

## FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA PARA AVALIAR SELETIVIDADE E FITOTOXIDADE DE HERBICIDAS EM MILHO PIPOCA

FREITAS, I.L.J. (UENF–CCTA, ismaelljf@yahoo.com.br), RODRIGUES, W.P. (UENF – CCTA, wevertonuenf@hotmail.com), AMIM, R.T. (UENF–CCTA, reynaldo@uenf.br), FREITAS, J.A.A. (UENF–CCTA, jalilleamim@yahoo.com.br), SILVA, W.C. (UENF–CCTA, wandersoncaces@hotmail.com), LELIS, R.T. (UENF–CCTA, rosanatlelis@gmail.com), FREITAS, S.P. (UENF–CCTA, silverio@uenf.br), AMARAL JR. A.T. (UENF–CCTA, amaral@uenf.br), FREITAS, S.J. (UENF–CCTA, freitassj@yahoo.com.br), HUZIWARA, E. (UENF–CCTA, euricohuziwara@gmail.com)

**RESUMO:** - O uso de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do milho pipoca torna-se um dos aspectos culturais de maior importância, uma vez que estas podem causar perdas acentuadas na produtividade, quando manejados inadequadamente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade/fitotoxidez dos herbicidas (mesotrione, nicosulfuron, e tembotrione) por meio do rendimento quântico máximo do fotossistema II associado a análises biométricas. O experimento foi conduzido na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF, no delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial (3 x 4) com três repetições. Foram utilizados três genótipos (BRS Angela, IAC-125 e UENF-14) e quatro manejos de plantas daninhas: testemunha com capina; mesotrione (192 g ha<sup>-1</sup> i.a.); tembotrione (120 g ha<sup>-1</sup> i.a.) e nicosulfuron (60 g ha<sup>-1</sup> i.a.). O rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) foi obtido a partir das mensurações, com auxílio de um fluorímetro portátil de luz modulada MINI-PAM (Walz, Germany), da Fluorescência da Clorofila *a*. O rendimento quântico máximo do fotossistema II e as análises biométricas apresentaram-se como ferramenta útil para estudos de seletividade/fitotoxidez de mesotrione, tembotrione e nicosulfuron. O mesotrione causou leve fitotoxidez após aplicação, porém, os genótipos recuperam-se a partir do décimo oitavo dia após a aplicação dos herbicidas mesotrione, tembotrione e nicosulfuron.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., herbicidas, pós-emergência, fisiologia

### INTRODUÇÃO

Dentre os denominados “milhos especiais”, o milho-pipoca tem exercido influência positiva em setores da economia nacional. Considerado uma cultura de elevada rentabilidade, seu produto final possui grande aceitação popular e em muito movimentada a economia informal, sendo presença garantida nos mais diversos estabelecimentos comerciais do ramo de alimentos, seja nas grandes ou nas pequenas cidades do país (Freitas et al., 2014a).

Caracteres ligados à qualidade têm recebido maior importância nos programas de melhoramento genético de milho-pipoca, em detrimento aos caracteres agrônômicos. Por conseguinte, as plantas se apresentam menores, com menor número de folhas e com limbo foliar estreito, menor vigor e de crescimento inicial lento, quando comparadas às aquelas de híbridos de milho comum (Silva et al., 2013). Desta forma, o milho-pipoca manifesta menor capacidade competitiva quando cultivado sob interferência de plantas daninhas, comparado aos híbridos de milho comum (Jakelaitis et al., 2005).

A técnica da fluorescência da clorofila *a* pode permitir a identificação de danos no aparelho fotossintético sem que sintomas visuais se estabeleçam e causando danos à cultura que só será identificado na colheita (Freitas et al. 2014 b).

As principais variáveis observadas nas medições da fluorescência da clorofila *a*, são: fluorescência inicial, basal ou mínima ( $F_0$ ), que é a fluorescência quando todos os centros de reação estão abertos; fluorescência máxima ( $F_m$ ), que se refere à fluorescência quando todos os centros de reação estão fechados; fluorescência variável ( $F_v$ ), que é determinada pelo estado do centro de reação (aberto ou fechado); eficiência ou rendimento quântico máximo do fotossistema II (PSII) ( $F_v/F_m$ ) e, índice de desempenho ou performance (PI) (Strasser et al., 2004). Folhas de plantas saudáveis apresentam valores de  $F_v/F_m$  em torno de 0,75 - 0,9 (Björkman e Demmig, 1987).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade/fitotoxidez de herbicidas (mesotrione, nicosulfuron, e tembotrione) por meio do rendimento quântico máximo do PSII.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF, no delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial (3x4) com três repetições. Foram utilizados três genótipos (BRS Angela, IAC-125 e UENF-14) e quatro manejos de plantas daninhas: testemunha com capina; mesotrione (192 g ha<sup>-1</sup> i.a.); tembotrione (120 g ha<sup>-1</sup> i.a.) e nicosulfuron (60 g ha<sup>-1</sup> i.a.). Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 1,0 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, com estande de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Como áreas úteis, foram consideradas as duas linhas centrais, desprezando 0,5 m das extremidades de cada linha.

Para as avaliações da fluorescência da clorofila *a*, foi utilizado fluorímetro modulado (Modelo Mini-Pam – Walz, Alemanha). Para tanto, utilizou-se folha fisiologicamente madura e vigorosa de cada planta, completamente expandida. Os valores foram obtidos no período de oito às dez horas da manhã, feita em cada uma das três repetições, de cada um dos tratamentos, aos 0, 2, 4, 6, 12 e 18 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT),

perfazendo um total de seis avaliações. Antes das análises de fluorescência, as folhas permaneceram pré-adaptadas ao escuro por período de 30 minutos, objetivando-se a completa oxidação dos componentes do sistema de transporte de elétrons. Tal adaptação, na realidade, corresponde apenas a uma área circular do limbo foliar, de cerca de quatro milímetros de diâmetro, sendo obtida por meio de pinças com um sistema de janela que permite a sua abertura quando da medição, ou fechamento para adaptação ao escuro. A partir do emprego de um pulso de luz saturante, foi determinada a fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ) e fluorescência variável ( $F_v$ ) para estimar o rendimento quântico máximo do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ).

Utilizaram-se os recursos computacionais do programa Genes (Cruz, 2013), para a realização da análise estatística.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos herbicidas testados, apenas o mesotrione causou redução na eficiência fotoquímica em todos os genótipos estudados a partir da segunda avaliação (Figura 1). A variedade BRS Angela foi a única a atingir valores de eficiência fotoquímica similares ao controle no décimo oitavo dia (Figura 1A). O mesotrione inibe a biossíntese de carotenóides, interferindo na atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenilpiruvato-dioxigenase) nos cloroplastos, causando o branqueamento com posterior necrose e morte dos tecidos vegetais em cerca de uma a duas semanas (Mitchell et al., 2001).

O tembotrione causou redução de  $F_v/F_m$  da variedade BRS Angela no sexto dia de avaliação porém, apresentando recuperação já no oitavo dia de avaliação. No híbrido IAC-125 e na variedade UENF-14 o valor de  $F_v/F_m$  não se alterou com a aplicação do tembotrione durante o período de avaliação e, para o Nicosulfuron, não houve alteração dos valores de  $F_v/F_m$  para todas as cultivares. Freitas et al. (2009) constataram que o tembotrione causou leve toxicidade, em pós-emergência, sendo que as variedades de milho pipoca mais afetadas PA-038 com 50% de fitotoxicidade e Viçosa-Maringá com 18,75%, porém ambas apresentaram rápida recuperação.

Os carotenóides têm um papel importante no complexo de captação de luz e na fotoproteção dos fotossistemas. Vários estudos têm mostrado que estes compostos são muito importantes para proteger o aparelho fotossintético de danos causados pelo excesso de luz, por meio do ciclo das xantofilas (Ort, 2001). Neste, a violaxantina é epoxidada para dar origem a anteroxanthin e, finalmente, a zeaxantina. Esta última participa intensamente na regulação de dissipação de energia do PSII, quando este tem uma sobrecarga energética (Ramalho et al., 2003). Dessa forma, as cultivares estudadas apresentaram um sistema de defesa menos eficiente ao mesotrione em relação aos demais, demandando um período de 18 dias para BRS Angela (Figura 1A) e superior a 18 dias para UENF-14 (Figura 1B) e IAC-

125 (Figura 1C) para que os processos de detoxificação celular ocorram. As diferenças entre os genótipos quanto a este período podem estar relacionadas a fatores genéticos.

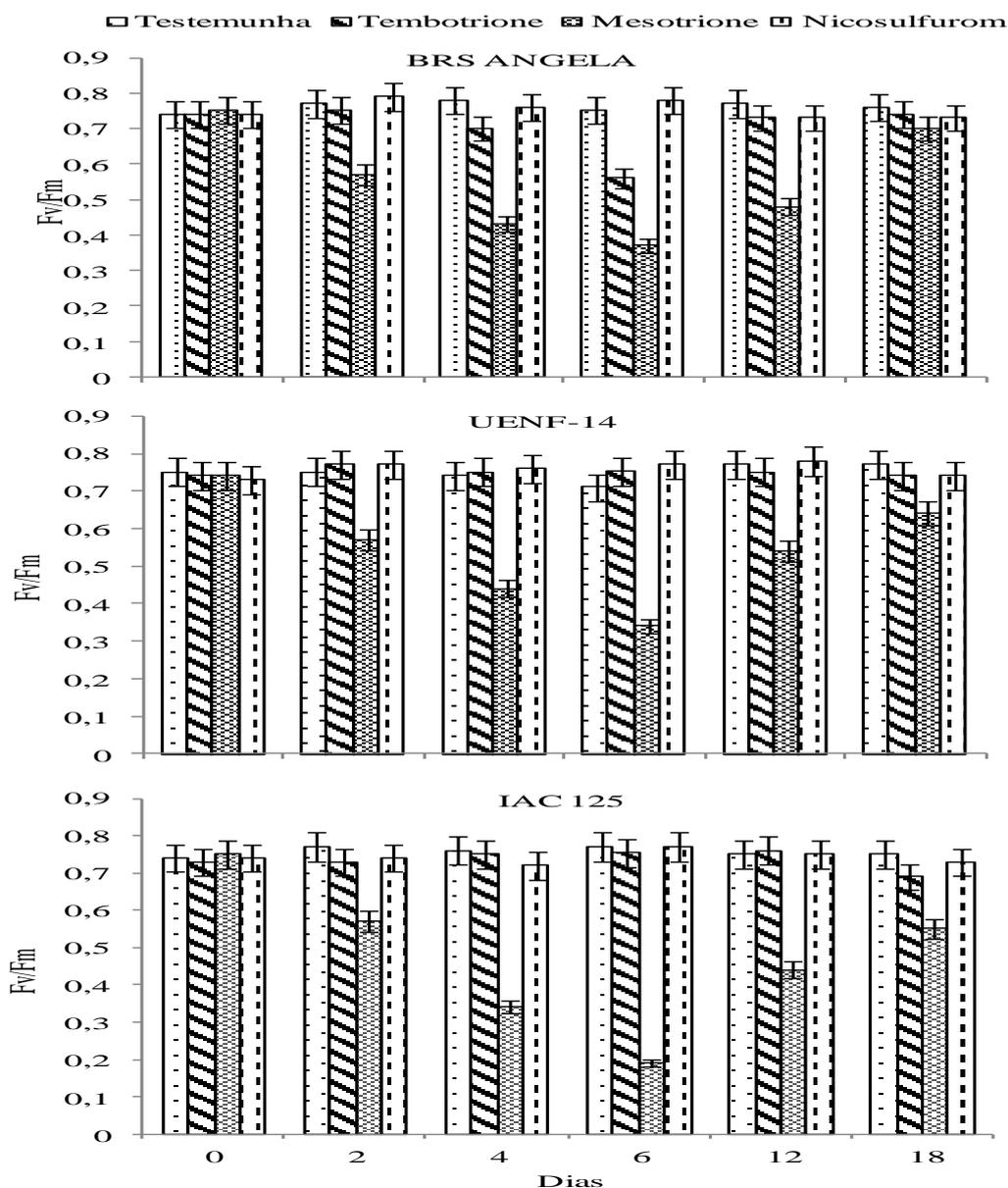


Figura 1 – Eficiência fotoquímica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) até 18 dias nas cultivares de milho pipoca BRS Angela (A), UENF-14 (B) e IAC 125 (C) submetidas a aplicação de Tembotrione, Mesotrione e Nicosulfurom.

Quando comparados os genótipos em relação apenas aos efeitos do mesotrione (Figura 2), as cultivares BRS Angela e UENF-14 apresentam respostas similares durante o período de avaliação, enquanto o híbrido IAC-125 apresentou menores valores de  $F_v/F_m$  a partir da quarta avaliação. A eficiência fotoquímica foi mais afetada no sexto dia após aplicação do mesotrione, sendo que BRS Angela, UENF-14 e IAC-125 apresentaram valor  $F_v/F_m$  de 0,38, 0,35 e 0,19, respectivamente. Folhas de plantas saudáveis apresentam valores de  $F_v/F_m$  em torno de 0,75 - 0,9 (Björkman e Demmig, 1987).

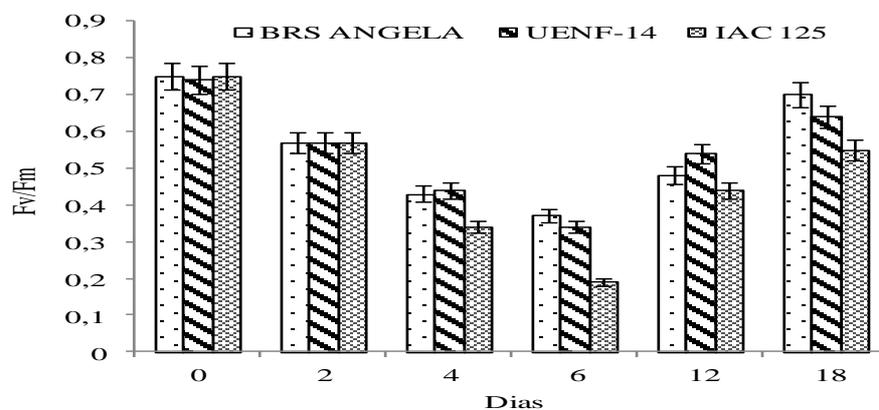


Figura 2 – Eficiência fotoquímica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) até 18 dias nas cultivares de milho pipoca BRS Angela, UENF-14 e IAC 125 submetidas a aplicação Mesotrione.

## CONCLUSÕES

O rendimento quântico do Fotossistema II apresenta-se como ferramenta útil para estudos de seletividade/fitotoxicidade de mesotrione, tembotrione e nicosulfuron em milho-pipoca. O herbicida mesotrione causou maior fitotoxicidade inicial nas cultivares estudadas demandando um período de maior de recuperação. Tembotrione foi seletivo para o genótipo UENF-14 e nicosulfuron para todos os genótipos estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BJORKMAN, O., DEMMIG, B. Photon yield of  $O_2$  evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, n.4 p.487-504, 1987.
- FREITAS, I. L. J. et al. Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.11, p.1464-1471, 2014a.
- FREITAS, I. L. J. et al. Maximum quantum yield of photosystem II to assist in the measurement of herbicide selectivity in popcorn. **Plant Science Today**, v.1, n.2, p.80-85, 2014b.
- FREITAS, S.P. et al. Fitotoxicidade de herbicidas a diferentes cultivares de milho-pipoca. **Planta Daninha**, v.27, p.1095-1103, 2009.
- JAKELAITIS, A. et al. Controle de plantas daninhas na cultura do milho-pipoca com Herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.509-516, 2005.
- JOHNSON, B. C.; YOUNG, B. G.; MATTHEWS, J. L. Effect of post emergence application rate and timing of mesotrione on corn (*Zea mays*) response and weed control. **Weed Technol.**, v.16, p.414-420, 2002.
- MITCHELL, G. et al. Technical Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. **Pest Manag Science** v.57, 120-128, 2001.
- ORT, D. When there is too much light. **Plant Physiology**, v.125, n.1, p.29-32, 2001.
- Ramalho, J. C. et al. Cold acclimation ability and photosynthesis among species of the tropical *Coffea* genus. **Plant Biology**, v.5, n.11, p.631-641, 2003.
- Silva TRC, et al. Agronomic performance of popcorn genotypes in Northern and Northwestern Rio de Janeiro State. **Acta Scientiarum Agronomy**. v.35, p.57-63, 2013.