



## **ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DO MILHO RR APÓS A APLICAÇÃO DE GLYPHOSATE ISOLADO OU EM MISTURA COM ATRAZINE**

GUERRA, N. (NAPD/UEM, Maringá- PR - naiara.guerra@hotmail.com); OLIVEIRA NETO, A.M.; DAN, H.A.; OLIVEIRA JR. R.S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; OSIPE, J.B.; JUMES, T.M.C.

**Resumo:** Estudos recentes demonstram que a aplicação de glyphosate em soja resistente ao glyphosate proporciona reduções da atividade fotossintética desta planta. Com isso o presente trabalho teve como objetivo avaliar a taxa fotossintética, condutância estomática e taxa transpiratória de plantas de milho resistentes ao glyphosate após a aplicação deste herbicida isolado ou em mistura com atrazine. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram testemunha sem herbicida, glyphosate (480), glyphosate (960), glyphosate (1440), glyphosate (1920), glyphosate (2400), glyphosate + atrazine (720 +1500), glyphosate + atrazine (1440 +1500) e atrazine (1500), aplicados no milho (2B688 HR) em estágio de V3-V4. Foram avaliados a taxa fotossintética, condutância estomática e taxa transpiratória por meio de um equipamento ADC model LCpro+, aos 3 e 7 DAA. De maneira geral todos os tratamentos herbicidas estudados reduziram a taxa fotossintética das plantas de milho aos 3 DAA, sendo que a maior redução proporcionada pela mistura glyphosate + atrazine (720 +1500). A aplicação de herbicidas promoveu maior condutância estomática do milho se comparada à testemunha sem herbicida aos 3 DAA, porém, aos 7 DAA à testemunha sem herbicida passou a ter condutância estomática superior aos tratamentos herbicidas. A taxa transpiratória não foi afetada pela aplicação de glyphosate isolado ou em mistura com atrazine.

**Palavras-chave:** taxa fotossintética, condutância estomática, taxa transpiratória.

### **INTRODUÇÃO**

A introdução do milho resistente ao herbicida glyphosate se deu inicialmente em 1998, nos Estados Unidos. No Brasil a liberação deste material ocorreu em 2008. A linhagem de milho resistente ao glyphosate GA21 foi produzida pela inserção de um gene estável que expressa à tolerância ao glyphosate, modificando a enzima 5-

enolpiruvilshikimato-3-fosfato-sintase (mEPSPS), proteína do milho que é 99,3% idêntica na sua sequência de aminoácidos à EPSPS do milho de tipo selvagem (LeBrun et al., 1997).

O glyphosate inibe a enzima EPSPS envolvida na rota do ácido chiquímico, responsável pela biossíntese de aminoácidos aromáticos em plantas e microrganismos. Em plantas esta enzima está localizada nos cloroplastos ou plastídeos. A expressão da EPSPS modificada fundida a um peptídeo permite a segmentação desta proteína para o cloroplasto, desta forma confere tolerância das plantas de milho ao glyphosate, enquanto atende as necessidades da planta para a produção de aminoácidos aromáticos (Sidhu et al., 2000).

Embora as culturas sejam resistentes ao glyphosate, recentes estudos tem demonstrado que este herbicida ou seu metabólito de degradação ácido aminomethylphosphonico (AMPA) causam decréscimo na fotossíntese da soja resistente ao glyphosate (Zobiole et al., 2010).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a taxa fotossintética, condutância estomática e taxa transpiratória de plantas de milho resistentes ao glyphosate após a aplicação deste herbicida isolado ou em mistura com atrazine.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no período de novembro e dezembro do ano de 2011, em casa de vegetação pertencente à Universidade Estadual de Maringá – UEM, localizada no município de Maringá, nas coordenadas 23°24'12"S e 51°56'24"W e altitude de 560m.

Foram utilizadas amostras de solo deformadas retiradas de 0 a 20 cm de profundidade de um Latossolo vermelho distroférico, de textura franco-arenosa, sendo constituído por 69% de areia, 29% de argila e 2% de silte. Com relação às características químicas, apresentou pH (H<sub>2</sub>O) de 5,9; 3,68 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>; 3,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup>; 0,61 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 47,6 mg dm<sup>-3</sup> de P e 11,89 g dm<sup>-3</sup> de C.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. As unidades experimentais foram representadas por vasos de polietileno com capacidade de 8 dm<sup>3</sup> de solo, onde foram semeadas quatro sementes de milho 2B688 HR por vaso. Após a emergência, foi realizado desbaste e mantidas apenas duas plantas por unidade experimental. Os tratamentos utilizados estão demonstrados na tabela 1.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados no experimento de atividade fotossintética de milho RR.

| Tratamentos | Herbicidas               | Dose (g e.a. ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1           | Testemunha sem herbicida | 0                               |
| 2           | glyphosate               | 480                             |
| 3           | glyphosate               | 960                             |
| 4           | glyphosate               | 1440                            |
| 5           | glyphosate               | 1920                            |
| 6           | glyphosate               | 2400                            |

|   |                        |            |
|---|------------------------|------------|
| 7 | glyphosate + atrazine* | 720 + 1500 |
| 8 | glyphosate + atrazine* | 1440 +1500 |
| 9 | Atrazine*              | 1500       |

\*Adicionado óleo mineral 0,5% v v<sup>-1</sup>.

A aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada no dia 07/12/2011, quando as plantas de milho encontravam-se no estágio de V3 à V4. Com um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, munido de quatro pontas XR110.02, mantido à pressão de trabalho de 2 kgf cm<sup>-2</sup>, o que resultou em um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. No momento da aplicação os dados climatológicos médios foram: temperatura do ar de 27° C, umidade relativa de 66,5%, velocidade do vento foi de 1,1 km h<sup>-1</sup>, sendo que o céu encontrava-se com poucas nuvens e solo o úmido.

Foram realizadas avaliações de taxa fotossintética (A), taxa transpiratória (E) e condutância estomática (gs) aos 3 e 7 dias após a aplicação (DAA) utilizando o equipamentos ADC model LCpro+ (Infra Red Gas Analyser, Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). As avaliações foram realizadas entre 7 e 9h, fazendo-se as medidas na parte mediana da quarta folha completamente expandida.

Os tratamentos avaliados foram submetidos à análise de variância e posteriormente submetidos a testes por contrastes. Os contrastes analisados estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Contrastes utilizados no experimento de atividade fotossintética de milho RR.

|                      |   |    |   |
|----------------------|---|----|---|
| <b>C<sub>1</sub></b> | Testemunha sem herbicida                        | vs | gly 480, gly 960, gly 1440, gly 1920, gly 2400, gly+atra 720+1500, gly+atra 1440+1500 e atra 1500 |
| <b>C<sub>2</sub></b> | gly 480, gly 960, gly 1440, gly 1920 e gly 2400 | vs | gly+atra 720+1500, gly+atra 1440+1500 e atra <sub>1500</sub>                                      |
| <b>C<sub>3</sub></b> | Testemunha sem herbicida                        | vs | gly 480, gly 960, gly 1440, gly 1920 e gly 2400   |
| <b>C<sub>4</sub></b> | Testemunha sem herbicida                        | vs | gly+atra 720+1500, gly+atra 1440+1500 e atra <sub>1500</sub>                                      |
| <b>C<sub>5</sub></b> | Testemunha sem herbicida                        | vs | gly+atra 720+1500   |
| <b>C<sub>6</sub></b> | Testemunha sem herbicida                        | vs | gly+atra 1440+1500  |
| <b>C<sub>7</sub></b> | Testemunha sem herbicida                        | vs | atra <sub>1500</sub>  |

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As comparações feitas entre os contrastes estabelecidos demonstraram que a taxa fotossintéticas (A) das plantas de milho aos 3 DAA apresentaram diferença significativa em todos os contrastes testados. No contraste 1 verificou-se que a testemunha apresentou em média maior taxa fotossintética que os tratamentos herbicidas. Quando foi contrastada a taxa fotossintética média do grupo de tratamentos composto pelas doses de glyphosate

isolado com o grupo do atrazine isolada ou associado ao glyphosate (contraste 2) notou-se que este último grupo proporcionou em média redução mais acentuada na taxa fotossintética que o do glyphosate. Quando o grupo de tratamentos com atrazine é desmembrado e são realizados contrastes entre cada um destes tratamentos com a testemunha sem herbicida (C5, C6, e C7) observou-se que todos estes tratamentos reduziram a taxa fotossintética das plantas de milho quando comparado à testemunha, sendo que a maior estimativa de contraste ocorreu para o contraste 5. Isso evidencia que dentre os tratamentos herbicidas estudados o que proporcionou maior redução na taxa fotossintética aos 3 DAA foi a mistura glyphosate + atrazine (720 +1500). Aos 7 DAA verificou-se diferença significativa apenas no contraste 2. Sendo que o grupo de tratamentos com atrazine promoveu em média redução mais acentuada da taxa fotossintética que o grupo de tratamentos com o glyphosate.

**Tabela 3.** Estimativas obtidas e probabilidades de significância para o teste F das variáveis avaliadas aos 3 e 7 DAA.

| <b>Taxa fotossintética (A) (<math>\mu\text{ mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}</math>)</b> |                                |                 |                                |                 |
|---|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
| <b>Contrastes</b>   | <b>3 DAA</b>                   |                 | <b>7 DAA</b>                   |                 |
|   | <b>Estimativa do contraste</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> | <b>Estimativa do contraste</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
| C1  | 6,2 <sup>*</sup>               | 0,0005          | 0,0 <sup>ns</sup>              | 0,9956          |
| C2  | 2,4 <sup>*</sup>               | 0,0333          | -2,4 <sup>*</sup>              | 0,0233          |
| C3  | 5,3 <sup>*</sup>               | 0,0029          | 0,9 <sup>ns</sup>              | 0,5490          |
| C4  | 7,7 <sup>*</sup>               | 0,0001          | -1,5 <sup>ns</sup>             | 0,3527          |
| C5  | 12,25 <sup>*</sup>             | 0,0000          | -1,6 <sup>ns</sup>             | 0,4154          |
| C6  | 6,5 <sup>*</sup>               | 0,0043          | -1,5 <sup>ns</sup>             | 0,4525          |
| C7  | 4,3 <sup>*</sup>               | 0,0478          | -1,4 <sup>ns</sup>             | 0,4733          |
| <b>Condutância estomática (gs) (<math>\text{H}_2\text{O mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}</math>)</b> |                                |                 |                                |                 |
| <b>Contrastes</b>   | <b>3 DAA</b>                   |                 | <b>7 DAA</b>                   |                 |
|   | <b>Estimativa do contraste</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> | <b>Estimativa do contraste</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
| C1  | -0,10 <sup>*</sup>             | 0,0008          | 0,06 <sup>*</sup>              | 0,0018          |
| C2  | -0,04 <sup>*</sup>             | 0,0485          | 0,01 <sup>ns</sup>             | 0,5241          |
| C3  | -0,12 <sup>*</sup>             | 0,0003          | 0,06 <sup>*</sup>              | 0,0036          |
| C4  | -0,08 <sup>*</sup>             | 0,0129          | 0,07 <sup>*</sup>              | 0,0020          |
| C5  | -0,16 <sup>*</sup>             | 0,0004          | 0,06 <sup>*</sup>              | 0,0166          |
| C6  | -0,03 <sup>ns</sup>            | 0,4362          | 0,07 <sup>*</sup>              | 0,0047          |
| C7  | -0,06 <sup>ns</sup>            | 0,1112          | 0,07 <sup>*</sup>              | 0,0101          |
| <b>Taxa transpiratória (E) (<math>\mu\text{ H}_2\text{O mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}</math>)</b> |                                |                 |                                |                 |
| <b>Contrastes</b>   | <b>3 DAA</b>                   |                 | <b>7 DAA</b>                   |                 |
|   | <b>Estimativa do contraste</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> | <b>Estimativa do contraste</b> | <b>Pr&gt;Fc</b> |
| C1  | -3,4 <sup>ns</sup>             | 0,7022          | -0,13 <sup>ns</sup>            | 0,4389          |
| C2  | 5,1 <sup>ns</sup>              | 0,4078          | -0,06 <sup>ns</sup>            | 0,6147          |
| C3  | -5,3 <sup>ns</sup>             | 0,5638          | -0,16 <sup>ns</sup>            | 0,3823          |
| C4  | -0,2 <sup>ns</sup>             | 0,9821          | -0,10 <sup>ns</sup>            | 0,6070          |

|    |                    |        |                     |        |
|----|--------------------|--------|---------------------|--------|
| C5 | -0,2 <sup>ns</sup> | 0,9845 | -0,01 <sup>ns</sup> | 0,9826 |
| C6 | -0,2 <sup>ns</sup> | 0,9852 | -0,01 <sup>ns</sup> | 0,9826 |
| C7 | -0,2 <sup>ns</sup> | 0,9865 | -0,28 <sup>ns</sup> | 0,2290 |

Estimativa significativa pelo teste F à 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

A condutância estomática dos tratamentos que receberam aplicação de herbicidas foi de maneira geral superior à testemunha sem herbicida aos 3 DAA. A menor estimativa de contraste foi observada entre a testemunha sem herbicida e o tratamento com glyphosate + atrazine (720 + 1500) (contraste 5). Isso que significa que a mistura de glyphosate + atrazine (720 + 1500) apresentou maior condutância estomática que a testemunha sem herbicida. No entanto na avaliação seguinte (7 DAA) à testemunha sem herbicida passou a ter condutância estomática superior aos tratamentos herbicidas.

As comparações feitas entre os contrastes estabelecidos demonstraram que a taxa transpiratória das plantas de milho aos 3 e 7 DAA tiveram diferenças estatísticas.

## CONCLUSÃO

De maneira geral todos os tratamentos herbicidas estudados reduziram a taxa fotossintética das plantas de milho aos 3 DAA, sendo que a maior redução proporcionada pela mistura glyphosate + atrazine (720 +1500). A aplicação de herbicidas promoveu maior condutância estomática do milho se comparada à testemunha sem herbicida aos 3 DAA, porém, aos 7 DAA à testemunha sem herbicida passou a ter condutância estomática superior aos tratamentos herbicidas. A taxa transpiratória não foi afetada pela aplicação de glyphosate isolado ou em mistura cm atrazine.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LEBRUN, M.; SAILLAND, A.; FREYSSINET, G. Mutated 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase, gene coding of said protein and transformed plants containing said gene. **International Patent Application**, 1997.
- SIDHU, R.S. et al. Glyphosate-tolerant corn: The composition and feeding value of grain from glyphosate-tolerant corn is equivalent to that of conventional corn (*Zea mays* L.). **Journal Agriculture Food and Chemistry**, v.48, p.2305-2312, 2000.
- ZOBIOLE, L.H.S. et al. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resusant soybeans as affected by glyphosate. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.97, p.182-192, 2010.