

Taxa fotossintética em macieiras tratadas com metamitron

Gentil Carneiro Gabardo

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Av. Luis de Camões, 2090, CEP 88.520-000 Lages, SC, Caixa Postal 281.

E-mails: ge.gabardo@gmail.com
aikeanneliese@yahoo.com.br

Aike Anneliese Kretzschmar

José Luiz Petri

Epagri/Estação Experimental de Caçador, Rua Abílio Franco, 1500, Bairro Bom Sucesso, Caçador – SC; CEP 89500-000.

E-mails: petri@epagri.sc.gov.br
marcelocouto@epagri.sc.gov.br

Marcelo Couto

Fernando José Hawerth

Embrapa Uva e Vinho, Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado, BR 285, Km 04, Bairro Morro Agudo, CEP 95200-000 Vacaria, RS.

E-mail: fernando.hawerth@embrapa.br

Carlos Davi Santos e Silva

Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Botânica, Capão do Leão, RS, CEP: 96010-900, Caixa Postal 354.

E-mail: carlosdavi_santos@yahoo.com.br

Recebido em: 16 out. 2016. Revisado: 15 nov. 2017. Aceito: 22 nov. 2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.33.617-633>

Resumo

Metamitron (MM) um herbicida que inibe a fotossíntese, foi, recentemente, relatado como efetivo para raleio de Pós floração em macieira, porém pouco se sabe sobre o seu período de interferência sobre a taxa fotossintética e possíveis interferências no desenvolvimento dos frutos após sua aplicação. O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta da aplicação diferentes concentrações de MM, na taxa fotossintética, índice de clorofila, taxa de crescimento e redução da frutificação em macieiras 'Fuji Suprema' e 'Maxi Gala'. O experimento foi conduzido em pomar experimental no município de Caçador, SC, na safra 2014/2015. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro tratamentos (0mg L^{-1} , 350mg L^{-1} , 700mg L^{-1} e 1050mg L^{-1} de MM) e cinco repetições de uma planta, aplicados na fase em que os frutos se encontravam com diâmetro entre 20mm e 25mm, em ambas as cultivares. As variáveis analisadas foram: taxa fotossintética, índice de clorofila, taxa de crescimento dos frutos e redução da frutificação. Independentemente da concentração de MM aplicada se observou redução da taxa fotossintética em ambas as cultivares de macieira avaliadas. A aplicação de MM não promoveu a queda de frutos, independentemente da concentração aplicada, devido a época de aplicação tardia, porém afetou o crescimento dos frutos na 'Maxi-Gala'. Aplicações foliares de MM em macieiras 'Maxi Gala' e 'Fuji Suprema' reduzem a taxa de fotossíntese de forma proporcional a sua concentração.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh. Raleio químico. Fisiologia vegetal.

Abstract

Physiological changes in apple trees treated with Metamitron

Metamitron (MM), a herbicide that inhibits photosynthesis, has recently been reported as effective for post flower blossom thinning, but little is known about its period of interference on the photosynthetic rate and possible interferences in fruit development after its application. The objective of this study was to evaluate the response of the application of different concentrations of MM, in the photosynthetic rate, chlorophyll index, growth rate and fruiting reduction in 'Fuji Suprema' and 'Maxi Gala' apple trees. The experiment was conducted in an experimental orchard in the municipality of Caçador, SC, in the 2014/2015 harvest. The experimental design was in randomized blocks with four treatments (0mg L^{-1} , 350mg L^{-1} , 700mg L^{-1} and 1050mg L^{-1} of MM) and five replications of a plant, applied in the phase where the fruits were with diameter between 20mm and 25mm, in both cultivars. The analyzed variables were: photosynthetic rate, chlorophyll index, fruit growth rate and fruiting reduction. Regardless of the concentration of MM applied, there was a reduction of the photosynthetic rate in both evaluated apple cultivars. The application of MM did not promote the fruit drop, independently of the concentration applied, due to the time of late application, but affected the fruit growth in 'Maxi-Gala'. Foliar applications of MM in 'Maxi Gala' and 'Fuji Suprema' apple trees reduce the rate of photosynthesis proportionally to their concentration.

Keywords: *Malus domestica* Bork. Chemical thinning. Plant physiology.

Introdução

Em condições ambientais favoráveis, a macieira apresenta intensa florada e, por conseguinte, grande frutificação efetiva, sendo necessária a retirada de parte dos frutos da planta, para evitar a alternância de produção, melhorar as características de calibre e a coloração dos frutos (PETRI et al., 2016). Segundo Costa et al. (2013), a retirada dos frutos excedentes deve ser feita no momento adequado, a fim de melhorar a qualidade final dos frutos colhidos, e o raleio químico é uma das técnicas mais utilizadas.

A região Sul do Brasil é a maior produtora de maçã brasileira, mas em virtude da alta variabilidade climática pode apresentar grande variação na frutificação efetiva de ano para ano, fazendo com que a avaliação da necessidade e da intensidade de raleio só possa ser realizada após a fecundação, tornando o raleio químico na floração uma prática de maior risco para o produtor (PETRI et al., 2016), desta forma, o raleio químico é o mais indicado, quando observado elevada frutificação efetiva em pós-floração. No entanto, Costa et al (2004) chama a atenção à baixa disponibilidade de produtos com ação raleante, principalmente em áreas sob rigorosos controles regulamentares para o registro de novas moléculas, sendo necessário o desenvolvimento de novos produtos ambientalmente seguros e com grande eficiência.

Recentemente o herbicida Metamitron, um inibidor da fotossíntese, foi relatado como eficiente no raleio da macieira. Nas condições climáticas brasileiras a aplicação de metamitron só ou em combinação com benziladenina promoveu o ajuste de carga nas macieiras 'Maxi Gala' e 'Fred Hough', sem aumentar a incidência de russeting (PETRI et al., 2016). Conforme estudos realizados por

Gabardo et al. (2017), nas condições ambientais brasileiras, mais especificamente no meio oeste catarinense, o princípio ativo metamitron tem potencial para uso num programa de raleio químico em macieira, visto que, reduz a frutificação. Segundo Lafer (2010), a aplicação de Metamitron não causou nenhum dano foliar, frutos pigmeus, má-formação de frutos e “russeting”. Metamitron apresenta efeito raleante até sobre frutos de maior calibre, maiores que 18mm, em macieira ‘Gala’ (MCARTNEY; OBERMILLER, 2012). A melhora na distribuição dos frutos em categorias de maior calibre foi obtida com o uso de Metamitron, em aplicações individuais ou em combinação com Benziladenina (BASAK, 2011; BRUNNER, 2014; GREENE, 2014; STERN, 2014). No entanto, McCartney e Obermiller (2014), advertem que o raleio excessivo é consequência em casos de aplicações de concentrações elevadas de Metamitron.

Durante o seu desenvolvimento os frutos constituem-se como os principais drenos dos produtos finais da fotossíntese, e a interrupção ou diminuição da taxa fotossintética, pode ocasionar a queda dos frutos por competição fruto a fruto, o que alicerçou o interesse de investigar cientificamente o uso do Metamitron para fins de raleio. Contudo, o retorno e a manutenção das taxas de fotossíntese são necessários para continuidade do desenvolvimento da planta e garantia da produção. O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta da aplicação diferentes concentrações de Metamitron, na taxa fotossintética, índice de clorofila, taxa de crescimento dos frutos, redução da frutificação e teores minerais na polpa de frutos de macieira ‘Fuji Suprema’ e ‘Maxi-Gala’.

Materiais e Métodos

Os trabalhos foram conduzidos em pomar experimental localizado no município de Caçador, SC (latitude 26°46'S, longitude 51° W, altitude 960 metros), na safra 2014/2015. O clima dessa região caracteriza-se como temperado constantemente úmido, com verão ameno, conforme a classificação de Köppen, do tipo "Cfb". Segundo EPAGRI/CIRAM (2014), o acúmulo de frio durante o período de abril a setembro de 2014 foi de 932 unidades de frio, estimadas pelo modelo Carolina do Norte modificado.

Foram utilizadas macieiras 'Fuji Suprema' e 'Maxi Gala' com sete anos de idade, enxertadas sobre porta-enxerto M9 com densidade de plantio de 2.500 plantas ha⁻¹.

Desde a implantação do experimento até o término da realização deste estudo, o pomar foi conduzido de acordo com as práticas de manejo recomendadas no sistema de produção para a cultura da macieira (EPAGRI, 2017).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo a unidade experimental formada por uma planta, totalizando 20 plantas por cultivar, na safra 2014/2015. Foram testadas quatro concentrações de MM (0mg L⁻¹, 350mg L⁻¹, 700mg L⁻¹, 1050mg L⁻¹) em uma única época de aplicação (frutos entre 20mm e 25mm de diâmetro), aplicados no dia 11/11/2014.

Semanalmente, com auxílio de um paquímetro foi tomada a medida do diâmetro (mm) na secção equatorial dos frutos aleatoriamente nas plantas e quando estes frutos se encontravam na fase desejada foi feita a aplicação dos raleantes.

Como fonte de Metamitron (MM), foi utilizado o produto comercial Goltix® 700SC WG da empresa Adama, na concentração de 700g de Metamitron /kg de produto comercial.

Para proceder a aplicação dos produtos, preparou-se as soluções momentos antes de serem usadas, sendo aplicadas uma única vez em cada planta. Os produtos foram aplicados com o auxílio de um pulverizador costal motorizado (20L), com ponteira contendo três bicos D-S tipo leque, com volume de calda equivalente a 1000L ha⁻¹, ou seja, aproximadamente 400 mL por planta. No raleio químico nenhum complemento de raleio manual foi realizado.

As variáveis analisadas foram: taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E), concentração intercelular de CO₂ (Ci), temperatura foliar (Tf); Índice de clorofila (SPAD); frutificação e taxa de crescimento do fruto (%).

Trocas gasosas: foram determinadas em folhas maduras e expandidas de brindilas expostas ao sol (3 folhas por planta), localizadas no terço médio das plantas com auxílio analisador portátil de CO₂ a infravermelho (IRGA) (LI-6400, LICOR, Inc., Lincoln, NE, USA). A concentração de CO₂ e a densidade do fluxo de fótons foram mantidas fixas para todas as análises em 380 mol mol⁻¹ e 1.400 μmol m⁻² s⁻¹, respectivamente. As leituras foram realizadas entre as 10h00min e às 11h30min. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 6, com quatro tratamentos e cinco repetições de uma planta, sendo o fator concentração de Metamitron em quatro níveis (0mg L⁻¹, 350mg L⁻¹, 700mg L⁻¹ e 1050mg L⁻¹) e o fator tempo em seis níveis (0, 1, 2, 3, 6 e 8 dias após a aplicação).

Índice de clorofila (SPAD): Foram identificados 05 ramos no terço médio de cada planta e nestes, duas folhas totalmente expandidas. A variável considerada foi o índice de clorofila (SPAD). As

leituras foram feitas no dia da aplicação dos tratamentos e posteriormente a cada dois dias. Para tal, se utilizou de um clorofilômetro portátil (SPAD-502, Minolta, Japão).

Frutificação efetiva: foi identificada uma ramificação lateral em cada planta para avaliação do número de frutos por inflorescência antes da aplicação dos raleantes e aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos; queda de frutos (%) obtida pela relação do número final de frutos pelo número inicial ($[(\text{número de frutos remanescentes}/\text{número de total frutos}) \times 100]$).

Taxa de crescimento dos frutos (%): foram marcados cinco frutos por planta, previamente identificadas, sendo mensurado semanalmente o diâmetro equatorial dos frutos com um paquímetro. A porcentagem de crescimento dos frutos foi obtida pela diferença de diâmetro em relação a primeira data de avaliação.

A análise estatística dos dados foi feita através da análise da variação (ANOVA) e comparação de médias através do teste de Scott-Knott e pela análise de regressão polinomial. O nível mínimo de probabilidade de erro adotado, para todos os testes, foi de 5%. Os procedimentos de análise foram realizados por meio do programa computacional Sisvar, versão 5.3, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2010). Os dados em porcentagem foram transformados para: arco seno ($\sqrt{(x/100)}$).

Resultados e Discussão

Para a cultivar 'Fuji Suprema' foi evidenciada interação significativa entre os fatores concentração de Metamitron e tempo sobre a taxa fotossintética, enquanto que para macieira 'Maxi Gala' ape-

nas o efeito simples do fator concentração de Metamitron foi significativo (Tabela 1).

Tabela 1 – Quadro de análise da variação da taxa de assimilação líquida (A) ou taxa fotossintética de plantas de macieira ‘Fuji Suprema’ e ‘Maxi Gala’ submetidas a diferentes concentrações de Metamitron, Caçador, SC, 2017.

Fonte de variação	Taxa fotossintética	
	Fuji	Gala
	Quadrado médio	
Metamitron (M)	70,424**	56,815**
Tempo (T)	17,243*	11,516ns
M x T	11,893*	6,887ns
Bloco	12,746ns	21,554**
Erro	5,875	4,764
Média	14,47	13,97
CV (%)	16,76	15,63

**, * significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro, respectivamente.

Independentemente da concentração de Metamitron aplicada se observou redução da taxa fotossintética em ambas as cultivares de macieira avaliadas. Para macieiras ‘Fuji Suprema’ o uso de Metamitron em concentrações superiores a 350 mg L⁻¹ determinou redução da taxa fotossintética já no primeiro dia após a aplicação (Figura 1). A máxima redução da taxa fotossintética foi observada ao terceiro dia após a aplicação de 1050 mg L⁻¹ de Metamitron, com diminuição de 45,7% da taxa líquida de assimilação de CO₂ em comparação às plantas não tratadas. Ao oitavo dia após a aplicação de Metamitron não foi observada diferença entre tratamentos com Metamitron e tratamento-testemunha quanto a taxa fotossintética.

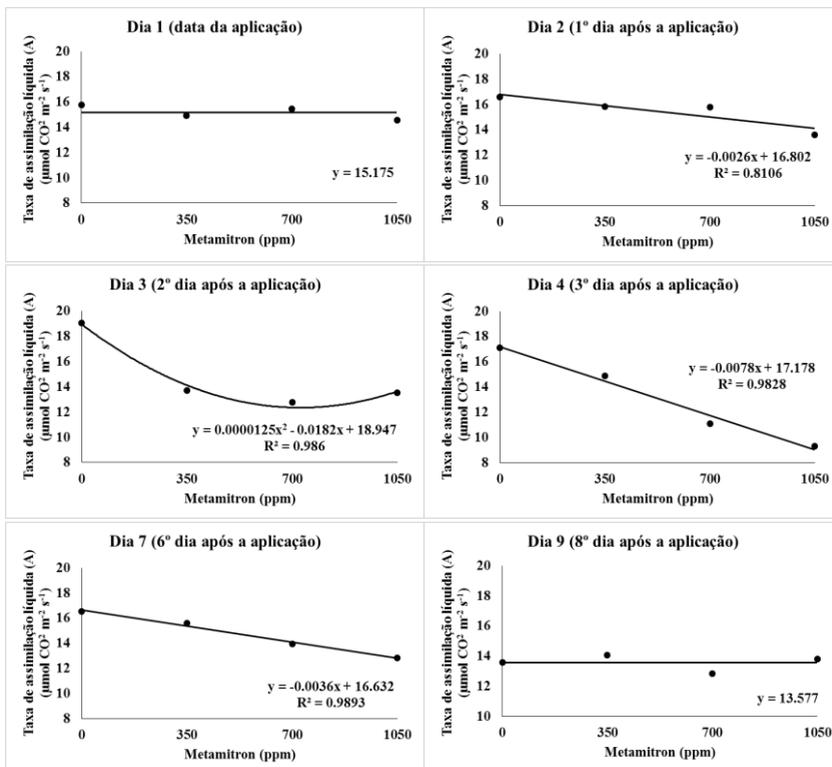


Figura 1 – Taxa fotossintética (taxa de assimilação líquida de CO_2) (A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em folhas de macieiras ‘Fuji Suprema’ tratadas com diferentes concentrações de Metamitron, mensurada até o oitavo dia após a aplicação. Caçador, SC, 2017.

De acordo com Mcartney e Obermiller (2012), o Metamitron altera o aparato fotossintético por 7 a 10 dias após a sua aplicação, reduzindo as taxas de transporte de elétrons em até 60%. Pois este princípio ativo age inibindo o fotossistema II, e influencia negativamente a fotossíntese em plantas C3. Conforme Oliveira Jr, (2011) a inibição da fotossíntese acontece pela ligação do princípio

ativo ao sítio de ligação da plastoquinona QB na proteína D1 do fotossistema II, o qual se localiza nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos, causando, por consequência, o bloqueio do transporte de elétrons de QA para QB. Isso interrompe a fixação de CO₂ e a produção de ATP e NADPH₂, os quais são elementos essenciais para produção de carboidratos, açúcares e outros compostos que necessitam de energia metabólica para serem produzidos.

Já para macieiras 'Maxi Gala', a resposta ao uso do Metamitron sobre a taxa fotossintética foi similar a 'Fuji Suprema', sendo verificada a redução da taxa fotossintética até o oitavo dia (Figura 2). A máxima redução da fotossíntese foi evidenciada na dose de 800 mg L⁻¹ de Metamitron (ponto de mínimo = $-b/2a$), com redução de 19,10% em comparação às plantas-testemunhas. A maior magnitude da redução da taxa de fotossintética em resposta ao uso de Metamitron evidenciada na cultivar Fuji Suprema em relação a MaxiGala, indica que uma maior sensibilidade ao produto na cultivar Fuji Suprema.

A maior sensibilidade ao princípio ativo Metamitron, observada na cultivar Fuji Suprema, pode estar relacionada com os maiores valores do índice de clorofila (SPAD) observados, que foram em média, 9,6% maiores que os observados em 'Maxi Gala', independentemente da concentração utilizada (Tabela 2). Se esta maior concentração de clorofila se der por uma maior presença de clorofila *b*, isso estar relacionado a maior sensibilidade da planta ao princípio ativo, pois este age na inibição do fotossistema II, e este é diretamente relacionado a concentração de clorofila *b*.

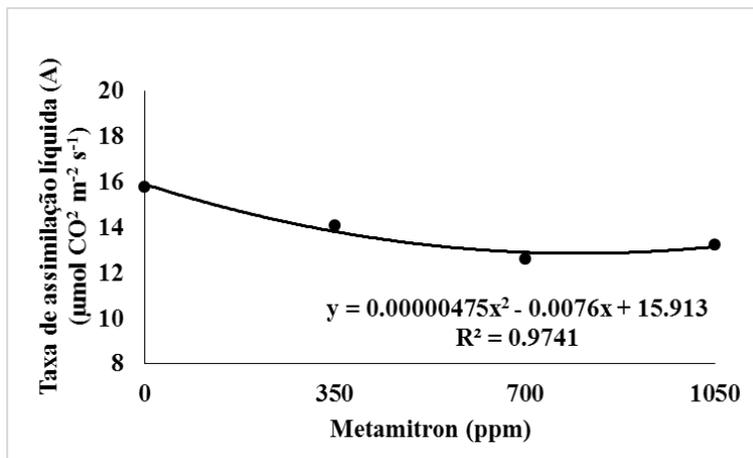


Figura 2 – Taxa fotossintética ou taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) em macieiras ‘Maxi-Gala’ oito dias após a aplicação de diferentes concentrações de Metamitron, Caçador, SC, 2016.

A condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E) e temperatura foliar (Tf) (°C) não foram afetadas pelo Metamitron, independente da sua concentração e cultivar (dados não apresentados).

Tabela 2 – Índice médio de clorofila (SPAD) em macieiras ‘Fuji Suprema’ e ‘Maxi Gala’ tratadas com diferentes concentrações de Metamitron, Caçador, SC, 2015.

Cultivar	Índice médio de clorofila (SPAD)
Fuji Suprema	52,9 a
Maxi Gala	47,8 b
CV (%)	9,2

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. CV (%): Coeficiente de variação.

Não se observou redução significativa do número de frutos por planta em ambas as cultivares, indiferentemente da concentração de Metamitron aplicada. Em média a porcentagem de queda de frutos foi inferior a 5%, o que pode ser atribuído a queda natural dos frutos e não a ação do produto raleante (Figura 3). Essa resposta pode estar relacionada com a época de aplicação tardia, frutos com 25 mm de diâmetro, e também de características intrínsecas das cultivares aqui avaliadas. Visto que vários autores relatam a eficiência do produto em aplicações mais precoces, como no período de queda de pétalas e frutos com 10 mm (GABARDO et al., 2017; LA-FER, 2010) ou mesmo em frutos maiores, com diâmetro entre 10 e 18mm de diâmetro (BASAK, 2011). Nas condições climáticas brasileiras, Petri et al (2016) constataram a eficiência do Metamitron no raleio de frutos de até 20 mm de diâmetro, na cultivar de macieira Fred Hough.

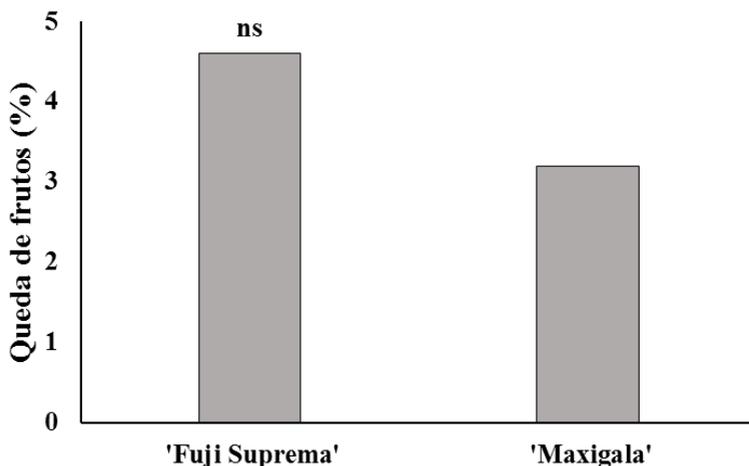


Figura 3 – Queda de frutos (%) em macieiras 'Maxi-Gala' tratadas com diferentes concentrações de Metamitron. ns: não significativo ($p > 0,05$). Caçador, SC, 2017.

Nas plantas de macieira 'Maxi-Gala' tratadas com Metamitron se observou redução na taxa de crescimento dos frutos com o aumento da concentração aplicada, a qual foi observada até o décimo quarto dia após a aplicação (Figura 4). No entanto, aos 21 dias após a aplicação de Metamitron, esta alteração na taxa de crescimento dos frutos (%) não foi mais observada. Já nas macieiras 'Fuji Suprema', não se observou nenhuma alteração no crescimento dos frutos, independentemente da concentração de Metamitron aplicada.

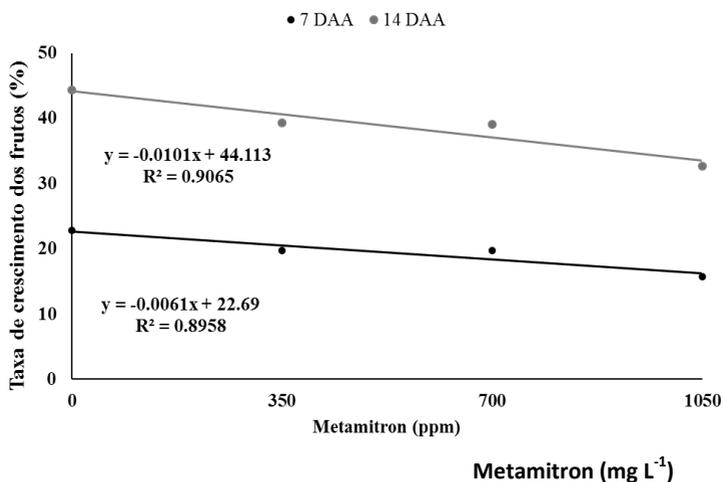


Figura 4 – Taxa de crescimento dos frutos (%) em macieiras 'Maxi-Gala' tratadas com diferentes concentrações de Metamitron aos 7 e 14 DAA (dias após a aplicação). Caçador, SC, 2017.

Conclusão

- 1 - Aplicações foliares de Metamitron em macieiras 'Maxi-Gala' e 'Fuji Suprema' reduzem a taxa de fotossíntese de forma proporcional a sua concentração.
- 2 - O Metamitron reduz a taxa de crescimento dos frutos da macieira 'Maxi Gala', porém esta redução não persiste além dos 21 dias após a aplicação.

Agradecimentos

Ao Programa de Bolsas do Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior – **FUMDES** pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor.

Referências

BASAK, A. Efficiency of fruitlet thinning in apple 'Gala Must' by use of Metamitron and artificial shading. **Journal Fruit Ornamental Plant Res.** 19, 51–62, 2011.

BRUNNER, P. Impact of Metamitron as a thinning compound on apple plants. **Acta Horticulturae**, v. 1042, p. 173-181, 2014.

COSTA, G.; BLANKE, M.M.; WIDMER, A. Principles of thinning in fruit tree crops – needs and novelties. **Acta Horticulturae**, 998, ISHS 2013, p.17-26, 2013.

EPAGRI. **Sistema de Produção para a Cultura da Macieira**. Santa Catarina: EPAGRI, 2017. 120p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR – programa estatístico**. Versão 5.3 (Build 75). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010.

GABARDO, G. C.; PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; COUTO, M.; ARGENTA, L. C.; KRETZSCHMAR, A. A. Use of metamitron as an apple thinner. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 39 n. 3: e-514. 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017514> Acesso em: 21 set.2016.

GREENE, D.W. Use of Metamitron alone and in combination with 6-benzyladenine for thinning APPLES. **Acta Horticulturae**, Orlando, v. 1042, p. 167-172, 2014.

LAFER, G. Effects of Chemical Thinning with Metamitron on Fruit Set, Yield and Fruit Quality of 'Elstar' **Acta Horticulturae**, v.884, p.531-536, 2010.

MCARTNEY, S. J.; OBERMILLER, J. D. Use of 1-Aminocyclopropane Carboxylic Acid and Metamitron for Delayed Thinning of Apple Fruit. **HortScience**, v. 47, n. 11, p.1612-1616 Nov., 2012.

MCARTNEY, S.J.; OBERMILLER, J.D. Use of shading and the psii inhibitor Metamitron to investigate the relationship between carbohydrate balance and chemical thinner activity in apples. **Acta Horticulturae**, v. 1042, p.27-31, 2014.

OLIVEIRA JR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p.141-192.

PETRI, J. L.; COUTO, M.; GABARDO, G. C.; FRANCESCOTTO, P.; HAWERROTH, F. J. Metamitron replacing carbaryl in post bloom thinning of apple trees. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 38, n. 4: e-903. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016903> Acesso em: 20 set.2016.

SANHUEZA, R.M.V.; PROTAS, J.F.S.; FREIRE, J.M. **Manejo da Macieira no Sistema de Produção Integrada de Frutas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 164p.

STERN R. A. The photosynthesis inhibitor Metamitron is an effective fruitlethinner for 'Gala' apple in the warm climate of Israel. **Scientia Horticulturae**, 178 163–167, 2014.