

TEORES DE GLYPHOSATE E AMPA EM RESPOSTA AO FÓSFORO E AO GLYPHOSATE EM CLONES DE EUCALIPTO

PEREIRA, F. C. M (FCAV – UNESP, Jaboticabal/SP – fernandamastrotti@hotmail.com), NEPOMUCENO, M. P. (FCAV – UNESP, Jaboticabal/SP – mariluce_n@hotmail.com), PIRES, R. N. (FCAV – UNESP, Jaboticabal/SP – rodrigo_ata@hotmail.com), ALVES, P. L. C. A. (FCAV – UNESP, Jaboticabal/SP – plalves@fcav.unesp.com.br),

RESUMO: A mobilização do fosfato dentro da planta é um processo complexo e dependente de transportadores. Pesquisas sugerem que o glyphosate também pode ser conduzido por transportadores de fosfato. O objetivo do trabalho foi avaliar os teores de glyphosate e AMPA em dois clones de *Eucalyptus urograndis* cultivados com diferentes doses de fósforo e submetidos à subdoses de glyphosate. Um experimento foi conduzido em câmara de crescimento avaliando os clones I144 e GG100. Os tratamentos foram constituídos de duas doses de fósforo (A e B, que corresponderam à metade da dose de fósforo e a dose de fósforo descrita na solução nutritiva, respectivamente) e quatro doses de glyphosate (0%; 0,6%, 2,5% e 10% da dose de glyphosate recomendada para a cultura). Aos 15 dias após a aplicação do glyphosate, as folhas das plantas foram coletadas para quantificação dos teores de glyphosate e AMPA. Diferenças entre os clones foram constatadas em respostas às doses de fósforo e de glyphosate. O clone I144 apresentou variações nos teores de glyphosate e AMPA diante das doses de fósforo, indicando a existência de interações entre esses fatores. No clone GG100, a presença de AMPA foi detectada para todas as doses de glyphosate aplicadas. Já para o clone I144 o AMPA somente foi detectado diante da aplicação de 10% de glyphosate.

Palavras-chave: Ácido aminometilfosfônico, fosfato, transportadores

INTRODUÇÃO

O fósforo tem um papel importantíssimo nas plantas. Além de componente estrutural também é essencial para a fotossíntese, já que está envolvido na fosforilação e na formação da fosfato triose (VERSAW & HARRISON, 2002). O transporte do fósforo dentro da planta é um processo complexo, que requer numerosos transportadores. A concentração de fósforo no meio externo e nos vacúolos das plantas pode ativar diferentes mecanismos de regulação gênica: diante da grande disponibilidade de fósforo, transportadores de baixa afinidade serão produzidos, e diante da baixa disponibilidade de fósforo, transportadores de alta afinidade serão induzidos (RAGHOTHAMA, 1999).

O herbicida glyphosate é muito utilizado na agricultura para o controle de plantas daninhas anuais e perenes. Esse herbicida inibe a enzima EPSPs, prejudicando a produção dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano, essenciais na manutenção das plantas, que também podem ser intoxicadas devido ao aumento da quantidade de ácidos chiquímico e benzóico (REDDY et al., 2008; CEDERGREEN & OLESEN, 2010).

As plantas tem capacidade de degradar o glyphosate, obtendo como produto dessa degradação o ácido aminometilfosfônico (AMPA) (REDDY et al., 2008). O AMPA foi relatado como resultado principal do metabolismo do glyphosate em diversas espécies, e entre elas foi detectado em soja resistente ao glyphosate após a aplicação do herbicida (ARREGUI et al., 2003; DUKE et al., 2003).

Proteínas transportadoras de grupos fosfatos presentes na membrana plasmática de *Vicia faba* e *Catharanthus roseus* possibilitaram o transporte de glyphosate (DENIS & DELROT, 1993; MORIN et al., 1997), indicando uma possível interação entre fósforo e glyphosate por meio de transportadores.

Diante do exposto e da carência de estudos na área, avaliar o efeito do fósforo e do glyphosate e a possível interação entre eles por meio de transportadores de alta afinidade (esses transportadores teriam afinidade pelo fósforo e pelo grupo fosfonato do glyphosate) é essencial. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os teores de glyphosate e AMPA em dois clones de eucalipto cultivados com diferentes doses de fósforo e submetidas à subdoses de glyphosate.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma câmara de crescimento do Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal-SP.

Foram utilizados os clones I144 e GG100 (*Eucalyptus urograndis*), escolhidos com base em resultados prévios de trabalhos conduzidos pelo grupo de estudos do LAPDA. Mudanças de eucalipto provenientes de micropropagação em plenas condições sanitárias foram utilizadas. Na ocasião da instalação, o clone I144 apresentava altura média de 20 cm, diâmetro médio do coleto de 3,0 cm e entre 6 a 8 folhas. Já as mudas do clone GG100 apresentavam altura média de 22 cm, diâmetro médio de 3,1 cm e entre 8 e 10 folhas.

As mudas foram transplantadas para um sistema de hidroponia e supridas com solução de Furlani et al. (1999) adaptada para duas condições: metade da dose de fósforo recomendada na solução e solução completa, chamadas de A e B, respectivamente. Aos 30 dias após o transplante das mudas para as caixas de cultivo, as plantas receberam os tratamentos com glyphosate nas quantidades correspondentes a 0%; 0,6%, 2,5% e 10% da dose de equivalente ácido de glyphosate recomendada para o controle das plantas daninhas

na cultura (500 g de Scout® em 100 litros de água). As respectivas quantidades foram diluídas diretamente nas caixas de cultivo, preenchidas por 1,6 litros da solução nutritiva adequada a cada tratamento.

Os tratamentos foram constituídos pelas duas concentrações de fósforo (A e B) e quatro doses de glyphosate (0%; 0,6%, 2,5% e 10%), arranjados em um esquema totalmente casualizado com três repetições.

Aos 15 dias após a aplicação do glyphosate as folhas foram separadas, identificadas e acondicionadas em saco de papel em estufa com circulação forçada de ar para secagem, a uma temperatura de 50 °C durante cerca de 120 horas. Esse material foi triturado em micromoinho e os teores de glyphosate e AMPA foram determinados no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), na Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP, Campus de Botucatu-SP. Para a realização dessas análises foi utilizado um sistema LC-MS/MS composto por um Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (HPLC) acoplado a um espectrômetro de massas.

Os dados foram expressos graficamente, por meio das médias seguidas dos erros padrões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de glyphosate quantificados nas plantas de eucalipto variaram entre os clones estudados, e para o clone I144 a variação entre as doses de fósforo também foi constatada (Figura 1).

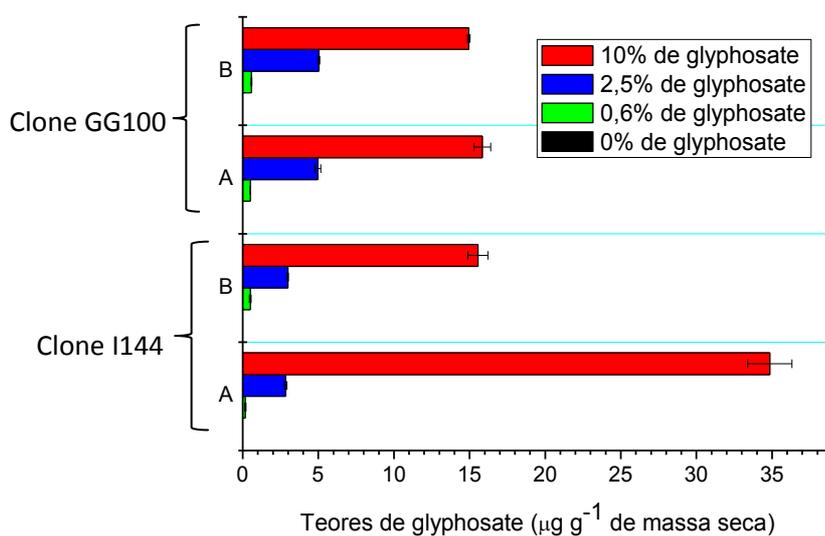


Figura 1. Teores de glyphosate ($\mu\text{g g}^{-1}$ de massa seca) em plantas de eucalipto do clone GG100 e do clone I144 cultivadas com as doses de fósforo A e B e submetidas à aplicação de doses de glyphosate 0; 0,6; 2,5 e 10%. Jaboticabal, 2013. As barras correspondem ao erro padrão da média.

O clone GG100 apresentou quantidades de glyphosate bastante semelhantes quando cultivado com as doses A e B de fósforo (metade da dose de fósforo e a dose de fósforo da solução completa) diante da aplicação das doses de glyphosate 0,6; 2,5 e 10%.

Já o clone I144 apresentou grandes variações nos teores de glyphosate diante do cultivo com diferentes doses de fósforo. Aos 15 dias após aplicação de 0,6% de glyphosate, quantidades muito pequenas do composto foram encontradas nas folhas desse clone para ambas as doses de fósforo. Para a aplicação de 2,5% de glyphosate, o teor do herbicida foi menor que 5 µg por grama de massa seca, independentemente da quantidade de fósforo utilizada no cultivo das plantas. Com a aplicação de 10% foram constatadas variações entre as doses de fósforo e os teores de glyphosate nas folhas: quando as plantas foram cultivadas com a dose A de fósforo, aproximadamente 35 µg de glyphosate foram encontrados; já quando as plantas foram cultivadas com a dose B de fósforo, apenas 16 µg foram quantificadas. Essas diferenças entre os teores de glyphosate em função das doses de fósforo podem ser devida a interação entre ambos por meio de um transportador de alta afinidade.

Para os teores de AMPA, o comportamento distinto entre os clones de eucalipto foi novamente observado. Para o clone GG100 a presença de AMPA foi detectada em todas as doses de glyphosate aplicadas, nunca ultrapassando 0,3 µg por grama de massa seca. Já para o clone I144, o AMPA somente foi quantificado diante da aplicação de 10% de glyphosate, e a variação nos teores de AMPA alcançou 370% em função da dose de fósforo em que as plantas foram cultivadas (Figura 2).

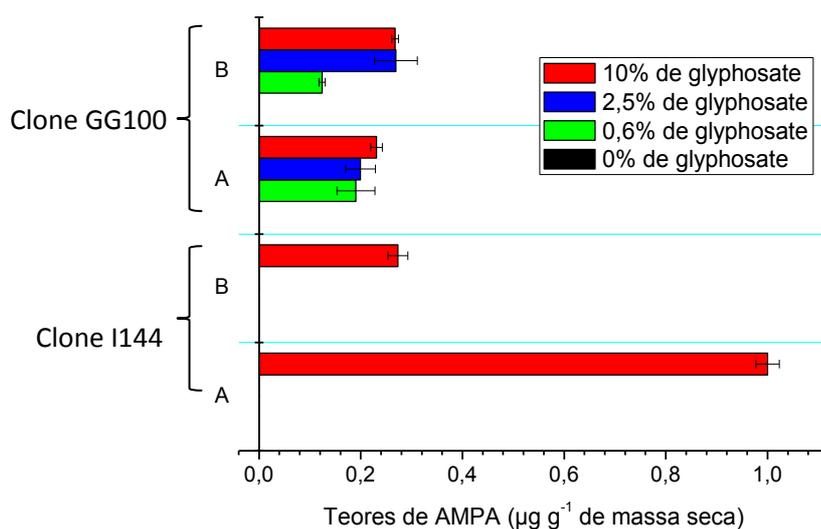


Figura 2. Teores de ácido aminometilfosfônico - AMPA ($\mu\text{g g}^{-1}$ de massa seca) em plantas de eucalipto do clone GG100 e do clone I144 cultivadas com as doses de fósforo A e B e submetidas à aplicação de doses de glyphosate 0; 0,6; 2,5 e 10%. Jaboticabal, 2013. As barras correspondem ao erro padrão da média.

Quando a dose A de fósforo foi utilizada na solução nutritiva das plantas do clone I144, o teor de AMPA nas folhas foi de um µg por grama de massa seca. Já quando a dose de fósforo B foi utilizada, os teores de AMPA não alcançaram 0,3 µg.

CONCLUSÕES

Diferenças entre os clones foram constatadas em respostas as doses de fósforo e glyphosate. O clone I144 apresentou variações nos teores de glyphosate e AMPA diante do cultivo com diferentes doses de fósforo. Para o clone GG100, a presença de AMPA foi detectada para todas as doses de glyphosate e para o clone I144 o AMPA somente foi detectado diante da aplicação de 10% de glyphosate.

AGRADECIMENTO

A FAPESP, pela concessão da bolsa de doutorado a Pereira, F.C.M. (2011/20705-3), ao CNPq pela concessão de bolsa PQ para Alves, P.L.C.A. e a CARBONARI, C. A. pela realização das análises.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARREGUI, M. C. et al. Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate-resistant soybean. **Pest Management Science**, v. 60, p. 163-166, 2003.
- CEDERGREEN, N.; OLESEN, C. F. Can glyphosate stimulate photosynthesis? **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 96, p. 140-148, 2010.
- DENIS, M.H.; DELROT, S. Carrier-mediated uptake of glyphosate in broad bean (*Vicia faba*) via a phosphate transporter. **Physiologia Plantarum**, v. 87, p. 569–575, 1993.
- DUKE, S. O. et al. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 340-344, 2003.
- FURLANI, P.R. et al. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 52 p. (Boletim Técnico 180), 1999.
- MORIN F. et al. Glyphosate uptake in *Catharanthus roseus* cells: Role of a phosphate transporter. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.58, p.13-22, 1997.
- RAGHOTHAMA, K.G. Phosphate acquisition. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.665-686, 1999.
- REDDY, K.N. et al. Aminomethylphosphonic acid accumulation in plant species treated with glyphosate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p. 2125-2130, 2008.
- VERSAW, W.K.; HARRISON, M.H. A chloroplast phosphate transporter, PHT2;1, influences allocation of phosphate within the plant and phosphate-starvation responses. **Plant Cell**, v.14, p.1751–1766, 2002.