



ARTIGO ORIGINAL

Roque de Carvalho Dias<sup>1\*</sup>  
Christiane Augusta Diniz Melo<sup>2</sup>  
Luiz Paulo Dornelas dos Santos<sup>3</sup>  
Gustavo Soares da Silva<sup>4</sup>  
Gabriella Daier Oliveira  
Pessoa Carneiro<sup>5</sup>  
Marcelo Rodrigues dos Reis<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, 18610-307, Botucatu, SP, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Avenida Rio Paranaíba, nº 1241, Centro, 38280-000, Iturama, MG, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa – UFV, Rodovia MG-230 – km 7, 38810-000, Rio Paranaíba, MG, Brasil

<sup>4</sup> Universidade de São Paulo – USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Rua Pádua Dias, nº 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil

<sup>5</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Avenida Francisco Mota - Pres. Costa e Silva, 59625-300, Mossoró, RN, Brasil

\*Autor Correspondente:

E-mail: roquediasagro@gmail.com

**PALAVRAS-CHAVE**

Estresse  
Herbicida  
Produtividade  
*Triticum aestivum*

**KEYWORDS**

Stress  
Herbicide  
Productivity  
*Triticum aestivum*

## Ácido salicílico como atenuador de fitotoxicidade causada pelo flumioxazin na cultura do trigo

*Salicylic acid as an attenuator of phytotoxicity caused by flumioxazin on wheat culture*

**RESUMO:** O ácido salicílico (AS) pode ser usado como atenuador de estresses causados por herbicidas em plantas e, assim, viabilizar a utilização de flumioxazin na cultura do trigo. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito do AS como atenuador de fitotoxicidade causada por flumioxazin na cultura do trigo. Realizou-se um experimento em campo, de maio a setembro de 2015, no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos aplicados foram: controle (sem herbicida, sem AS e capinado); flumioxazin (40 g.ha<sup>-1</sup>); flumioxazin + AS em mistura de calda (40 g.ha<sup>-1</sup> + 0,5 mM); flumioxazin + AS em mistura de calda + AS 7 dias após a aplicação (DAA) do herbicida (40 g.ha<sup>-1</sup> + 0,5 mM + 0,5 mM); AS (0,5 mM). Foram realizadas avaliações de índice SPAD, fitotoxicidade, massa de mil grãos, peso hectolitro e produtividade. A mistura de AS com flumioxazin aumentou em 7% o índice SPAD aos 21 DAA, reduziu em 30% a fitotoxicidade aos 28 DAA e elevou em 3,43% a produtividade em relação à aplicação isolada de flumioxazin. A aplicação adicional de AS aos 7 DAA reduziu a fitotoxicidade em até 50%, aumentou em até 8,72% o índice SPAD e possibilitou ganhos de 1,49% na produtividade e de 5,46% no peso hectolitro, quando comparado ao herbicida aplicado isoladamente. A aplicação de AS atenuou o estresse causado por flumioxazin no trigo.

**ABSTRACT:** *Salicylic acid (SA) may be used as attenuator of stress caused by herbicides on crops and enable the use of flumioxazin in wheat. Thus, this study aimed to evaluate the salicylic acid effect as attenuator of the phytotoxicity caused by flumioxazin in wheat. The experiment was carried out in the field, from May to September 2015, in a randomized complete block design with four replicates. Treatments applied consisted of control (no herbicide without AS and weeded); flumioxazin (40 g ha<sup>-1</sup>); flumioxazin + SA mixture of syrup (40 g ha<sup>-1</sup> + 0.5 mM); flumioxazin + SA in + SA syrup mixture, 7 days after application (DAA) of the herbicide (40 g ha<sup>-1</sup> + 0.5 mM + 0.5 mM); and SA (0.5 mM). SPAD index, phytotoxicity, thousand grain weight, hectolitre weight and productivity were evaluated. The mixture of SA with flumioxazin increased by 7% the SPAD index at 21 DAA, reduced phytotoxicity by 30% at 28 DAA and increased productivity in 3.43% compared to the application of flumioxazin alone. The additional application of SA 7 DAA reduced the phytotoxicity up to 50%, increased the SPAD index in up to 8.72% and enabled increase of 1.49% in yield and 5.46% in hectoliter weight, when compared to the herbicide applied individually. The application of SA attenuated the stress caused by flumioxazin in wheat.*

## 1 Introdução

O trigo é um cereal de grande relevância econômica, uma vez que demonstra, em diversas áreas de cultivo, grande capacidade produtiva de grãos (Marini et al., 2011). A produtividade alcançada pela cultura é reflexo do potencial genético da cultivar e dos tratamentos culturais utilizados. Nesse contexto, ressalta-se a importância do manejo das plantas daninhas, uma vez que a interferência delas pode causar prejuízos diretos e indiretos na cultura do trigo (Cenci et al., 2013).

Na maioria das espécies cultivadas, o uso de herbicidas é uma ferramenta imprescindível no manejo integrado de plantas daninhas, assim como na cultura do trigo. No entanto, segundo o Ministério da Agricultura, apenas seis ingredientes ativos estão registrados para aplicação em pós-emergência na cultura do trigo (Brasil, 2016), e esse reduzido número de moléculas e mecanismos de ação limita a eficácia de controle das plantas daninhas. Nesse sentido, uma alternativa é a utilização do herbicida flumioxazin, que atua inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO) e, na presença de luz e oxigênio, resulta na peroxidação dos lipídeos da membrana celular (Grossmann et al., 2011).

A aplicação de herbicidas pode intoxicar a cultura, afetando o desenvolvimento, crescimento e produtividade, conforme verificado por Mudge & Haller (2009) após a aplicação de flumioxazin em água de irrigação. Contudo, a intoxicação de herbicidas nas culturas pode ser reduzida com a aplicação de substâncias exógenas denominadas de antídotos ou protetores (Galon et al., 2011).

O ácido salicílico (AS) tem sido estudado como atenuador de possíveis efeitos negativos gerados pela aplicação de herbicidas. Evidências indicam que o AS é uma molécula natural sinalizadora para a ativação de defesas da planta, que modifica o sistema

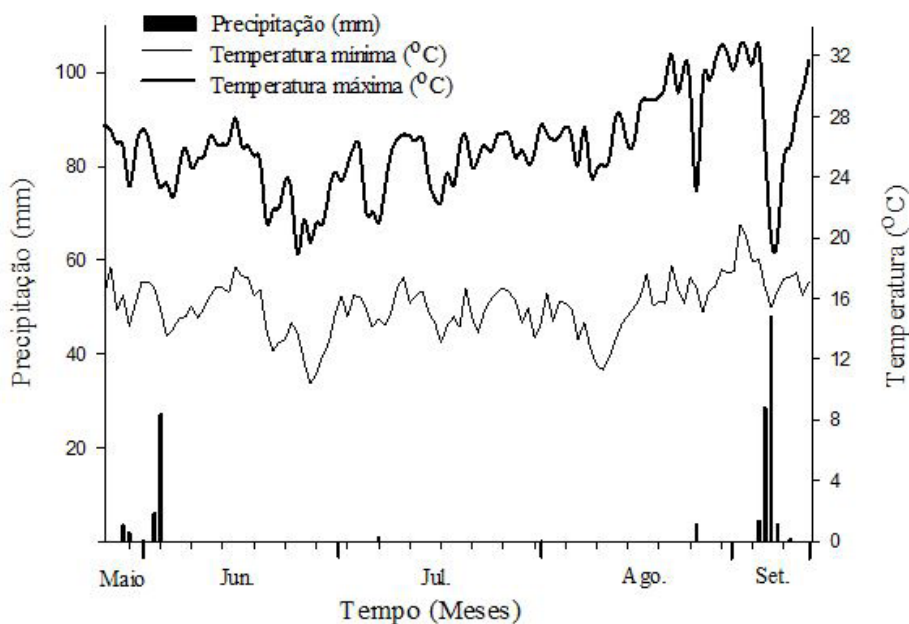
antioxidante por estimular a ação de enzimas como superóxido dismutase, catalase e peroxidase (Sharma & Bhardwaj, 2014). De acordo com Akbulut et al. (2015), a aplicação de AS tem a capacidade de reduzir estresses oxidativos gerados pela aplicação de herbicidas. Além disso, esses mesmos autores verificaram que plantas de cevada tratadas com AS, antes de aplicações de paraquat, apresentaram proteção contra os efeitos fitotóxicos devido a alterações na atividade de enzimas antioxidantes, como glicolato oxidase, fosfoglicolato fosfatase e catalase.

Dessa forma, a aplicação do AS em associação com flumioxazin pode viabilizar a utilização desse herbicida na cultura, mediante redução da fitotoxicidade. Porém, estudos sobre o seu uso na atenuação de estresses causados por herbicidas em plantas cultivadas são incipientes. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito do AS como atenuador de fitotoxicidade causada por flumioxazin na cultura do trigo.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de maio a setembro de 2015, em área experimental da COOPADAP (Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba), em Rio Paranaíba (MG) (19°12'21"S, 46°10'05"O e altitude de 1.140 m). O clima da região é classificado como tipo "Aw", tropical com estação seca (Köppen-Geiger, 2017). Os dados diários de precipitação pluviométrica (mm) e temperaturas (°C) mínima e máxima do ar foram coletados em estação meteorológica durante todo o período de condução do experimento (Figura 1). O solo foi classificado como latossolo vermelho-amarelo (EMBRAPA, 2013), de textura muito argilosa.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e os tratamentos (Tabela 1) foram aplicados no estágio V<sub>3</sub> da cultura do trigo, 11 dias após a emergência.



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica diária (mm), temperaturas mínima e máxima (°C) no período de 29/05/2015 (plantio) a 15/09/2015 (colheita do trigo). Rio Paranaíba, MG.

**Figure 1.** Daily precipitation (mm), minimum and maximum temperatures (°C) from 29/05/2015 (planting) until 15/09/2015 (wheat harvest). Rio Paranaíba, MG.

Cada parcela experimental foi constituída por 24 m<sup>2</sup> (2,0 x 12,0 m), sendo a área útil utilizada os 4 m<sup>2</sup> centrais, desprezando-se 0,5 e 4,0 m nas bordaduras laterais e frontais, respectivamente. A semeadura da cultura de trigo (sintonia) foi realizada a lanço com densidade de 330 sementes m<sup>2</sup>, em 29 de maio de 2015, sendo empregada essa alta densidade a fim de minimizar a incidência de plantas daninhas na área.

Utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> a 2 bar de pressão, munido de barra com pontas de jato plano (tipo “leque”) 110.02 (0,5 m entre pontas), com volume de calda equivalente a 200 L.ha<sup>-1</sup>. As condições climáticas no momento da aplicação dos tratamentos foram umidade relativa de 58,50%, temperatura do ar atmosférico de 19,95°C e velocidade do vento de 3,50 km.h<sup>-1</sup>.

Por se tratar de uma área após rotação com a cultura da batata, não foi utilizada adubação de plantio. Para adubação de cobertura, utilizaram-se 250 kg.ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 23-00-18, e quando as plantas de trigo apresentavam aproximadamente 30 cm de altura, foi efetuada uma aplicação de regulador de crescimento (Moddus® - 0,5 L.ha<sup>-1</sup>).

Os tratos culturais realizados na área experimental foram os normais exigidos pela cultura do trigo, no que diz respeito ao manejo de pragas e doenças, além disso efetuou-se manejo hídrico via pivô central de acordo com a demanda hídrica da cultura para a região do Alto Paranaíba (MG).

As avaliações do índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) e fitotoxicidade foram realizadas aos 15, 21, 28 e 35 dias após a aplicação do herbicida (DAA), sendo as três primeiras avaliações realizadas na terceira folha totalmente expandida da cultura. O controle de plantas daninhas também foi avaliado ao longo do experimento. Para mensurar o índice SPAD, utilizou-se o clorofilômetro portátil (CFL1030) e as avaliações dos sintomas visuais de fitotoxicidade das plantas de trigo foram baseadas em escala, na qual 0% não indicava presença de injúrias e 100% representavam a morte das plantas, conforme metodologia proposta pela SBCPD (1995).

A colheita mecanizada da cultura foi realizada 109 dias após a semeadura, coletando-se a área útil de cada parcela. As plantas foram submetidas à trilha e determinaram-se a massa de mil grãos, o peso hectolitro (PH) e a produtividade calculada com umidade corrigida para 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3 Resultados e Discussão

Todos os tratamentos com flumioxazin provocaram sintomas leves de fitotoxicidade inicial (15 DAA), e aos 21 e 28 DAA constatou-se maior injúria para a aplicação isolada de flumioxazin (40 g.ha<sup>-1</sup>) (Tabela 2). Os sintomas de fitotoxicidade, caracterizados por clorose nas folhas, devem-se à ação de flumioxazin, que atua na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX ou PPO). Essa inibição acarreta o acúmulo de protoporfirinogênio IX, que é uma molécula extremamente reativa que, na presença de luz e oxigênio, produz oxigênio singlete e radicais livres que apresentam a capacidade de oxidação em lipídeos de membrana, o que resulta em dano irreversível em plantas suscetíveis (Tripathy et al., 2007).

Aos 28 DAA, as plantas tratadas com AS associado a flumioxazin apresentaram redução nos valores de fitotoxicidade quando comparados aos da aplicação de flumioxazin isolado (Tabela 2). As reduções nos sintomas de fitotoxicidade podem ser atribuídas à aplicação exógena do AS, que pode elevar/regular a atividade enzimática de desintoxicação celular, como peroxidases e superóxido-dismutases (Carvalho et al., 2007). Agarwal et al. (2005) avaliaram o efeito da aplicação foliar de 1 mM de AS em plantas de trigo sob estresse hídrico moderado e verificaram que o AS promoveu aumento da atividade de enzimas antioxidantes, nos teores de clorofila e de carotenoides, na estabilidade das membranas e decréscimo no nível de peroxidação de lipídeos.

Aos 35 DAA, não foram observados sintomas de fitotoxicidade nas plantas de trigo (Tabela 2). A redução desses sintomas deve-se à capacidade de desintoxicação da planta de trigo proporcionada pela atuação do AS. Ademais, a principal via de absorção do flumioxazin na planta, na modalidade de aplicação estudada, é foliar, e atuando como um herbicida de contato,

**Tabela 1.** Relação dos tratamentos estudados e aplicados em pós-emergência na cultura do trigo.

**Table 1.** List of treatments studied, applied in post-emergence in wheat.

| Tratamento   | Dose                                    |
|--|---|
| Controle (sem herbicida, sem AS e capinada)                  | -                                       |
| Flumioxazin  | 40 g ha <sup>-1</sup>                   |
| Flumioxazin + 0,5 mM.AS <sup>1</sup>                         | 40 g ha <sup>-1</sup> + 0,5 mM          |
| Flumioxazin + AS em mistura de calda + AS 7 DAA <sup>2</sup> | 40 g ha <sup>-1</sup> + 0,5 mM + 0,5 mM |
| AS   | 0,5 mM                                  |

<sup>1</sup>AS: ácido salicílico; <sup>2</sup>DAA: dias após a aplicação.

**Tabela 2.** Dados médios de fitotoxicidade aos 15, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos na cultura do trigo. Rio Paranaíba – MG/2015.

**Table 2.** Mean phytotoxicity data at 15, 21, 28 and 35 days after application of treatments in wheat. Rio Paranaíba – MG/2015.

| Tratamento   | Fitotoxicidade (%)  |          |         |        |
|--|---------------------|----------|---------|--------|
|  | 15 DAA <sup>3</sup> | 21 DAA   | 28 DAA  | 35 DAA |
| Controle (sem herbicida e sem AS <sup>1</sup> )        | 0,00 b              | 0,00 c   | 0,00 c  | 0,00   |
| Flumioxazin <sup>2</sup>                               | 8,50 a              | 11,00 a  | 5,00 a  | 0,00   |
| Flumioxazin + 0,5 mM.AS                                | 8,25 a              | 9,75 ab  | 3,50 b  | 0,00   |
| Flumioxazin + 0,5 mM.AS e 0,5 mM AS 7 DAA <sup>3</sup> | 8,00 a              | 9,00 b   | 2,50 b  | 0,00   |
| 0,5 mM de AS   | 0,00 b              | 0,00 c   | 0,00 c  | 0,00   |
| Média geral  | 4,95                | 5,95     | 2,20    | —      |
| Teste F (para tratamentos)                             | 116,86**            | 167,51** | 64,33** | —      |
| Coefficiente de variação (%)                           | 16,90               | 14,23    | 24,90   | —      |

<sup>1</sup>AS: ácido salicílico; <sup>2</sup>A dose de flumioxazin em todos os tratamentos foi de 40 g.ha<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>DAA: dias após a aplicação do herbicida. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ); \*\*Significativo a  $p < 0,01$  pelo teste F.

as novas folhas lançadas apresentavam-se livres de sintomas, evidenciando a recuperação das plantas com o passar do tempo.

Nas leituras do índice SPAD aos 15, 21 e 35 DAA, constataram-se menores valores para flumioxazin, com reduções, respectivamente, de 8,85, 10,87 e 5,81% em comparação a aplicação de 0,5 mM de AS (Tabela 3). Como o herbicida flumioxazin pertence ao grupo dos inibidores da enzima PPO, responsável também por uma das etapas de síntese da clorofila (Dayan & Watson, 2011), seus danos à cultura podem ser diretamente aferidos na determinação da intensidade do verde das folhas por meio do clorofilômetro, que normalmente está correlacionado ao teor de clorofila da folha (Teklić et al., 2009).

As leituras em clorofilômetro foram superiores aos 15, 21 e 35 DAA para a mistura flumioxazin + ácido salicílico e 0,5 mM de AS aos 7 DAA em comparação ao herbicida isolado (Tabela 3). O AS desempenha papel importante na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas, ainda que os processos bioquímicos que circundam a maioria dessas respostas permaneçam desconhecidos (Rivas-san Vicent & Plasencia, 2011). Entre as transformações fisiológicas e bioquímicas das plantas, em resposta à aplicação de AS, são citados aumentos nos níveis de clorofila (Karlidag et al., 2009), corroborando as observações obtidas nesse trabalho, e aumento da atividade de enzimas do sistema antioxidativo (Akbulut et al., 2015).

Os valores de massa de 1.000 grãos, peso hectolitro (PH) e produtividade foram menores para a aplicação isolada do flumioxazin, com redução de 6,67, 1,76 e 10,27%, respectivamente, comparados aos do tratamento controle (Tabela 4). Essas reduções devem-se à ação de flumioxazin na inibição da fotossíntese líquida e diminuição da atividade do fotossistema II (Bigot et al., 2007), influenciando a diminuição da massa, PH e produtividade do trigo. Sabe-se ainda que o

crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas são consequência também de uma complexa cadeia de eventos relacionados à produção fotossintética (Bueno et al., 2012). Os efeitos do herbicida na fotossíntese reduzem a conversão de energia, diminuindo, assim, a produção de fotoassimilados essenciais para a manutenção e enchimento do grão. Asseng & Van Herwaarden (2003) constataram que os assimilados armazenados antes do enchimento dos grãos são responsáveis por 5 a 90% do rendimento do trigo. Estudos sobre o efeito de flumioxazin com videiras *in vitro* evidenciaram reduções no crescimento e fotossíntese das plântulas (Saladin et al., 2003).

O uso de AS em mistura com flumioxazin reduziu a perda de produtividade do trigo quando comparado ao uso de flumioxazin isolado. Tal resultado evidencia a atuação do AS no herbicida na proteção da planta e consequente redução da perda de produtividade do trigo em relação à aplicação isolada de flumioxazin. Além disso, a aplicação adicional de AS aos 7 DAA proporcionou obtenção de massa de 1.000 grãos e PH semelhantes aos do controle.

O efeito proporcionado pela aplicação exógena de AS associado ao herbicida na produtividade se deve ao aumento da assimilação de carbono, síntese de metabólitos e capacidade fotossintética da planta (Farooq et al., 2010). Esses resultados corroboram os relatados por Tejada et al. (1998) em que a aplicação de  $10^{-6}$  molar de AS aumentou em 15,22% a produtividade do trigo. Estudos realizados por Fariduddin et al. (2003) também evidenciaram que a aplicação de AS em mostarda aumentou em 14% a produtividade em comparação ao tratamento controle.

Até o presente estudo, não está claro o mecanismo de atuação do AS sobre a massa dos grãos, entretanto acredita-se que este atue sinergicamente com as auxinas, sendo estas responsáveis por regular a acumulação de fotossintatos (Larqué-Saavedra,

**Tabela 3.** Índice SPAD em folhas de trigo avaliado aos 15, 21, 28 e 35 dias após a aplicação de diferentes tratamentos. Rio Paranaíba – MG/2015.

**Table 3.** SPAD index wheat leaves was evaluated at 15, 21, 28 and 35 days after application of different treatments. Rio Paranaíba – MG/2015.

| Tratamento  | SPAD                |          |          |          |
|---|---------------------|----------|----------|----------|
|   | 15 DAA <sup>3</sup> | 21 DAA   | 28 DAA   | 35 DAA   |
| Controle (sem herbicida e sem AS <sup>1</sup> )     | 39,74 a             | 37,86 ab | 44,12 a  | 45,96 ab |
| Flumioxazin <sup>2</sup>                            | 36,56 c             | 34,11 c  | 41,90 b  | 43,57 d  |
| Flumioxazin + 0,5 mM.AS                             | 37,35 bc            | 36,50 b  | 42,34 b  | 44,12 cd |
| Flumioxazin + 0,5 mM.AS e 0,5 mM 7 DAA <sup>3</sup> | 38,14 b             | 37,37 ab | 42,88 ab | 44,90 bc |
| 0,5 mM de AS  | 40,11 a             | 38,27 a  | 44,14 a  | 46,26 a  |
| Média geral   | 38,38               | 36,82    | 43,10    | 44,94    |
| Teste F (para tratamentos)                          | 41,50**             | 27,34**  | 11,06**  | 15,16**  |
| Coefficiente de variação (%)                        | 1,23                | 1,72     | 1,42     | 1,32     |

<sup>1</sup>AS: ácido salicílico; <sup>2</sup>A dose de flumioxazin em todos os tratamentos foi de 40 g.ha<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>DAA: dias após a aplicação do herbicida. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ); \*\*Significativo a  $p < 0,01$  pelo teste F.

**Tabela 4.** Peso hectolitro (kg.hL<sup>-1</sup>), massa de 1.000 grãos (g) e produtividade (kg.ha<sup>-1</sup>) do trigo sob aplicação de diferentes tratamentos. Rio Paranaíba – MG/2015.

**Table 4.** Weight hectolitre (kg hL<sup>-1</sup>), mass of 1000 grains (g) and productivity (kg ha<sup>-1</sup>), wheat under different treatments. Rio Paranaíba – MG/2015.

| Tratamento   | Peso hectolitro (kg.hL <sup>-1</sup> ) | Massa de 1.000 grãos (g) | Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> ) |
|--|--|--------------------------|--------------------------------------|
| Controle (sem herbicida e sem AS <sup>1</sup> )        | 82,05 a                                | 6,99 a                   | 8048,90 a                            |
| Flumioxazin <sup>2</sup>                               | 80,65 c                                | 6,58 b                   | 7309,99 c                            |
| Flumioxazin + 0,5 mM.AS                                | 81,00 bc                               | 6,75 ab                  | 7560,88 b                            |
| Flumioxazin + 0,5 mM.AS e 0,5 mM AS 7 DAA <sup>3</sup> | 81,87 ab                               | 6,95 ab                  | 7732,74 b                            |
| 0,5 mM de AS   | 82,10 a                                | 7,05 a                   | 8147,21 a                            |
| Média geral  | 81,53                                  | 6,86                     | 7760,00                              |
| Teste F (para tratamentos)                             | 8,60**                                 | 5,38**                   | 40,52**                              |
| Coefficiente de variação (%)                           | 0,55                                   | 2,44                     | 1,40                                 |

<sup>1</sup>AS: ácido salicílico; <sup>2</sup>A dose de flumioxazin em todos os tratamentos foi de 40 g.ha<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>DAA: dias após a aplicação do herbicida. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ); \*\*Significativo a  $p < 0,01$  pelo teste F.



1978). Os efeitos do AS também têm sido interpretados como promotores de oxidação, nos quais induzem a planta a incremento nos níveis de antioxidantes e estímulo no sistema de formação de órgãos florais e vegetativos (Benavides-Mendoza et al., 2007).

## 4 Conclusões

O AS proporciona maior efeito de proteção em relação ao estresse causado pelo herbicida flumioxazin, dessa forma evitando reduções do índice SPAD, do peso hectolitro e da produtividade do trigo. Mais estudos devem ser realizados para avaliar a utilização do AS e sua habilidade como atenuador de fitotoxicidade causada por herbicidas.

## Referências

- AGARWAL, S.; SAIRAM, R. K.; SRIVASTAVA, G. C.; MEENA, R. C. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum*, v. 49, n. 4, p. 541-500, 2005.
- AKBULUT, G. B.; YIGIT, E.; BAYRAM, D. Investigation of the effects of salicylic acid on some biochemical parameters in *Zea mays* to glyphosate herbicide. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, v. 5, n. 5, p. 271-279, 2015.
- ASSENG, S.; VAN HERWAARDEN, A. F. Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior to grain filing in a range of environments. *Plant and Soil*, v. 256, n. 1, p. 217-229, 2003.
- BENAVIDES-MENDOZA, A.; BURGOS-LIMÓN, D.; ORTEGA-ORTIZ, H.; RAMÍREZ, H. El ácido benzoico y poliácido acrílico-quitosán en la calidad y el rendimiento del tomate cultivado en suelo calcáreo. *Terra Latinoamericana*, v. 25, n. 3, p. 123-129, 2007.
- BIGOT, A.; FONTAINE, F.; CLÉMENT, C.; VAILLANT-GAVEAU, N. Effect of the herbicide flumioxazin on photosynthetic performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Chemosphere*, v. 67, n. 6, p. 1243-1251, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura – MAPA. *Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT*. Disponível em: <<https://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 21 fev. 2016.
- BUENO, A. C. R.; PRUDENTE, D. A.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Daily temperature amplitude affects the vegetative growth and carbon metabolism of orange trees in a rootstock-dependent manner. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 31, n. 3, p. 309-319, 2012.
- CARVALHO, P. R.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Ácido salicílico em sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.) sob diferentes estresses. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 29, n. 1, p. 114-124, 2007.
- CENCI, S.; ZAGONEL, J.; FERREIRA, C.; SENGER, M. Períodos de convivência entre o trigo e plantas daninhas combinados a regulador de crescimento. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 12, n. 2, p. 124-130, 2013.
- DAYAN, F. E.; WATSON, S. B. Plant cell membrane as a marker for light-dependent and light-independent herbicide mechanisms of action. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 101, n. 3, p. 182-190, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informação/Embrapa Solos, 2013. 154 p.
- FARIDUDDIN, Q.; HAYAT, S.; AHMAD, A. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in Brassica juncea. *Photosynthetica*, v. 41, n. 2, p. 281-284, 2003.
- FAROOQ, M.; WAHID, A.; LEE, D. J.; CHEEMA, S. A.; AZIZ, T. Drought stress: comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. *Journal Agronomy & Crop Science*, v. 196, n. 5, p. 336-345, 2010.
- GALON, L.; MACIEL, C. D. G.; AGOSTINETTO, D.; CONCENÇO, G.; MORAES, P. V. D. Seletividade de herbicidas às culturas pelo uso de protetores químicos. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 10, n. 3, p. 291-304, 2011.
- GROSSMANN, K.; HUTZELER, J.; CASPAR, G.; KWIATKOWSKI, J.; BROMMER, C. L. Saflufenacil Biokinetic properties and mechanism of selectivity of a new protoporphyrinogen IX oxidase inhibiting herbicide. *Weed Science*, v. 59, n. 3, p. 290-298, 2011.
- KARLIDAG, H.; YILDIRIM, E.; TURAN, M. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agrícola*, v. 66, n. 2, p. 180-187, 2009.
- KÖPPEN-GEIGER. *Classificação climática de Köppen-Geiger*. Disponível em: <[https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica\\_o\\_Clim\\_tica\\_Koppen.pdf](https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica_o_Clim_tica_Koppen.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2017.
- LARQUÉ-SAAVEDRA, A. The antitranspirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris*. *Physiologia Plantarum*, v. 43, n. 2, p. 126-128, 1978.
- MARINI, N.; TUNES, L. M.; SILVA, J. I.; DE MORAES, D. M.; OLIVO, F.; CANTOS, A. A. Efeito do fungicida Carboxim Tiram na qualidade fisiológica de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Agrária*, v. 6, n. 1, p. 17-22, 2011.
- MUDGE, C. R.; HALLER, W. T. Ornamental and row crop susceptibility to flumioxazin in overhead irrigation water. *Weed Technology*, v. 23, n. 1, p. 89-93, 2009.
- RIVAS-SAN VICENTE, M.; PLASENCIA, J. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, v. 62, n. 10, p. 3321-3338, 2011.
- SALADIN, G.; MAGNÉ, C.; CLÉMENT, C. Impact of flumioxazin herbicide on growth and carbohydrate physiology in *Vitis Vinifera* L. *Plant Cell Reports*, v. 21, n. 8, p. 821-827, 2003.
- SHARMA, A.; BHARDWAJ, R. D. Effect of seed pre-treatment with varying concentrations of salicylic acid on antioxidant response of wheat seedlings. *Indian Journal of Plant Physiology / Official Publication of the Indian Society for Plant Physiology*, v. 19, n. 3, p. 205-209, 2014.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBPCPD. *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina: SBPCPD, 1995. 42 p.
- TEJEDA, R. L.; RODRÍGUEZ, V. C.; CORONADO, M. A. G. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra (Helsinki, Finland)*, v. 16, n. 1, p. 43-48, 1998.

TEKLIĆ, T.; VRATARIĆ, M.; SUDARIĆ, A.; KOVAČEVIĆ, V.; VUKADINOVIĆ, V.; BERTIĆ, B. Relationships among chloroplast pigments concentration and chlorophyll meter readings in soybean under influence of foliar magnesium application. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 40, n. 1-6, p. 706-725, 2009.

TRIPATHY, B. C.; MOHAPATRA, A.; GUPTA, I. Impairment of the photosynthetic apparatus by oxidative stress induced by photosensitization reaction of protoporphyrin IX. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)- Bioenergetics*, v. 1767, n. 6, p. 860-868, 2007.

---

**Contribuição dos autores:** Roque de Carvalho Dias: condução do experimento, elaboração da escrita científica; Christiane Augusta Diniz Melo: auxílio na escrita e correção da versão final; Luiz Paulo Dornelas dos Santos: contribuiu nas aplicações e avaliações experimentais; Gustavo Soares da Silva: auxílio na revisão e interpretação das análises estatísticas; Gabriella Daier Oliveira Pessoa Carneiro: auxílio nas análises estatísticas e interpretação dos resultados; Marcelo Rodrigues dos Reis: revisão do manuscrito e escrita do trabalho.

**Agradecimentos:** À Coopadap (Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba) pelo apoio na realização do experimento.

**Fonte de financiamento:** Não houve fonte de financiamento.

**Conflito de interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.