

ALTERAÇÕES DE PARÂMETROS FOTOSSINTÉTICOS EM PLANTAS DE ARROZ EXPOSTAS A HERBICIDAS DO GRUPO DAS IMIDAZOLINONAS

Camila Pinho de Sousa¹; Jesus Juarez Oliveira Pinto²; Pablo Valadão de Oliveira³; Andrew Cremonini Bortoli⁴; Henrique Chiarello³; Marcos Antonio Bacarin⁵.

Palavras-chave: fluorescência da clorofila *a*, inibidores da ALS, *Oryza sativa* L., teste JIP.

INTRODUÇÃO

Na cultura do arroz, o controle de arroz-vermelho por meio de herbicidas seletivos era considerado, até pouco tempo, prática inviável pelo fato de o arroz cultivado e o arroz-vermelho pertencerem à mesma espécie e apresentarem similaridades morfogênicas e fisiológicas (MENEZES et al., 2009). O lançamento das cultivares resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas permitiu que fosse desenvolvida uma tecnologia de manejo de arroz-vermelho que associa estas cultivares a herbicidas não seletivos ao arroz-vermelho, sendo denominada tecnologia Clearfield[®]. Porém, a utilização das cultivares resistentes aos herbicidas em uma mesma área, em conjunto com o baixo uso de métodos preventivos de dispersão do arroz-vermelho, leva ao surgimento de populações resistentes desta planta daninha aos herbicidas utilizados nesta tecnologia. Devido a isto, se faz necessário o estudo de novas técnicas que detectem alterações no metabolismo das plantas após a aplicação desses herbicidas. Sabe-se que o aparelho fotossintético das plantas é muito sensível ao estresse ambiental, e mesmo pequenas alterações na sua estrutura e funcionamento podem ser facilmente detectadas (YUSUF et al., 2010). Embora a fotossíntese não seja considerada um alvo primário de herbicidas inibidores da enzima Acetolactato sintase (ALS), alterações na cinética de emissão de fluorescência da clorofila *a* são detectadas em plantas tratadas com estes herbicidas (SILVA et al., 2009). A mensuração de fluorescência das clorofilas é método rápido, simples e não invasivo, sendo largamente utilizada no entendimento dos mecanismos da fotossíntese, bem como na avaliação da capacidade fotossintética alterada por estresses bióticos ou abióticos pelos quais as plantas possam passar. Este trabalho teve por objetivo avaliar as alterações nos parâmetros fotossintéticos de três ecótipos de arroz, através da cinética de emissão da fluorescência da clorofila *a*, em resposta a aplicação de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel FAEM/UFPEL, no município de Capão do Leão/RS. O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas, em esquema fatorial 3x3, com seis repetições. O fator A avaliou doses dos herbicidas, correspondentes a 0 (controle), 140 (dose comercial recomendada) e 280 g ha⁻¹ do produto comercial Kifix[®], acrescido de 0,5% v/v, do adjuvante Dash[®]. O fator B avaliou os ecótipos de arroz: a) cv. Puitá Inta CL, b) ecótipo A de arroz-vermelho, originado do município de Cachoeira do Sul/ RS e, c) ecótipo B de arroz-vermelho oriundo do município de Camaquã/RS. A aplicação dos herbicidas foi realizada em pós-emergência, quando o arroz encontrava-se no estágio fenológico V₃-V₄ (COUNCE et al., 2000), utilizando-se um pulverizador costal, pressurizado a CO₂, munido

¹ Eng.º Agr.º MSc. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal. Laboratório de Metabolismo Vegetal, Instituto de Biologia, Depto. Botânica, UFPEL, Capão do Leão, RS. CEP: 96160-000, (camilafepi@hotmail.com).

² Prof. Dr. Depto. de Fitossanidade, FAEM/ UFPEL.

³ Acadêmico de Agronomia, FAEM/ UFPEL. Bolsista Iniciação Científica/CNPq

⁴ Acadêmico de Agronomia, FAEM/ UFPEL

⁵ Prof. Dr. Depto. de Botânica, IB/UFPEL. Bolsista Produtividade/CNPq

de quatro pontas tipo leque (110.015) proporcionando a aplicação equivalente ao volume de 150 L ha⁻¹ de calda herbicida. Os parâmetros da cinética de emissão da fluorescência transiente da clorofila *a* das plantas foram avaliados aos 15 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). O monitoramento da emissão da fluorescência da clorofila *a* foi realizado utilizando um fluorômetro portátil (HandyPEA, Hansatech). As medições foram realizadas no terço médio de folhas jovens completamente expandidas, no período da manhã, e realizadas 20 minutos após a adaptação das folhas ao escuro. A emissão de fluorescência foi induzida em uma área de 4 mm de diâmetro da folha pela exposição da amostra a um pulso de luz saturante numa intensidade de 3.000 μmol m⁻² s⁻¹. As intensidades de fluorescência foram determinadas a 50, 100, 300 μs, 2 (F_J) e 30 (F_i) ms e a intensidade máxima da fluorescência (F_M). A partir das intensidades de fluorescência foram calculados os parâmetros estabelecidos pelo Teste JIP, sendo que a interpretação dos parâmetros medidos e calculados a partir deste teste fornece numerosas informações dos fluxos de energia através do fotossistema II (FSII) em diferentes níveis (STRASSER & STRASSER, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as plantas, a intensidade de emissão de fluorescência da clorofila *a* mostrou uma típica curva em função do tempo. A aplicação do herbicida Kifix[®] na dose comercial provocou nas plantas de arroz, cv. Puitá Inta CL (Figura 1), aos 15 DAA, uma elevação na razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total de centros de reação - RC (D₀/RC) e uma maior redução do aceptor final de elétrons no lado do aceptor de elétrons do FSI por RC (R_{E0}/RC), associado com uma redução no índice de performance fotossintético (PI_{ABS}). Contudo, aos 30 DAA não houve reversão dos danos ao aparato fotossintético, destacando o incremento no índice de performance total (PI_{ABS, total}), resultado da manutenção de valores elevados dos parâmetros associados ao fluxo de elétrons entre o intersistema de transporte de elétrons e o aceptor final de elétrons do fotossistema I (FSI) (δ₀ - eficiência com que um elétron pode mover o intersistema de aceptores de elétrons reduzidos para o aceptor final de elétrons do FSI e φ_{R0} - rendimento quântico de transporte de elétrons de Q_A⁻ para o aceptor final de elétrons do FSI). Esta cultivar apresentou incremento dos desempenhos das reações de oxi-redução do FSI quando exposta a este herbicida, porém este incremento pode não significar maior produção de NADPH, pois os elétrons que chegam a ferredoxina podem ser destinados a rotas alternativas dependendo da necessidade da planta (FUKUYAMA, 2004). O mesmo fato ocorreu com a dose de 280 g ha⁻¹ do produto comercial, porém houve intensificação dos danos tanto aos 15 quanto aos 30 DAA. A elevação dos níveis de alguns parâmetros pode ser atribuída à necessidade do vegetal em metabolizar as moléculas do herbicida, podendo resultar numa aceleração do metabolismo fotossintético destas plantas.

O herbicida Kifix[®] nas plantas do ecótipo A de arroz-vermelho (Figura 2) provocou inicialmente (15 DAA), com a dose comercial, um dano ao aparelho fotossintético, contudo houve uma recuperação para níveis próximos ao controle aos 30 DAA, indicando uma possível tolerância destas plantas a este herbicida. Este fato pode resultar em plantas escape em lavouras de arroz irrigado, criando assim grande possibilidade do surgimento de plantas de arroz-vermelho resistentes a este herbicida (VILLA et al., 2006). Já na dose de 280 g ha⁻¹, foi observada uma completa desorganização no sistema fotossintético das plantas, estimado pelos parâmetros de fluorescência, sendo o dano intensificado com o tempo após a aplicação do herbicida. Entre os sintomas que demonstram a injúria sofrida por estas plantas destaca-se a elevada dissipação de energia na forma de calor, que é resultado da falta de capacidade da planta em utilizar para o transporte de elétrons a energia absorvida pelos centros de reação, que pode ser explicada pela grande redução da capacidade de realizar fotossíntese, o que é demonstrado pelos índices de performance obtidos.

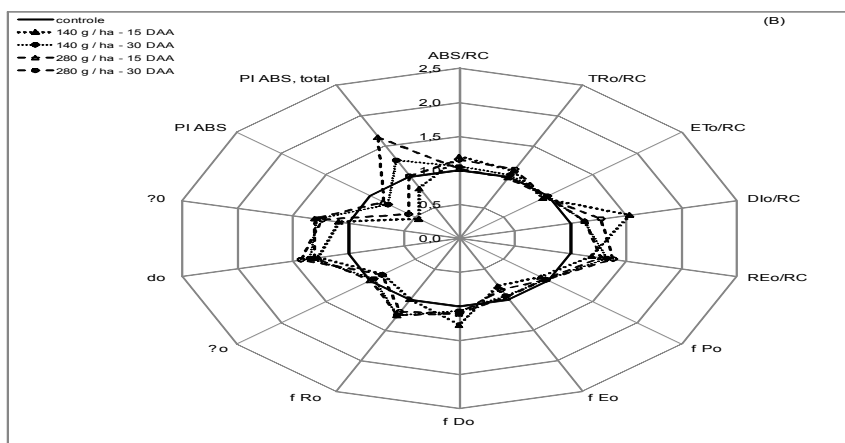


Figura 1. Efeito das doses do herbicida Kiflix[®] sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP, (centro radarplot = 0,0, máximo = 2,5) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha cheia = 1,0), para a cv. Puitã Inta CL, aos 15 e aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas. UFPel, Capão do Leão/RS, 2010.

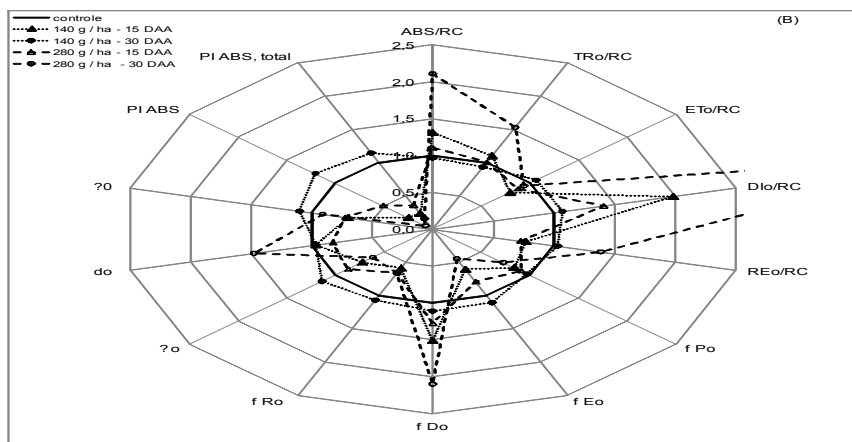


Figura 2. Efeito das doses do herbicida Kiflix[®] sob os parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, obtidos através do teste JIP, (centro radarplot = 0,0, máximo = 2,5) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha cheia = 1,0), para o ecótipo A de arroz-vermelho, originado do município de Camaquã/RS, aos 15 e aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas. UFPel, Capão do Leão/RS, 2010

Nas plantas do ecótipo B de arroz-vermelho (Figura 3), a aplicação do herbicida Kiflix[®] provocou, na dose comercial (140 g ha⁻¹), alteração na eficiência fotoquímica aos 15 DAA, notadamente pela queda nos índices de performance. Contudo as plantas apresentam uma recuperação após 30 DAA do herbicida, demonstrando uma capacidade de superação dos danos fotossintéticos iniciais. Porém, a dose mais elevada (280 g ha⁻¹) não proporcionou acentuadas alterações nos parâmetros de fluorescência, destacando-se leve queda nos índices de performance (PI_{ABS} e PI_{ABS, total}), tanto aos 15 quanto aos 30 DAA, mostrando que estas plantas tem capacidade, ainda incerta, de metabolizar altas doses dos princípios ativos deste herbicida.

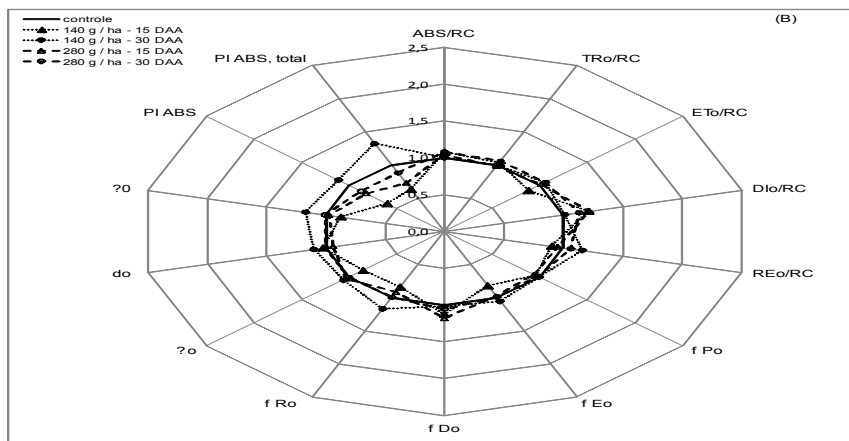


Figura 3. Efeito das doses do herbicida Kifix[®] sob os parâmetros da fluorescência da clorofila a, obtidos através do teste JIP, (centro radarplot = 0,0, máximo = 2,5) em relação ao padrão de comportamento - controle (linha cheia = 1,0), para o ecótipo A de arroz-vermelho, originado do município de Cachoeira do Sul/ RS, aos 15 e aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas. UFPel, Capão do Leão/RS, 2010.

CONCLUSÃO

A aplicação de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas em plantas de arroz causa alterações no metabolismo fotossintético que podem ser detectadas através da avaliação da emissão da fluorescência da clorofila a transiente, podendo este método ser utilizado na detecção a campo de resistência e/ou tolerância de plantas de arroz-vermelho a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Os parâmetros que melhor indicam a sensibilidade das plantas a estes herbicidas são os índices de performance ($PI_{ABS, total}$ e PI_{ABS}) e a razão de dissipação total de energia de excitação não capturada do total de centros de reação (Dl_0/RC).

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, a CAPES, a FINEP e ao Ministério de Ciência e Tecnologia, pelo suporte financeiro e auxílio com bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUNCE, P.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.
- FUKUYAMA, K. Structure and function of plant-type ferredoxins. **Photosynthesis Research**, v. 81, p. 289-301, 2004.
- MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P.; KALSING, A. et al. Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1047-1052, 2009.
- SILVA, C. M. M.; GOMES, M. M. A.; FREITAS, S. P. Interferência de herbicidas, associados a um análogo de brassinosteróide, no aparato fotossintético de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, v. 27, p. 789-797, 2009.
- STRASSER, B.J.; STRASSER, R.J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental question: the JIP test. In: MATHIS, P. (Ed.), **Photosynthesis: From Light to Biosphere**, vol. V. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands, p. 977-980, 1995.
- YUSUF, M.A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R. et al. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.
- VILLA, S. C. C.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. et al. Arroz tolerante a imidazolinonas: controle do arroz vermelho, fluxo gênico e efeito residual do herbicida em culturas sucessoras não tolerantes. **Planta Daninha**, v. 24, p. 761-768, 2006.