoxicação nas plantas, a produtividade foi a mesma. Uma das hipóteses para esse resultado é a possibilidade do metribuzin promover menor crescimento da parte aérea com maior alocação de fotoassimilados para as raízes, aumentando o comprimento das cenouras. Em casos de estresses bióticos ou abióticos, os açúcares produzidos na fotossíntese podem atuar como mensageiros secundários, assegurando que a planta continue a se desenvolver, com alocação de recursos da fonte para o dreno (HAMMOND e WHITE, 2008), independente das doses do metribuzin (Figura 4).

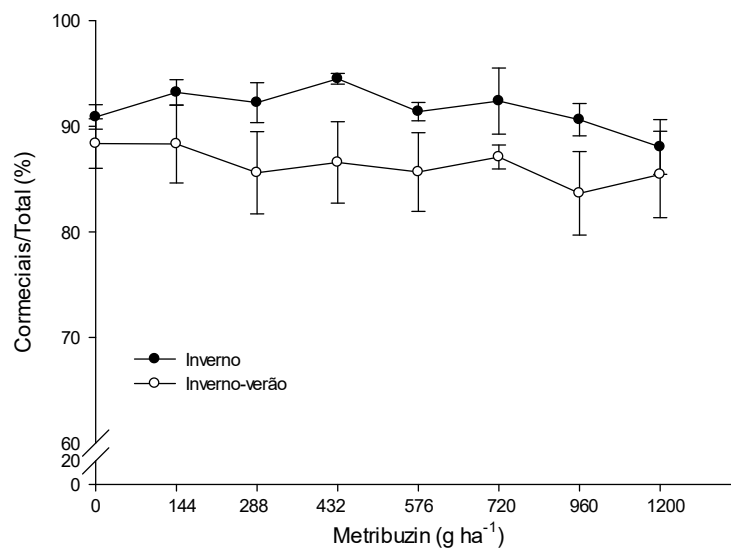


Figura 4. – Porcentagem de cenouras comercializáveis em relação a produtividade total, em função da aplicação de doses de metribuzin (0, 144, 288, 432, 576, 720, 960 e 1200 g ha⁻¹), em dois cultivos em Rio Paranaíba-MG, 2015.

A porcentagem de cenouras não comerciais em relação à produtividade total, foi semelhante, independente da dose de metribuzin (Figura 5).

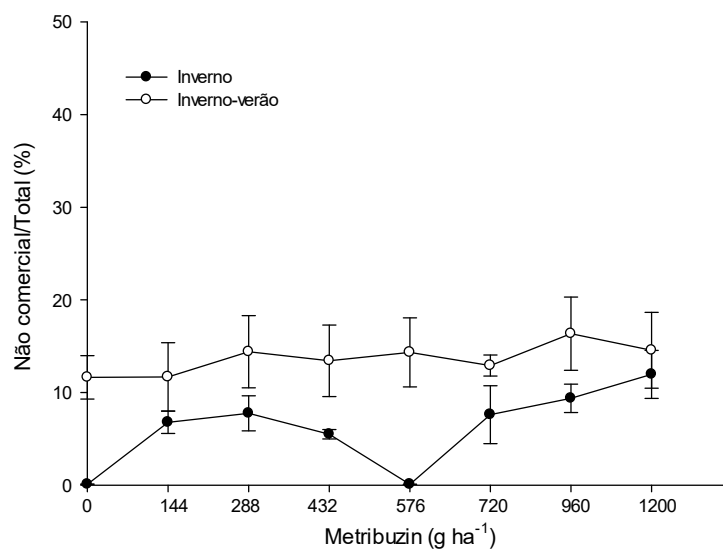


Figura 5. – Porcentagem de cenouras não comercializáveis em relação a produtividade total, em função aplicação de doses de metribuzin (0, 144, 288, 432, 576, 720, 960 e 1200 g ha⁻¹), em dois cultivos em Rio Paranaíba-MG, 2015.

A porcentagem de raízes não comercializáveis não variou entre os tratamentos. Entretanto, houve maior porcentagem de cenouras não comerciais no experimento conduzido na transição inverno-verão. A toxicidade causada pelo metribuzin pode ser variável com a temperatura (Phatak e Stephenson 1973; Al-Khatib et al., 1997; Jensen et al., 2004), ou seja, com o acúmulo da temperatura, há também aumento da absorção do metribuzin, aumentando a intoxicação das plantas (Buman et al. 1992).

Experimento 2

Fitotoxicidade

O uso do metribuzin, até a dose de 576 g ha⁻¹, não causou fitotoxicidade a cenoura, independente do uso da sacarose e do ano cultivo. Estudos tem demonstrado que a tolerância ao metribuzin pode variar com os genótipos cultivados e com as condições edafoclimáticas (Bellinger et al. 1997; Jensen et al 2004). Possivelmente, as duas cultivares utilizados neste estudo (Nayarit e Verano) tem tolerância às doses testadas do herbicida.

Matéria seca da parte aérea

A aplicação de 576 g ha⁻¹ de metribuzin reduziu a MSPA da cenoura, aos 30 dias após a aplicação, nos dois anos de cultivo (Figura 2a e 2b). A dose 288 g ha⁻¹ não alterou a MSPA da cenoura. Esses resultados indicam que, apesar de não terem sido verificados sintomas de intoxicação pelo metribuzin, a cenoura foi sensível à maior dose testada. O metribuzin foi aplicado no estágio de três folhas completamente expandidas, o que contribuiu para a tolerância a dose de 288 g ha⁻¹, visto que diversos estudos têm demonstrado maior tolerância ao metribuzin com o aumento do estágio da cultura (Kempen 1989; Bellinder et al., 1997; Jensen et al., 2004). A aplicação tardia do metribuzin foi possível por causa do uso do linuran em pré-emergência, que permitiu controle adequado das plantas daninhas até o estágio de três folhas.

A MSPA da cenoura não foi alterada pelo metribuzin quando ocorreu aplicação da sacarose, independente da época de aplicação (Figura 2a e 2b). A redução dos efeitos negativos do metribuzin, provocado pela aplicação da sacarose, pode ser devido a alterações importantes da expressão de genes relacionados a mecanismos de defesa dos danos causados por espécies reativas de oxigênio e mecanismos de reparação (Ramel et al., 2007), já que o metribuzin apresenta mecanismo de ação de inibição do FSII. Tratamento exógeno com sacarose foi responsável por conferir elevado nível de tolerância de plântulas de Arabidopsis ao herbicida

atrazine (Sumon et al., 2004, 2006). Plantas tratadas com açúcar foram capazes de manter atividade normal do FSII na presença do atrazine (Sumon et al., 2006).

Redução na MSPA da cultivar Nayarit ocorreu quando houve a associação em tanque da sacarose com o metribuzin na dose de 288 g ha⁻¹. Esse resultado pode ser devido a interação entre as duas substâncias, com consequências no aumento da absorção do herbicida (Gazziero, 2015).

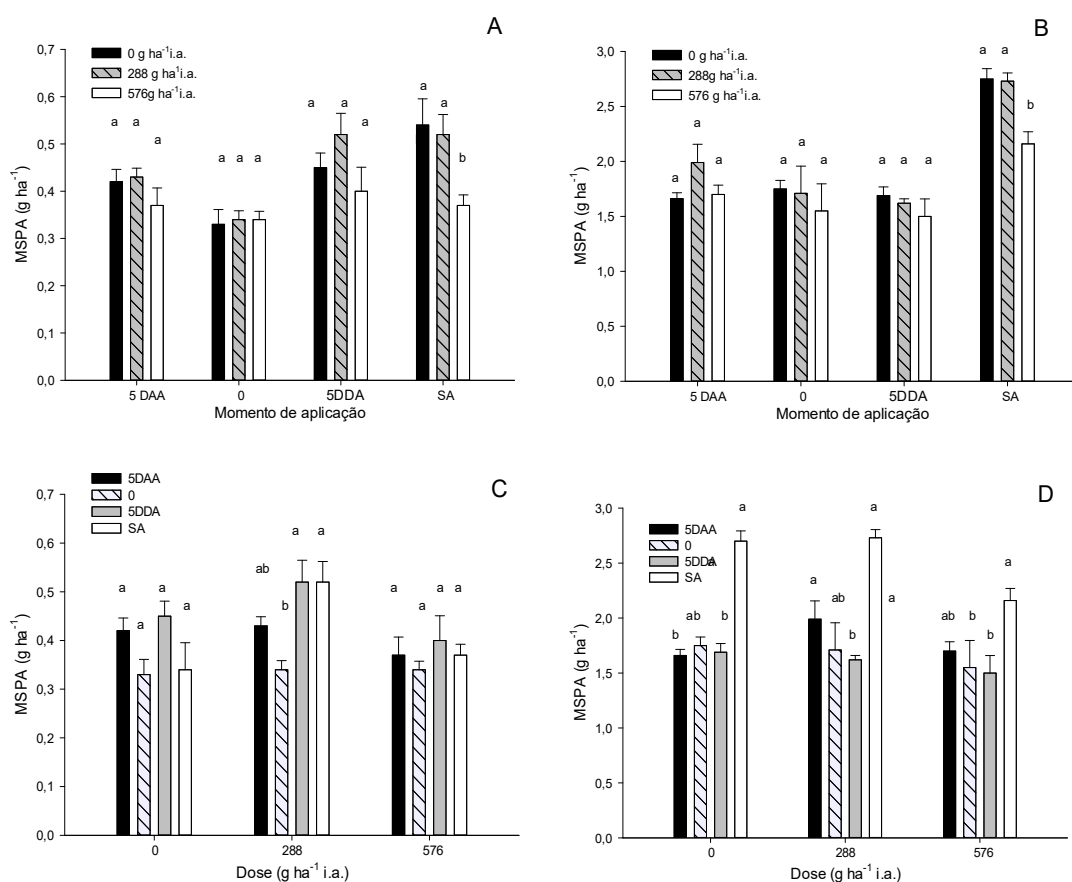


Figura 2. Matéria seca da parte aérea da cenoura (MSPA) (g ha⁻¹), cultivar Nayarit (A e C) e Verano (B e D), aos 30 dias após aplicação de diferentes doses do metribuzin (0, 288 ou 576 g ha⁻¹) e modalidades de aplicação da sacarose: 5 DAA (cinco dias antes da aplicação do herbicida), 0 (mistura de tanque com o herbicida), 5 DDA (cinco dias depois da aplicação do herbicida) e sem aplicação da sacarose (SA). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. Rio Paranaíba-MG, 2015.

No segundo ano de cultivo, a aplicação de sacarose associada ao uso do metribuzin reduziu a matéria seca da parte aérea da cultivar Verano (Figura 2d). No verão com maiores temperaturas do ar e alta luminosidade tende a ocorrer maior acúmulo de MSPA, em função da

maior atividade fotossintética das plantas e síntese de sacarose, conseqüentemente, as plantas se recuperam mais rapidamente de estresses causados pelo metribuizín que é inativado por conjugação com sacarose (Hatzios, 2000).

A molécula de sacarose está relacionada ao mecanismo de detoxificação de herbicidas pela via UDPG-glicosyltransferase através da conjugação da glicose ao herbicida (Hatzios, 2000), além disso a sacarose também está envolvida na eliminação das espécies reativas de oxigênio através da via oxidativa pentose-fosfato (Couée et al. 2006). Esses mecanismos são fundamentais para a redução dos problemas causados pelo herbicida metribuizín no crescimento da cenoura.

Produtividade de raízes

No primeiro experimento, a aplicação isolada da dose de 288 g ha⁻¹ do metribuizín aumentou a porcentagem de raízes descartadas, quando comparada à testemunha sem uso de herbicida (Figura 3a). O uso da sacarose 5 DAA reduziu a quantidade de cenouras descartáveis em associação com a dose de 288 g ha⁻¹ do metribuizín e quando o açúcar foi aplicado aos 5 DDA ocorreu redução nas duas doses do herbicida (Figura 3a). No segundo experimento, o uso da sacarose aos 5AA não alterou a porcentagem de cenouras descartáveis, porém aumentou a quantidade quando foi associada com herbicida no tanque no momento da aplicação e na dose de 576 g ha⁻¹ i.a. aos 5 DDA (Figura 3b).

Nos dois experimentos, a menor porcentagem de cenoura descartável ocorreu na ausência da aplicação da sacarose, independentemente da dose do herbicida (Figura 3c e 3d). A mistura em tanque de 288 g ha⁻¹ do metribuizín com a sacarose aumentou a quantidade de cenouras descartáveis (Figura 3c e 3d).

Produtores de cenoura da região do Rio Paranaíba suspeitavam que o uso de metribuizín aumentava a quantidade de cenouras descartáveis, porém os resultados do presente trabalho não foram consistentes para comprovar essa teoria. Todavia, a porcentagem de cenouras descartáveis foi maior no segundo experimento, o que pode estar relacionado a influência da temperatura, cultivos de verão vegetam mais e investem menos em raiz, além disso, no verão há um aumento da incidência de doenças e pragas (De Brito et al., 2015).

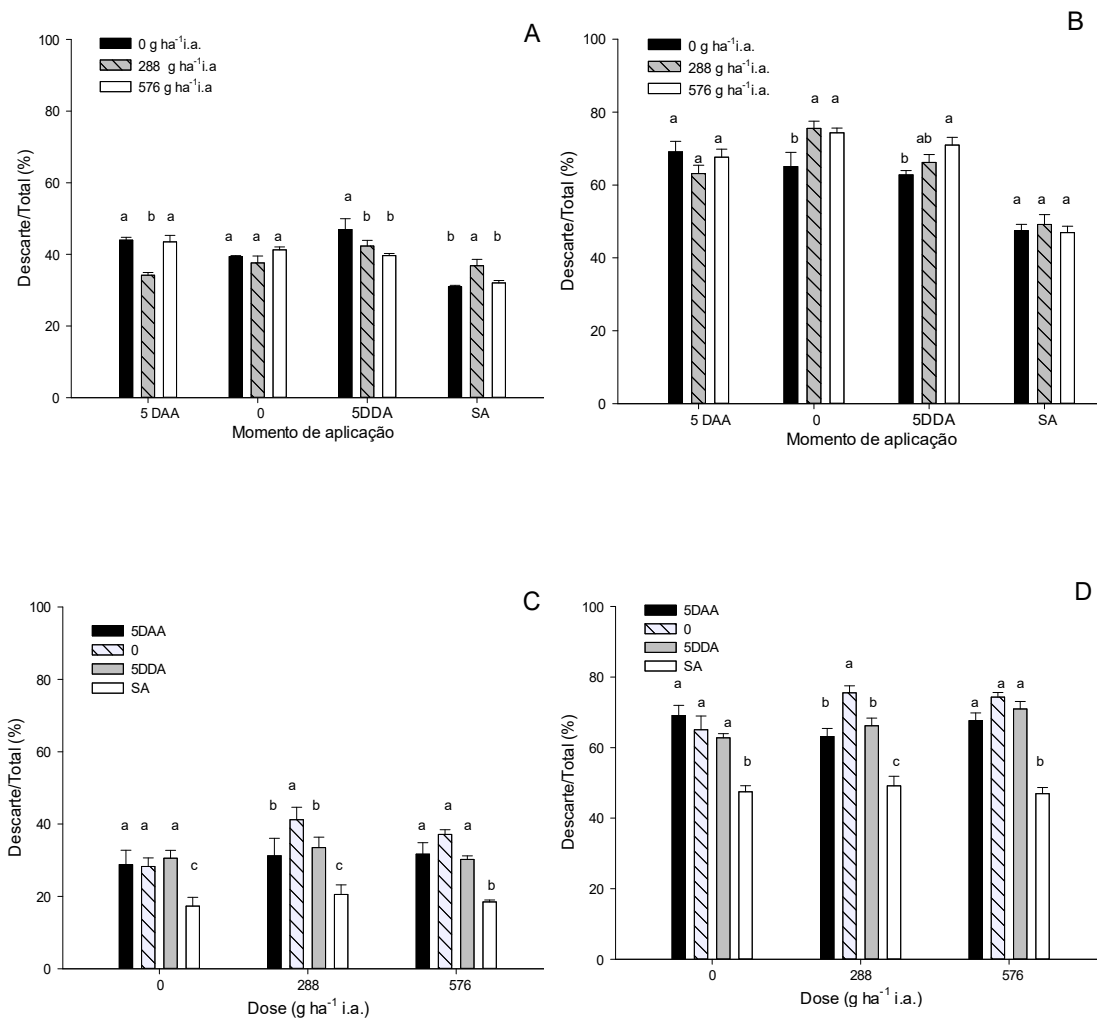


Figura 3. Porcentagem de raízes de cenoura descartáveis em relação ao total da cultivar Nayarit (A e C) e Verano (B e D), após aplicação de diferentes doses do metribuzin (0, 288 ou 576 g ha⁻¹) e modalidades de aplicação da sacarose: 5 DAA (cinco dias antes da aplicação do herbicida), 0 (mistura de tanque com o herbicida), 5 DDA (cinco dias depois da aplicação do herbicida) e sem aplicação da sacarose (SA). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. Rio Paranaíba-MG, 2015.

A porcentagem de cenouras com padrão comercial foi reduzida pela aplicação isolada de 288 g ha⁻¹ do metribuzin, no primeiro experimento (Figura 4a). Todavia, ocorreu aumento de cenouras comerciais quando houve aplicação da sacarose 5 DAA e 5 DDA com a mesma dosagem do herbicida, quando comparada a ausência de metribuzin. Esses resultados

confirmam os efeitos positivos da sacarose para redução dos possíveis efeitos negativos do metribuzin sobre a cenoura.

Um aspecto importante dos resultados encontrados nos dois experimentos foi que, apesar de causar redução na MSPA da cenoura, a dosagem de 576 g ha⁻¹ i.a. não alterou a padrão comercial de raízes quando comparada à testemunha sem aplicação.

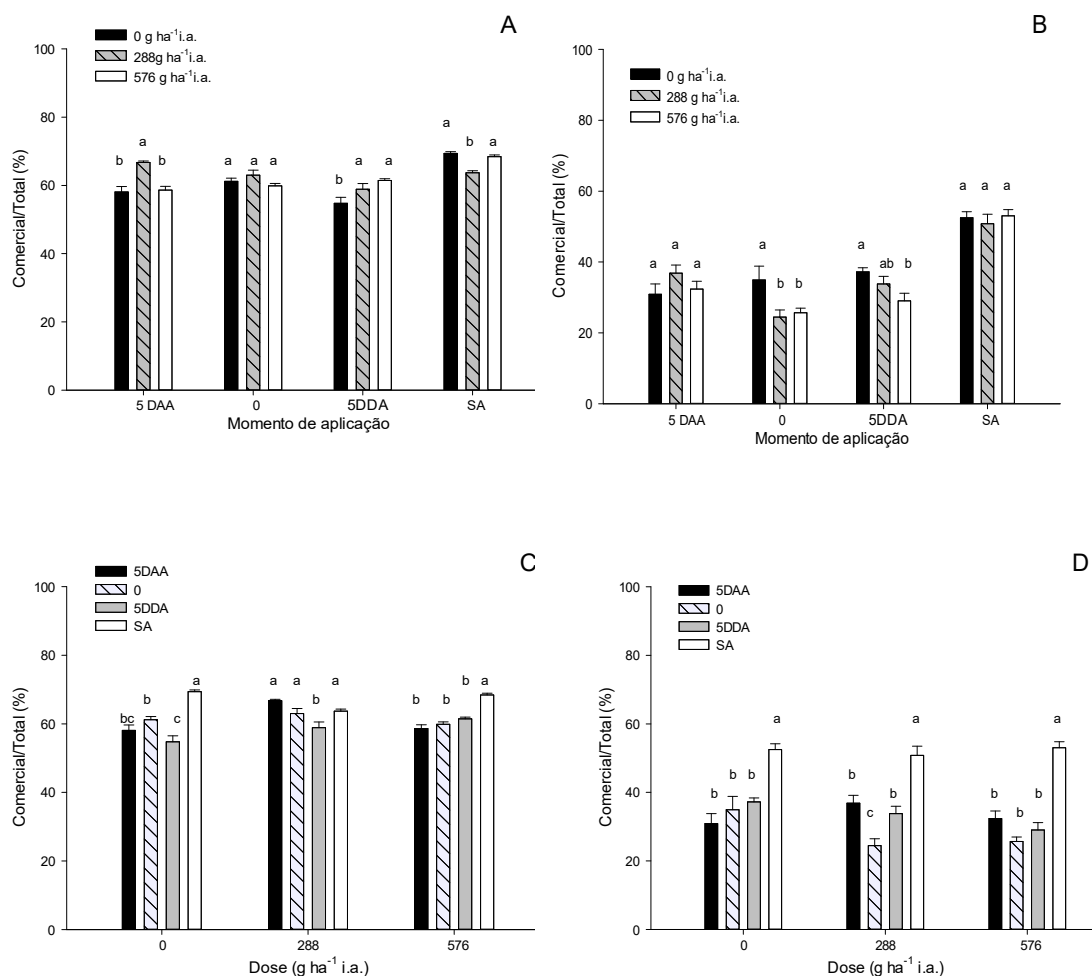


Figura 4. Porcentagem de raízes comerciais de cenoura em relação ao total da cultivar Nayarit (A e C) e Verano (B e D) aos 30 dias após aplicação de diferentes doses do metribuzin (0, 288 ou 576 g ha⁻¹) e modalidades de aplicação da sacarose: 5 DAA (cinco dias antes da aplicação do herbicida), 0 (mistura de tanque com o herbicida), 5 DDA (cinco dias depois da aplicação do herbicida) e sem aplicação da sacarose (SA). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. Rio Paranaíba-MG, 2015.

De maneira geral, o uso da sacarose isoladamente reduziu a porcentagem de cenouras comerciais nos dois anos de cultivo (Figura 4c e 4d). O uso da sacarose 5 DDA associada a aplicação de 288 g ha⁻¹ i.a. reduziu a porcentagem de cenouras comerciais em relação as demais épocas de aplicação, no primeiro ano de cultivo (Figura 4c). Os dois experimentos, o uso isolado do herbicida causou maior produção de cenouras comerciais.

O uso isolado de metribuzin aumentou a produtividade total de cenoura, quando comparado a ausência do herbicida, nos dois experimentos (Figura 5a e 5b). Segundo Lay e Ilnick (1974) os herbicidas triazínicos proporcionam um maior crescimento da planta, aumentando a exploração do solo pelo seu sistema radicular, o metribuzin é uma triazinona e apresenta mesmo mecanismo de ação que os herbicidas triazínicos, sendo essa uma possível explicação para o aumento de produtividade da cultura da cenoura com a aplicação do metribuzin.

A dose de 576 g ha⁻¹ de metribuzin utilizada no experimento pode ser considerada alta, quando comparada com as doses utilizadas na Califórnia e Florida: 280 g ha⁻¹ (Dusky, 1984; Kempen, 1989). Isso evidencia que a cultura suporta doses maiores que as recomendadas nos EUA sem ocorrência de danos. De acordo com Yogaratnam et al. (1982), a cenoura seria menos tolerante ao metribuzin, em pós-emergência, sob condições tropicais. Todavia, na presente pesquisa, mesmo na maior dose do herbicida em pós-emergência da cultura, a produtividade total e a produtividade de cenouras comerciais foram altas. Jensen et al. (2004) verificaram que a aplicação do metribuzin em pré-emergência não afetou a produtividade da cenoura, mesmo em doses elevadas como a de 560 g ha⁻¹. Contudo, não existem relatos sobre o aumento de produtividade e produção total com a aplicação de metribuzin em pós-emergência da cultura.

Os momentos de aplicação foram definidos com base na hipótese de que a aplicação da solução de sacarose poderia ser melhor antes ou depois, e não em mistura com o herbicida. Quando a solução de sacarose é aplicada junto com o herbicida pode haver interação dos efeitos dos componentes utilizados, causando incompatibilidade físico-química, alteração na absorção, translocação ou biotransformação da molécula herbicida (Zhang et al., 1995). De acordo com os resultados do primeiro cultivo, não houve diferença em relação ao momento de aplicação da sacarose (5DAA, 0 e 5DDA), sendo que, o uso da sacarose não proporcionou aumento de produtividade, independente do momento de aplicação.

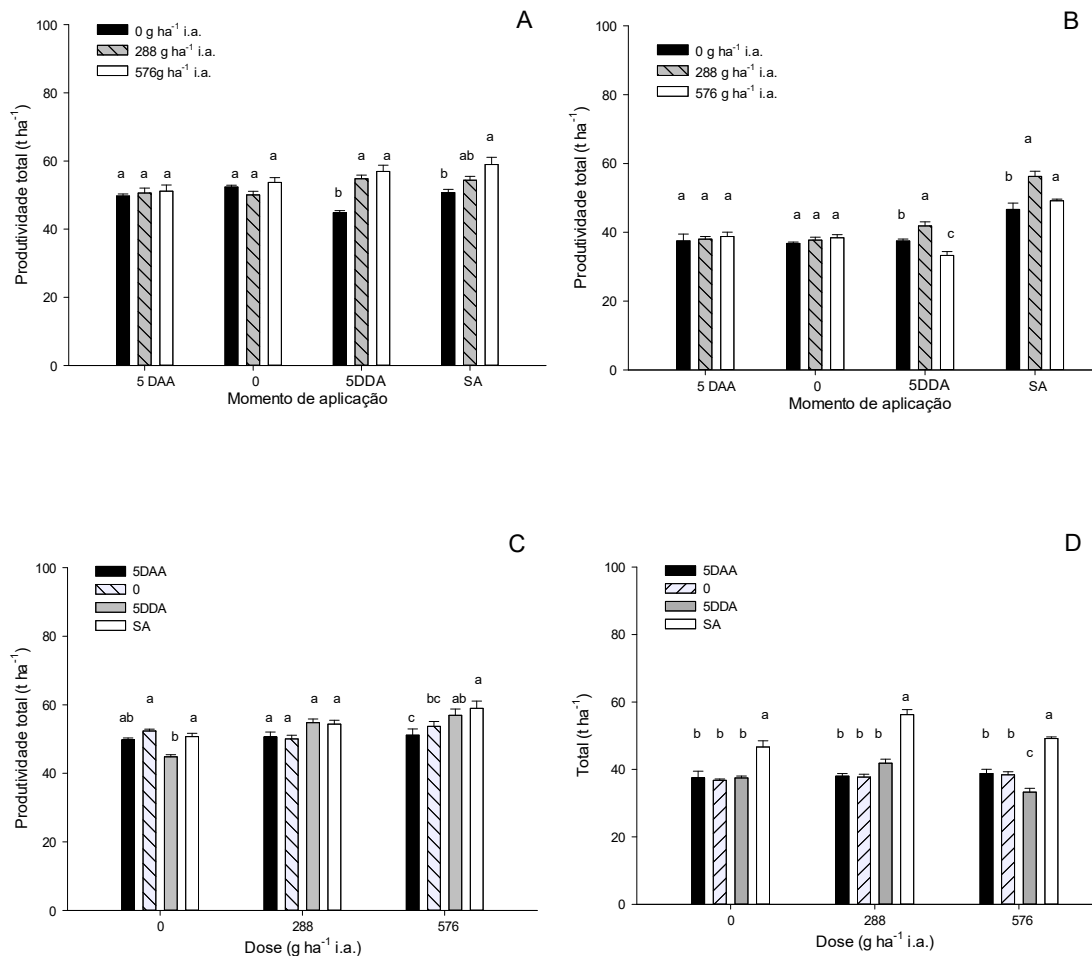


Figura 5. Produtividade total de raízes de cenoura ($t\ ha^{-1}$), da cultivar Nayarit (A e C) e Verano (B e D), aos 30 dias após aplicação de diferentes doses do metribuzin (0, 288 ou $576\ g\ ha^{-1}$) e modalidades de aplicação da sacarose: 5 DAA (cinco dias antes da aplicação do herbicida), 0 (mistura de tanque com o herbicida), 5 DDA (cinco dias depois da aplicação do herbicida) e sem aplicação da sacarose (SA). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. Rio Paranaíba-MG, 2015.

No segundo cultivo, o uso da sacarose reduziu a produtividade total da cenoura, independente do momento da aplicação e da associação com o metribuzin (Figura 5d). Esses resultados demonstram variação da resposta entre as duas cultivares à aplicação da sacarose.

A cenoura Verano, mesmo sendo uma cultivar adaptada para o verão, teve menor produtividade total, mesmo com a aplicação da sacarose, isso se deve primeiramente, as condições climáticas de cultivo da cenoura, como temperaturas mais amenas ($15\ a\ 21\ ^\circ C$). A

cenoura cultivada no outono-inverno, apresenta maior produtividade quando comparada à cenoura de verão (Luz et al., 2009).

Além disso, a cenoura de verão está sujeita a maiores danos causados pelo metribuzin, pois as injúrias ocasionadas por esse herbicida aumentam em altas temperaturas e em regimes de chuvas intensas devido à lixiviação do herbicida (Jensen et al., 2004). E a resposta da cenoura à aplicação de metribuzin também difere entre as cultivares (Kempen 1989).

2.6 CONCLUSÃO

O metribuzin foi seletivo na cultura da cenoura até 432 g ha⁻¹. A sacarose não proporciona incremento na produtividade de raízes de cenoura independente da dose de metribuzin.

2.7 REFERÊNCIAS

- AL-KHATIB, K.; LIBBEY, C.; KADIR, S.; BOYDSON, R. 1997. Differential varietal response of green pea (*Pisum sativum*) to metribuzin. **Weed Technology**. V. 11, n. 4, p. 775–781.
- ANZALONE, A. Detoxificação de herbicidas em plantas. In: Congresso de la Sociedad Venezolana para el Combate de Malezas, 13, 2010, Barquisimeto. p. 13-24.
- BAYER**® Disponível em: www.bayer.pt/produtos/crop-science/protecao-de-culturas/ - 50k. Acessado em 24/01/2016.
- BELLINDER, R.R.; KIRKWYLAND, J. J.; WALLACE, R.W. Carrot (*Daucus carota*) and weed response to linuron and metribuzin applied at different crop stages. **Weed technology**, v. 11, n. 2, p. 235-240, 1997.
- BULGARI, R.; COCETTA, G.; TRIVELLINI, A.; VERNIERI, P.; FERRANTE, A. Biostimulants and crop responses: a review. **Biological Agriculture & Horticulture**, n. ahead-of-print, p. 1-17, 2014.
- BUMAN, R.A.; GEALY, D.R.; OGG JR, A.G. Effect of temperature on root absorption of metribuzin and its ethylthio analog by winter wheat (*Triticum aestivum*), jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*), and downy brome (*Bromus tectorum*). **Weed Science**, v. 40, n. 4, p. 517-521, 1992.
- CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v. 383, n. 1-2, p. 3-41, 2014.
- CAO, R.; NONAKA, A.; KOMURA, F.; MATSUI, T. Application of diffusion ordered-1 H-nuclear magnetic resonance spectroscopy to quantify sucrose in beverages. **Food chemistry**, v. 171, n. 1, p. 8-12, 2015.
- CEAGESP - COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO.** Classificação de Cenoura. Disponível em:http://www.ceagesp.gov.br/produtor/classific/fc_cenoura, março de 2015.
- CHAUDHARI, S.; JENNINGS, K.M.; MONKS, D.W.; JORDAN, D.L.; GUNTER, C.C.; LOUWS, F.J. Response of Grafted Tomato (*Solanum lycopersicum*) to Herbicides. **Weed Technology** v. 29, n. 4, p. 800-809, 2015.
- COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ABASTECIMENTO DE SÃO PAULO - CEAGESP.** Disponível em: <http://hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/biblioteca/padraominimo/cenoura.pdf>. Acessado em 05/02/2016.
- COUE' E, I.; SULMON, C.; GOUESBET, G.; AMRANI, A. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 3, p. 449–459, 2006.

DAVIS, G. A **Survey and Characterization of Linuron-Resistant Amaranthus spp. in Southern Ontario Carrot Production. 2014.** 98p. Dissertação (Mestrado). The University of Guelph, Southern Ontario.

DE BRITO, C. H.; POZZA, E. A.; JULIATTI, F. C.; LUZ, J. M. Q.; PAES, J. M. V. Resistência de cultivares de cenoura (*daucus carota* L.) À queima das folhas durante o verão. **Ceres**, v. 44, n. 253, p. 371-379, 2015.

DITTMAR, P.J.; BATTS, R.B.; JENNINGS, K.M.; BELLINDER, R.R.; MEYERS, S.L. Reduced Metribuzin Preharvest Interval on Potato Yield and Tuber Quality. **Weed Technology**, v. 29, n. 2, p. 335-339, 2015.

DUSKY, J. A. Weed control in root crops grown on organic soils. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** v. 97, n. 1, p. 168–171, 1984.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL - EWRC. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC. Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research.**, v.4, p.88, 1964.

GAZZIERO, D.L.P. Misturas de Agrotóxicos em Tanque nas Propriedades Agrícolas no Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

GOLIAN, J.; ANYSZKA, Z.; KOHUT, M. The assessment of herbicides application with biostimulants and adjuvants in carrot (*Daucus carota* L.). **Progress in Plant Protection**, v. 54, n. 2, p. 167-173, 2014.

GRABOWSKA, A.; KUNICKI, E.; SĘKARA, A.; KALISZ, A.; WOJCIECHOWSKA, R. The effect of cultivar and biostimulant treatment on the carrot yield and its quality. **Vegetable Crops Research Bulletin**, v. 77, n. 1, p. 37-48, 2012.

HAMMOND, J. B.; WHITE, P. J. Sucrose transport in the phloem: integrating root responses to phosphorus starvation. *Journal of Experimental Botany*, v. 59, n. 1, p. 93–109, 2008.

HATZIOS, K.K. **Herbicide safeners and synergists**. Chichester: Roberts T: Metabolism of agrochemicals in plants, 2000. 259–294p.

JENSEN, K.I.N.; DOOHAN, D.J.; SPECHT, E.G. Response of processing carrot to metribuzin on mineral soils in Nova Scotia. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, n. 2, p. 669-676, 2004.

KEMPEN, H. M. Development of weed management programs for carrots. **Proc. Western Soc. Weed Science.**, 42: 57–67, 1989.

LAY, M.M. & ILNICK, R.D. The residual activity of metribuzin in soil. **Weed Research**, v. 14, n.5, p. 289-291, 1974.

LIVRAMENTO, D. E. D.; ALVES, J. D.; PEREIRA, T. A.; MAGALHÃES, M. M.; PEREIRA, S. P.; ROMANIELLO, M. M. Pulverização de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) com melaço em pó e seus efeitos na produtividade e teores de nutrientes foliares. **Anais...** Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2005.

LUZ, J.M.Q.; SILVA JÚNIOR, J.A.; TEIXEIRA, M.S.S.C.; SILVA, M.A.D.; SEVERINO G.M.; MELO, B. Desempenho de cultivares de cenoura no verão e outono-inverno em Uberlândia-MG. **Horticultura Brasileira**, v.27, n. 1, p. 096-099, 2000.

OWEN, W. J. Herbicide metabolism as a basis for selectivity. In *Target Sites for Herbicide Action*. Springer US, 1991, p. 285-314.

PACANOSKI, Z.; TÝR1, Š.; VEREŠ, T. Effects of herbicides and their combinations in carrots production regions in the republic of Macedônia. **Herbologia**, v. 14, n. 2, p. 47- 60, 2014.

PHATAK, S. C. AND STEPHENSON, G. R. Influence of light and temperature on metribuzin toxicity to tomato. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 53, n. 4, p. 843–847, 1973.

PPDBPESTICIDE Properties Data Base University of Hertfordshire. Acesso: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/469.htm>, março de 2015.

RAMEL, F.; SULMON, C.; CABELLO-HURTADO, F. Genome-wide interacting effects of sucrose and herbicide-mediated stress in *Arabidopsis thaliana*: novel insights into atrazine toxicity and sucrose-induced tolerance. **BMC Genomics**, v. 8, n. 1, p. 450-650, 2007.

SALERNO, G.L.; CURATTI, L. Origin of sucrose metabolism in higher plants: when, how and why? **Plant Science**, v. 8, n. 1, p. 63–69, 2004.

SASNAUSKAS, A.; KAVALIAUSKAITE, D.; KARKLELIENE, R.; BOBINAS, C. Weed control by herbicides and their combination in carrot crop. **Acta Horticulturae**, v. 936, p. 295-298, 2012.

STEPHENSON, G. R.; MCLEOD, J. E.; PHATAK, S. C. Differential tolerance of tomato cultivars to metribuzin. **Weed Science**, v. 24, n. 2, p. 161-165, 1976.

SULMON, C.; GOUESBET, G.; COUÉE, I.; EL AMRANI, A. Sugar-induced tolerance to atrazine in *Arabidopsis* seedlings: interacting effects of atrazine and soluble sugars on psbA mRNA and D1 protein levels. **Plant Science**, v. 167, n. 4, p. 913-923, 2004.

SULMON, C.; GOUESBET, G.; EL AMRANI, A.; COUÉE, I. Sugar-induced tolerance to the herbicide atrazine in *Arabidopsis* seedlings involves activation of oxidative and xenobiotic stress responses. **Plant Cell**, v. 25, n. 5, p. 489-498, 2006.

TUTI, M.D.; DAS, T.K.; SAIRAM, R.K.; ANNAPURNA, K.; SINGH, S.B. Effect of sequential application of metribuzin on selectivity and weed control in soybean. **International Journal of Pest Management**, v. 61, n. 1, p. 17-25, 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE USDA. Disponível em: http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Washington/Publications/Ag_Chemical_Use/veg06/carchem07.pdf. Acessado: 28/01/2016.

YOGARATNAM, V.; BALASUBRAMANIAN, E.M.; PERERA, W.G.S. Chemical weed control in carrots in the upland wet zone. **Agric. J. Sri Lanka**, v. 138, n. 1, p. 81–91, 1982.

ZHANG, J.; HAMILL, A.S.; WEAVER, S.E. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. **Weed Technology**, v. 9, n. 1, p. 86-90, 1995.

3 ÁCIDO SALICÍLICO EXÓGENO REDUZ ESTRESSE DA CENOURA PROVOCADO PELO METRIBUZIN

3.1 RESUMO

O herbicida metribuzin tem sido utilizado no controle de plantas daninhas na cultura da cenoura, mas esse herbicida pode causar intoxicação na fase inicial da cultura, sendo necessário a utilização de um protetor. Para essa função protetora o ácido salicílico (AS) é bastante promissor. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho avaliar o uso do AS na redução de intoxicação da cenoura provocada pelo metribuzin. Um estudo de campo contendo dois experimentos foi realizado em 2015 na cidade de Rio Paranaíba, Brasil, para avaliar o uso do AS (0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mM) na redução da intoxicação do herbicida metribuzin (576 g ha⁻¹) na cultura da cenoura, com a cultivar de inverno Nantes. A aplicação de metribuzin provocou redução da matéria seca da parte aérea (MSPA). Entretanto, a aplicação exógena AS aumentou a MSPA em relação ao tratamento 0 mM AS e metribuzin, e também igualou a MSPA em relação aos tratamentos com ausência do herbicida. Não houve aumento da produtividade total com a aplicação do AS, todavia, houve uma redução da produtividade de cenouras não comerciais. Conclui-se que o AS ameniza a intoxicação da cenoura pelo uso de metribuzin e diminui a porcentagem de cenouras não comerciais.

Termos para indexação: fitointoxicação, hormônio, herbicida.

3.2 ABSTRACT

The metribuzin herbicide has been used for controlling weeds in carrot culture, but this herbicide can cause poisoning in early culture, requiring use of a protector. Salicylic acid (SA) is very promising. Thus, the aim of this study was to evaluate the use of SA in reducing intoxication carrot caused by metribuzin. A field study with two experiments was conducted in 2015 in the city of Rio Paranaíba, Brazil, to evaluate the use of the SA (0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 mM) in reducing the toxicity of the herbicide metribuzin (576 g ha^{-1}) in carrot crop, with cultivar winter Nantes. The application of metribuzin provided a reduction of the dry matter from the leaves (DM). However, the exogenous application SA increased the DM regarding treatment 0 mM SA and metribuzin, and also equaled the DM compared to treatment with the absence of the herbicide. There was no increase in total productivity with the application of SA, however, there was a reduction in the productivity of non-commercial carrots. It concludes that the SA softens carrot poisoning by the use of metribuzin and decreases the percentage of non-commercial carrots.

Index terms: phytointoxication, hormone, herbicide

3.3 INTRODUÇÃO

O herbicida metribuzin tem sido utilizado em outros países no controle de plantas daninhas na cultura da cenoura (Jensen et al., 2004; Golian et al., 2014). Esse herbicida pertence ao grupo químico das triazinonas e tem como mecanismo de ação a inibição do fotossistema II (Vencill, 2002), no entanto, intoxicações podem ser observadas, podendo reduzir produtividade das raízes.

Investigações sobre substâncias que são capazes de minimizar os efeitos negativos são muito importantes, sendo o ácido salicílico (AS) bastante promissor (Radwan et al., 2012; Miura e Tada, 2014; Wittek et al., 2015). O AS (ácido 2-hidroxibenzoico) é um composto fenólico, com origem no metabolismo secundário das plantas e está envolvido na biossíntese da lignina e compostos alelopáticos. Além disso, é um hormônio que participa de inúmeras reações fisiológicas, como por exemplo, respostas a estresses abióticos (Humphreys e Chapple 2002).

O aumento do nível endógeno de AS é evidenciado nas plantas quando expostas a estresses abióticos (Yamada e Takeno, 2014), levando a um aumento das atividades de enzimas relacionadas ao estresse oxidativo como a catalase e ascorbato peroxidase (Horváth et al., 2015). A catalase e ascorbato peroxidase tem indicado a importância de H_2O_2 no desenvolvimento de um sistema de aquisição de resistência a estresses (Vlot et al., 2009), através da expressão do gene AS-sensitivo (Metraux, 2002; An e Mou 2011).

Baseado no aumento do nível endógeno de AS, aplicações exógenas desse hormônio em baixas concentrações foram iniciadas comprovando a indução de tolerância a estresses nas plantas (Radwan et al., 2012). De acordo com o potencial do AS em reduzir danos causados por estresses abióticos, é provável que a sua aplicação possa minimizar as intoxicações de herbicidas em plantas.

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho avaliar o uso do AS na redução de intoxicação da cenoura provocada pelo metribuzin.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

Dois experimentos foram conduzidos na Estação Experimental da COOPADAP em Rio Paranaíba, MG: um na estação inverno (inverno) e outro no período inverno-primavera

(transição). O solo da área é Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura argilosa, e apresentou pH (água) de 6,0; matéria orgânica 2,4 dag kg⁻¹; P 13,90; K 1 (mg dm⁻³); Ca 3,6; Mg 1,0; Al 0,0; H+Al 3,5; e CTC_{efetiva} 8,4 (cmol_cdm⁻³). As adubações de semeadura constaram-se de 80, 600 e 200 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Aos 25 e 55 dias após a emergência, a área foi adubada com 380, 80 e 467 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Os dados climáticos coletados na área experimental durante a realização da pesquisa estão apresentados na Figura 1 (experimento conduzido no inverno) e Figura 2 (experimento conduzido na transição inverno-verão).

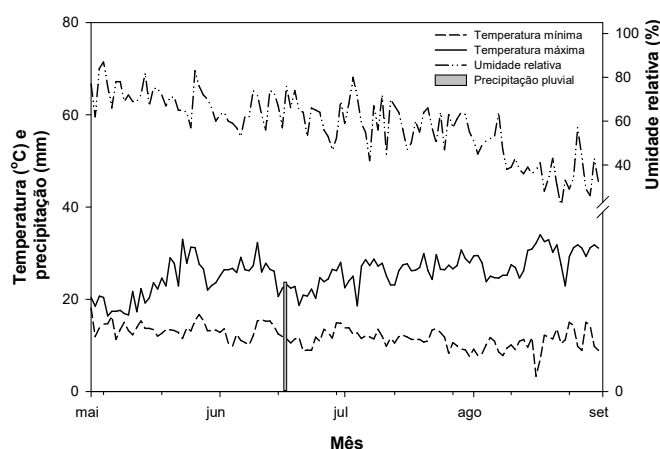


Figura 1. Precipitação pluvial e temperaturas médias semanais durante o período de condução do experimento de inverno.

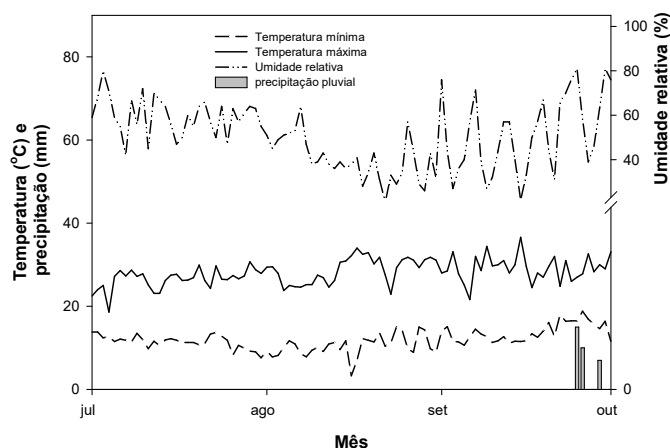


Figura 2. Precipitação pluvial e temperaturas médias semanais durante o período de condução do experimento de transição inverno-primavera.

Delineamento Experimental

A cultivar Nantes foi cultivada com população final de 550 mil plantas ha⁻¹ após raleio aos 20 dias após emergência. As parcelas experimentais constituíram-se de quatro linhas duplas de cenoura com cinco metros, totalizando 20 m².

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 2 x 6, com o primeiro fator correspondendo à presença e ausência do metribuzin (0 e 576 g ha⁻¹) e o segundo às doses da solução aquosa de ácido salicílico (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mM).

Os tratamentos foram aplicados na cenoura com estágio de três folhas completamente expandidas, utilizando pulverizador costal pressurizado com CO₂ a 28 lbf pol⁻², com pontas tipo “leque” 110.02 e volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. O AS foi aplicado em mistura de calda com o metribuzin.

O manejo de pragas e doenças foi realizado de acordo com as recomendações técnicas da COOPADAP. A área foi irrigada em sistema de aspersão via pivô central. Em toda área experimental foi aplicado 675 g ha⁻¹ de linuron em pré-emergência e quando necessário foram realizadas capinas manuais afim de manter a área livre de plantas daninhas. Dessa forma, as diferenças encontradas foram provenientes dos efeitos dos tratamentos.

Avaliações

Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos foram realizadas avaliações de intoxicação visual, a partir de escala de notas de 0 (ausência de intoxicação) a 100 (morte da planta) de acordo com escala da EWRC (1964) modificada. Aos 15 dias após a aplicação dos tratamentos foram coletadas 10 plantas aleatórias em cada parcela experimental para determinação da massa da matéria seca da parte aérea em estufa de circulação forçada de ar a 72°C, até atingirem massa constante.

Aos 120 dias após a semeadura, coletaram-se as raízes de cenoura contidas na área útil (10 m² centrais), para obtenção de produtividade de raízes de cenoura comercial (22 a 10 cm de comprimento) e não comercial (<10 cm e/ou com presença de defeitos) (Ceagesp, 2016) e total que refere-se à soma dos anteriores.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de Cochran e Bartlett de Shapiro-Wilk para testar a homocedasticidade e a normalidade. Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância (p<0,05). E posteriormente foi realizada a estatística descritiva.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Matéria seca da parte aérea da cenoura

A aplicação de metribuzin (576 g ha^{-1}) sem ácido salicílico (AS) promoveu redução de 50% na matéria seca da parte aérea (MSPA) da cenoura nos dois experimentos (Figura 3 A e B).

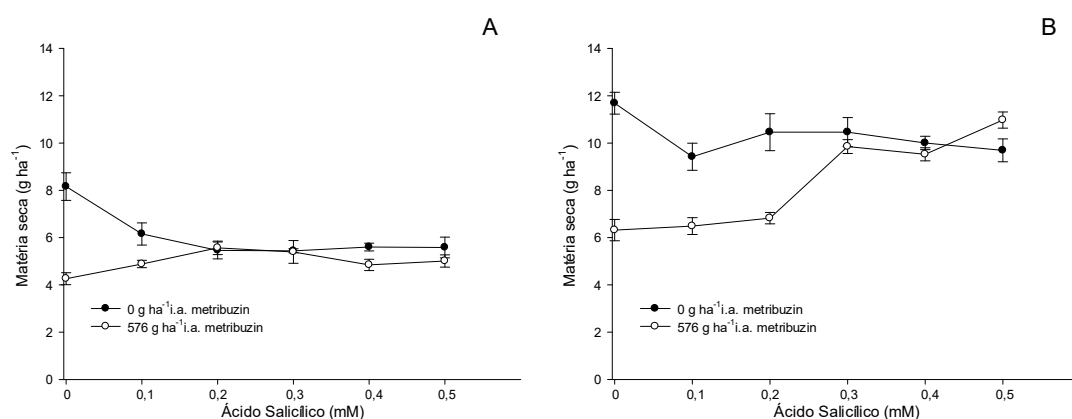


Figura 3. - Matéria seca da parte aérea da cenoura (g ha^{-1}) aos 15 dias após aplicação dos tratamentos demonstrando efeito em função da aplicação do ácido salicílico (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mM) e de metribuzin (0 e 576 g ha^{-1}), nos experimento de inverno (A) e de transição (B). Rio Paranaíba-MG, 2015.

O metribuzin reduzir a MSPA da cenoura está associado ao seu mecanismo de ação inibidor do fotossistema II, que reduz a fotossíntese e consequentemente reduz fotoassimilados e acúmulo de massa (Vencill, 2002). Apesar da cultura da cenoura apresentar certa tolerância ao metribuzin, ocorre um estresse na planta, gerado pela aplicação deste herbicida (Jensen et al., 2004; Golian et al., 2014).

A aplicação de AS a partir de 0,3 mM em mistura com metribuzin aumentou a MSPA em relação ao tratamento 0 mM AS com metribuzin e também igualou a MSPA em relação aos tratamentos com ausência de metribuzin nos dois experimentos (Figura 3 A e B). A aplicação exógena de AS pode promover acumulação de biomassa seca ou fresca quando aplicado em baixas concentrações devido ao aumento do conteúdo de clorofila (Hayat et al., 2005) e regulação da taxa de fotossíntese (Hayat et al., 2010). Além disso, eleva a taxa fotossintética aumentando a eficiência do FSII (Chen et al., 2009).

O AS associado ao metribuzin aumentar a MSPA pode ser explicado pela associação da AS às respostas de plantas às condições adversas, pois é capaz de aliviar estresses causados

por baixas (Miura e Tada, 2014) ou altas temperaturas (Chen et al. 1993). Esta função está diretamente ligada a estresses oxidativos, que podem ser gerados por estresses abióticos, como por exemplo aplicações de herbicidas. A aplicação de herbicidas inibidores do fotossistema II aumenta a quantidade de espécies reativas de oxigênio (Taiz e Zeiger, 2015), e o AS está relacionado ao declínio de alta produção de H_2O_2 pela enzima catalase, proporcionando uma rápida detoxificação (Chen, 1993; Ananieva et al., 2004).

A MSPA entre os dois experimentos foi diferente, sendo que o experimento na transição apresentou maior MSPA (Figuras 3 A e B). O maior acúmulo de MSPA no experimento de transição está associado às temperaturas mínimas e máximas mais elevadas em relação às temperaturas do experimento de inverno. As temperaturas elevadas do ar podem afetar os processos metabólicos, levando a maior assimilação fotossintética do carbono (Wise et al., 2004; Wahid et al., 2007). Ou seja, temperaturas superiores, entre 25 e 30° C aumenta a partição de fotoassimilados nas folhas em detrimento das raízes (Hussain et al., 2008).

Produtividade da cenoura

A produtividade total de raízes de cenoura foi igual, mesmo com metribuzin, devido a aplicação de AS a partir de 0,2 e 0,3 mM, no primeiro (inverno) e no segundo (transição) cultivo, respectivamente (Figura 4 A e B).

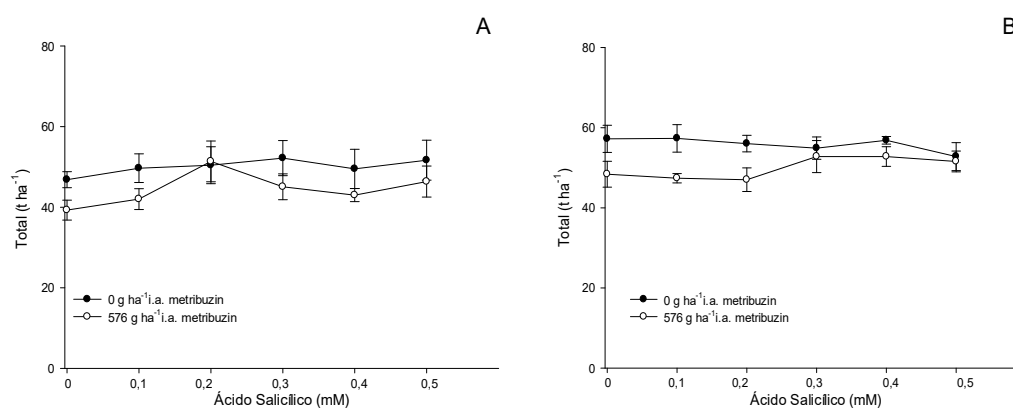


Figura 4. – Produtividade total de raízes de cenoura em função da aplicação do ácido salicílico (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mM) e de metribuzin (0 e 576 g ha⁻¹), experimento no inverno (A) e de transição (B). Rio Paranaíba-MG, 2015.

A não redução de produtividade total com uso de AS pode ser explicada pelo aumento das atividades de enzimas detoxificantes pelas aplicações exógenas de AS, tanto nos cloroplastos, que tiveram a ação do herbicida como em outros compartimentos celulares como

o citosol e peroxissomos aumentando a estabilidade da membrana e auxiliando o aparato fotossintético (Ananieva et al., 2004).

A porcentagem de raízes de cenouras comerciais em relação a produtividade total foi semelhante entre as concentrações de AS. A produtividade comercial foi reduzida pelo metribuzim, porem restabelecida pelo uso do AS no cultivo de inverno (Figura 5 A e B e 6 A e B).

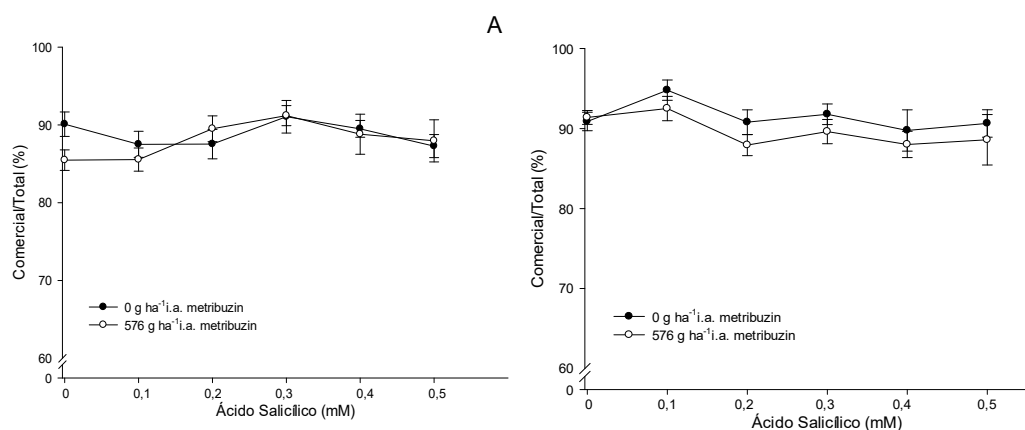


Figura 5. – Porcentagem de cenouras comercializáveis em relação a produtividade total, em função da aplicação do ácido salicílico (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mM) e de metribuzin (0 e 576 g ha⁻¹), experimento de inverno (A) e experimento de transição (B). Rio Paranaíba-MG, 2015.

A porcentagem de cenouras não comerciais em relação a produtividade total, foi semelhante tanto para os tratamentos com ou sem a aplicação do metribuzin na presença do AS (Figura 6 A e B).

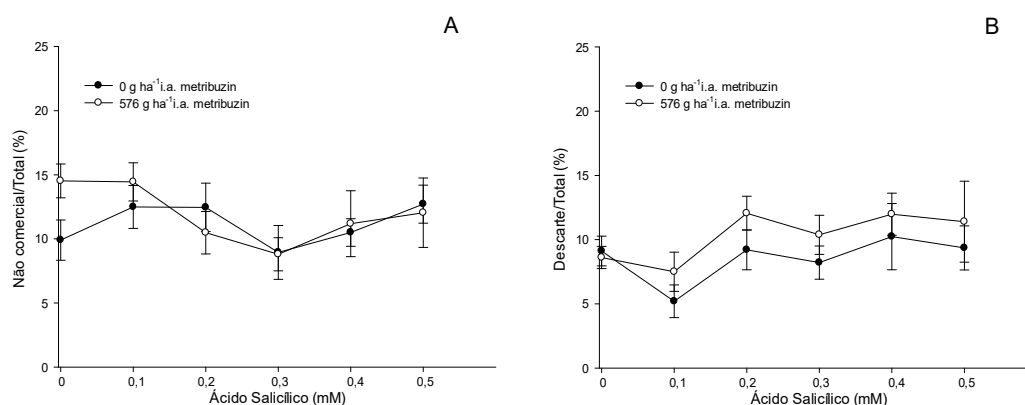


Figura 6. – Porcentagem de cenouras não comercializáveis em relação a produtividade total, em função aplicação do ácido salicílico (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mM) dentro das doses de

metribuzin (0 e 576 g ha⁻¹), experimento de inverno (A) e experimento de transição (B). Rio Paranaíba-MG, 2015.

No experimento em transição, o metribuzin foi seletivo para a cultura da cenoura porque não diferiu do tratamento sem metribuzin e sem AS. Assim, o AS nesse experimento não precisou atuar como protetor. Já no experimento de inverno o AS proporcionou proteção, igualando com o tratamento sem metribuzin.

3.6 CONCLUSÕES

O AS diminui a intoxicação causada pelo metribuzin na MSPA da cenoura e evita redução de produtividade total de raízes de cenoura, no entanto, não interfere nas classes comerciais e não comerciais de raízes.

3.7 REFERÊNCIAS

AN, C.; MOU, Z. Salicylic acid and its function in plant immunity. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 53, n. 6, p. 412-428, 2011.

ANANIEVA, E. A.; CHRISTOVA, K. N.; POPOVA, L. P. Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to Paraquat, **Journal Plant Physiology**, v. 161, n. 3, p. 319-328, 2004.

CEAGESP - COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. Classificação de Cenoura. Disponível em:http://www.ceagesp.gov.br/produtor/classific/fc_cenoura, março de 2015.

CHEN, S.; LIN, G.; HUANG, J.; JENERETTE, G. D. Dependence of carbon sequestration on the differential responses of ecosystem photosynthesis and respiration to rain pulses in a semiarid steppe. **Global Change Biology**, v. 15, n. 10, p. 2450-2461, 2009.

CHEN, Z.; SILVA, H.; KLESSIG, D. F. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid. **Science**, v. 262, n. 5141, p. 1883-1886, 1993.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL - EWRC. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC. Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research.**, v.4, p.88, 1964.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION 2015. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acessado em: 28/06/2015.

GOLIAN, J.; ANYSZKA, Z.; KOHUT, M. The assessment of herbicides application with biostimulants and adjuvants in carrot (*Daucus carota* L.). **Progress in Plant Protection**, v. 54, n. 2, p. 167-173, 2014.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. **Environmental and Experimental Botany**, v. 68, n. 1, p. 14-25, 2010.

HAYAT, S.; FARIDUDDIN, Q.; ALI, B.; AHMAD, A. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. **Acta Agronomica Hungarica**, v. 53, n. 4, p. 433-437, 2005.

HORVÁTH, E.; BRUNNER, S.; BELA, K.; PAPDI, C.; SZABADOS, L.; TARI, I.; CSISZÁR, J. Exogenous salicylic acid-triggered changes in the glutathione transferases and peroxidases are key factors in the successful salt stress acclimation of *Arabidopsis thaliana*. **Functional Plant Biology**, v. 42, n. 12, p. 1129-1140, 2015.

HUMPHREYS, J. M.; CHAPPLE, C. Rewriting the lignin roadmap. **Plant Biology**, v. 5, n. 3, p. 224-229, 2002.

HUSSAIN, M. I.; GONZALEZ-RODRIGUEZ, L.; REIGOSA, M. J. Germination and growth response of four plant species to different allelochemicals and herbicides. **Allelopathy journal**, v. 22, p. 101-110, 2008.

JENSEN, K. I. N.; DOOHAN, D. J.; SPECHT, E. G. Response of processing carrot to metribuzin on mineral soils in Nova Scotia. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, n. 2, p. 669-676, 2004.

MÉTRAUX, J. Recent breakthroughs in the study of salicylic acid biosynthesis. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 8, p. 332-334, 2002.

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Front Plant Science**, v. 5, n. 4, p. 1-30 2014.

RADWAN, D. E. M. Salicylic acid induced alleviation of oxidative stress caused by clethodim in maize (*Zea mays* L.) leaves. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 102, n. 2, p. 182-188, 2012.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Plant physiology and development**. Sinauer, p. 323, 2015.

VENCILL, W. K. **Herbicide Handbook**. Weed Science Society of America, p. 492, 2002.

VLOT, A. C.; DEMPSEY, D. M. A.; KLESSIG, D. F. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 47, p. 177-206, 2009.

WAHID, A.; PERVEEN, M.; GELANI, S.; BASRA, S. M. Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 3, p. 283-294, 2007.

WISE, R. R.; OLSON, A. J.; SCHRADER, S. M.; SHARKEY, T. D. Electron transport is the functional limitation of photosynthesis in field-grown pima cotton plants at high temperature. **Plant, Cell & Environment**, v. 27, n. 6, p. 717-724, 2004.

WITTEK, F.; KANAWATI, B.; WENIG, M.; HOFFMANN, T.; FRANZ-OBERDORF, K.; SCHWAB, W.; VLOT, A. C. Folic acid induces salicylic acid-dependent immunity in *Arabidopsis* and enhances susceptibility to *Alternaria brassicicola*. **Molecular Plant Pathology**, v. 16, n. 6, p. 616-622, 2015.

YAMADA, M.; TAKENO, K. Stress and salicylic acid induce the expression of PnFT2 in the regulation of the stress-induced flowering of *Pharbitis nil*. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 3, p. 205-212, 2014.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do metribuzin não ser registrado para a cultura da cenoura no Brasil, ele apresenta potencial de uso. O produto aplicado em dose de até 432 g ha⁻¹ em pós-emergência da cultura, no estágio de três folhas, não interfere na produtividade de raízes. Para doses superiores a 432 g ha⁻¹ torna-se interessante o uso de protetor para atenuar a intoxicação causada pelo herbicida, a qual reduz a produtividade.

Entre os protetores testados, o ácido salicílico apresenta grande potencial com dose adequada de 0,3 a 0,5 mM, aplicado junto à calda do herbicida, pois as produtividades total e comercial, das cenouras submetidas a aplicação do metribuzin + AS foram semelhantes ao controle (metribuzin sem AS).

Novos estudos devem ser realizados para melhor entendimento da ação do AS na atenuação de intoxicação causadas por herbicidas, nos quais pode-se avaliar o momento de aplicação do AS (antes, durante ou depois) em relação à aplicação do herbicida e a resposta de outras cultivares de cenoura a essa substância.