

Correlação entre diferentes doses de nicosulfuron e adubação com NPK na fitotoxicidade de plantas de milho *Zea mays* L.

Edvaldo Luiz Bizinoto⁽¹⁾; Élcio de Oliveira Alves⁽²⁾; Damião Inácio Clemente⁽³⁾; Naira Fernanda Teixeira Andrade⁽⁴⁾; Rogerio Silva Ferreira⁽⁵⁾; Taline Nunes campos das Neves⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Eng. Agrônomo; ILES/ULBRA – Instituto Luterano de Ensino Superior; Itumbiara, Goiás, edlbz@hotmail.com; ⁽²⁾ Mestrado em fitopatologia; UFU – Universidade Federal de Uberlândia; ⁽³⁾ Mestrando em Produção vegetal, bolsista CNPq; UFG – Universidade Federal de Goiás; ⁽⁴⁾ Graduanda em agronomia; ILES/ULBRA – Instituto Luterano de Ensino Superior; ⁽⁵⁾ Eng. Agrônomo; ILES/ULBRA – Instituto Luterano de Ensino Superior; ⁽⁶⁾ Bióloga; ILES/ULBRA – Instituto Luterano de Ensino Superior.

RESUMO: A aplicação de nicosulfuron no controle de plantas daninhas no milho é uma prática comum e de grande eficiência. Porém esta prática requer restrições, quando se trata de manejo de adubações e inseticidas na lavoura. O nicosulfuron aplicado uma semana antes ou depois de adubações com nitrogênio, provoca grandes danos nas plantas de milho, além disso, aplicações de inseticidas organofosforados, misturas de adjuvante a calda e mistura de outros produtos também não é seguro. Neste sentido o objetivo deste trabalho foi estudar a correlação entre diferentes doses de nicosulfuron a diferentes formulações de adubo NPK na cultura do milho. O experimento foi conduzido na cidade de Itumbiara, Goiás, no ano de 2013/14. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x4 sendo, quatro doses de nicosulfuron (0,0; 20; 40 e 60 g ha⁻¹) e quatro formulações de adubação (NPK 40-80-80; 40-00-80; 40-80-00 e 00-80-80), com três repetições. O híbrido utilizado foi o P3646H. Foi utilizado sulfato de amônio (N, 21%), o supersimples (P₂O₅, 18%) e cloreto de potássio (K₂O, 60%) como fontes de NPK. A aplicação do herbicida foi realizada quando as plantas se encontravam em estágio V4. As avaliações de dano foram realizadas por escala diagramática, aos 14 e 21 DAA. A interação entre doses do herbicida e formulações de NPK mostrou-se significativa. Doses crescentes de nicosulfuron aumenta a severidade dos danos. A associação de nitrogênio e potássio em adubações de milho potencializa o efeito de fitotoxicidade causado pelas aplicações com nicosulfuron.

Palavras chave: severidade de dano, nitrogênio e potássio, herbicida.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a cultura do milho, no Brasil, vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade. Melhorias na qualidade dos solos o qual inclui, entre outras práticas, a rotação de culturas, o plantio direto e o manejo da fertilidade, através da calagem, gessagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos vem implementando ganhos significativos (Coelho et al., 2006).

Além das qualidades do solo outro fator que requer atenção durante o manejo da lavoura são as plantas daninhas, que para seu desenvolvimento requerem os mesmos fatores exigidos pela cultura do milho, ou seja, água, luz, nutriente e espaço físico, estabelecendo um processo competitivo quando desenvolvem conjuntamente (Karam et al., 2006).

Para que as plantas de milho possam expressar todo seu potencial produtivo e se obter bons rendimentos é necessário que se faça um bom manejo nutricional e que se controle de forma eficiente as plantas daninhas. Para isso a tomada de decisão para controle de plantas daninhas deve ser baseada em fatores biológicos e econômicos (Padre & Vidal, 2001).

Entre os principais herbicidas pós-emergentes utilizados atualmente na cultura do milho destaca-se o nicosulfuron, do grupo químico das sulfoniluréias. Os herbicidas deste grupo inibem a acetolactato sintase (ALS), a primeira enzima comum à rota de

biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina, em plantas e microrganismos (Ashton & Monaco, 1991; Anderson et al., 1998).

A aplicação de nicosulfuron no controle de plantas daninhas no milho deve seguir algumas restrições, quanto ao intervalo de aplicação. Como a seletividade do produto está em função da metabolização do nitrogênio, alguns fatores poderão interferir de forma significativa na ocorrência de fitotoxicidade em plantas de milho. Visando amenizar este efeito, recomenda-se a antecipação ou atraso na adubação de cobertura em uma semana com relação à aplicação do herbicida nicosulfuron (Peixoto & Ramos, 2002; López-Ovejero et al., 2003).

As fontes de nitrogênio utilizadas na adubação também apresentam forte relação com a ocorrência de fitotoxicidade. A uréia, por exemplo, se solubiliza rápido enquanto que o sulfato de amônio e nitrato de amônio possui uma solubilização mais lenta, proporcionando uma absorção mais demorada pela planta. Este fator pode propiciar um agravamento dos danos causados pelo herbicida, necessitando, neste caso, de períodos maiores de espera para aplicação do mesmo. (Ramos, 2001).

Neste sentido o objetivo com este trabalho foi avaliar a correlação entre a aplicação de diferentes doses de nicosulfuron associado a diferentes formulações de adubo NPK na cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2013/14 no município de Itumbiara/Goiás, localizado a uma altitude aproximada de 440 m. O município apresenta clima quente e úmido e a precipitação varia de 1.400 mm a 1.800 mm com chuvas regulares nos meses de Outubro a Março e uma estação seca de Abril a Setembro (Soares & Costa, 1994).

Área experimental

O experimento foi conduzido em área irrigada por sistema de aspersão. O solo é caracterizado como latossolo vermelho escuro distrófico (oxissolos vermelho escuro) com histórico de plantio direto a mais de dez anos, em sucessão de culturas, sendo milho no verão e *Mucuna cinereum* no inverno. Segundo resultado da análise de solo, os valores nutricionais apresentaram: pH-5,0, 42% argila, 11% silte, 47% areia e 33,0g/dm³ de matéria orgânica (MO). Níveis de potássio (K) adequado e fosforo (P)

baixo, sendo 63,0 mg/dm³ e 10,4 mg/dm³, respectivamente, CTC 6,69 e SB 49,25%.

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x4 sendo, quatro doses de nicosulfuron (0,0; 20; 40 e 60 g ha⁻¹) e quatro formulações do adubo (NPK 40-80-80; 40-00-80; 40-80-00 e 00-80-80, incorporados no sulco de plantio no momento da semeadura), com três repetições. Para formulação foram usados as seguintes fontes: sulfato de amônio (N, 21%), o supersimples (P₂O₅, 18%) e cloreto de potássio (K₂O, 60%). Não houve adubação de cobertura para este experimento. O híbrido de milho utilizado no experimento foi o P3646H da empresa DuPont Pioneer.

Amostragem

As parcelas foram constituídas de quatro linhas de plantio, espaçadas de 0,75 metros, com uma densidade de cinco plantas por metro linear, perfazendo população de 66.000 plantas ha⁻¹. Para avaliação foram consideradas as duas linhas centrais como área útil da parcela.

O herbicida utilizado no experimento foi o nicosulfuron[®] 40sc da empresa Nortox.

A aplicação foi realizada no estádio V4, obedecendo às recomendações do fabricante. Foi usado pulverizador costal pressurizado, mantendo pressão constante e volume de calda de 220 L ha⁻¹.

As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas aos 14 e 21 dias após aplicação (DAA), utilizando como base a escala diagramática EWRC (FRANS, 1972), onde correspondem as seguintes notas de fitotoxicidade: 1 – nula; 2 – muito leve; 3 – leve; 4 – media; 5 – forte; 6 – muito forte; 7 – severa.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste de F. e as medias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Aplicou-se análise de regressão para testar a correlação entre as doses de nicosulfuron e as formulações do adubo NPK.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fitotoxicidade provocada pelo nicosulfuron ocorre lentamente. As plantas sensíveis tornam-se cloróticas, definham e morrem no prazo de sete a quatorze dias após o tratamento. Segundo Christoffoleti & Lopez-Ovejero (2003) a tolerância observada em cultivares de milho é variada e se intensifica com o avanço do estádio fenológico, com

Tabela 2: Medias de injuria aos 14 dias após a aplicação (DAA) das doses de nicosulfuron (0; 20; 40; 60 g ha⁻¹) do ingrediente ativo, frente às formulações de NPK (40-00-80; 40-80-00; 40-80-80 e 00-80-80).

Doses Nicosf.	Formulado NPK			
	40-00-80	40-80-00	40-80-80	00-80-80
0	1,00 aC	1,00 aC	1,00 aB	1,00 aB
20	3,00 aB	2,33 aB	1,66 bB	1,66 bB
40	3,33 aB	2,33 bB	3,33 aA	2,00 bA
60	4,66 aA	3,33 bA	3,33 bA	2,33 cA

Medias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

aplicações de organofosforado e interação com nitrogênio.

A interação entre as doses de nicosulfuron e as formulações do adubo NPK demonstrou-se significativo ($P < 0,01$) para os 14 e 21 dias após a aplicação. Rodrigues et al. (2012), obteve um nível de dano moderado quando as plantas de milho foram avaliadas aos dez dias após a aplicação do herbicida (DAA). Neste mesmo experimento os autores observaram redução dos efeitos fitotóxicos após 20 DAA. Resultados opostos ao citado anteriormente foram observados neste experimento, onde os efeitos fitotóxicos do nicosulfuron se intensificaram aos 21 DAA (**Figura 2**).

A metabolização das moléculas do herbicida depende de diversos fatores ligados ao ambiente. Segundo Bruce et al. (2003) em condições de déficit hídrico, as plantas reduzem a degradação do herbicida e mantêm o produto absorvido na forma ativa, afetando a enzima ALS, com conseqüente injúria nos tecidos. Em condições de alta temperatura do ar, aumenta a absorção, a translocação e a acumulação de nicosulfuron em plantas de *Restrिंगia repensa*, mas também aumenta a inativação metabólica do herbicida em plantas de milho (Fali & Carelli, 1997).

De acordo com Padre & Vidal (2001) a intensa atividade fotossintética nos estádios de aplicação contribuiu para a elevada translocação do herbicida das folhas aos meristemas. Segundo os autores, Galanear (1999) observou maior absorção e translocação do nicosulfuron com o aumento da luminosidade, acentuando a injúria no milho.

A fitotoxidez foi mais intensa, para 14 e 21 DAA, quando havia disponível no solo a combinação de nitrogênio e potássio (NK), conforme **figura 1a e 1b**. O nitrogênio é indiscutivelmente o principal carreador da molécula do herbicida, mas aparentemente uma interação significativa entre nitrogênio e potássio potencializa os efeitos de dano do nicosulfuron às plantas de milho.

De acordo com Caram et al. (2010) adjuvantes, nutrientes ou inseticidas acrescidos à calda contendo o herbicida nicosulfuron podem modificar a capacidade da planta em tolerá-lo, tendo por conseqüência a perda da seletividade.

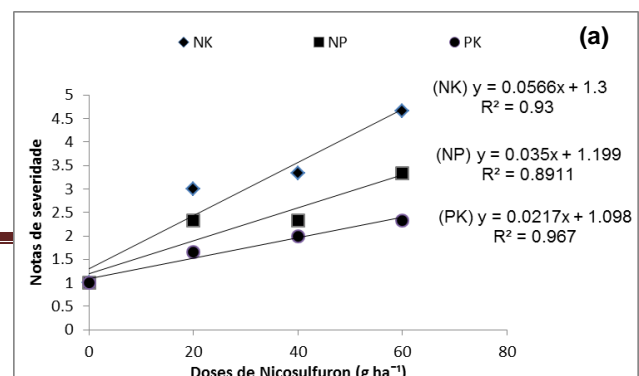
Em comparação de medias realizadas neste experimento (**Tabela 2**), observou-se que a dose de 40 g ha⁻¹ de nicosulfuron não apresentou diferença significativa, quando se aplicou formulações do adubo NPK contendo associado nitrogênio e potássio na formulação (NPK, 40-00-80 e 40-80-80), Estes tratamentos resultaram nas maiores notas de severidade.

Adubações contendo a associação de apenas fosforo e potássio ou fosforo e nitrogênio na formulação (NPK, 00-80-80 e 40-80-00) apresentaram as menores notas de severidade, para 20, 40 e 60 g ha⁻¹ do ingrediente ativo, reforçando a hipótese de que o potássio interage com nitrogênio na intensificação dos efeitos fitotóxicos, independentemente das doses de aplicação e do período de restrição.

Segundo Taiz & Zeiger (2013) o potássio presente nos tecidos vegetais, na forma de K⁺, desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células, além de atuar como ativador de muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese. De acordo com Silva et al. (2011) o potássio ainda está envolvido na no processo metabólico do nitrogênio, como regulação da absorção de nitrato pelas raízes da planta e ativação da enzima redutase do nitrato.

O dano fitotóxico causado pela interação entre nitrogênio e potássio pode estar relacionado à indução de uma maior atividade da enzima redutase do nitrato e do aumento das concentrações de N nos tecidos vegetais. Silva et al. (2011) em um de seus experimentos observou que o potássio contribuiu com 10% no aumento da atividade enzimática, com a aplicação de 100 kg de nitrogênio ha⁻¹.

Os efeitos fitotóxicos potencializados pela interação ente nitrogênio e potássio, podem estar sendo repetidos em outros experimentos, de forma aleatória e involuntária, influenciando assim de forma significativa em seus resultados.



CONCLUSÕES

A severidade da fitotoxidez em plantas de milho aumenta com doses crescentes de nicosulfuron.

Adubações realizadas com a associação de potássio e nitrogênio potencializam o efeito do nicosulfuron sobre as plantas de milho, aumentado à severidade das injúrias.

Ha necessidade de mais estudos sobre o efeito da interação entre potássio e nitrogênio na seletividade de plantas de milho ao nicosulfuron.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, D. D.; NISSEN, S. J.; MARTIN, A. R.; Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. **Weed Science**, Lawrence, v.46, n.1, p.158-162, 1998.

ASHTON, F. M.; MONACO, T. D. **Weed science: principles and practices**. 3 ed. New York : J. Wiley, 1991. 272p.

BRUCE, J. A.; CAREY, J. B.; PENNER, D. Effect of growth stage and environment on foliar absorption, translocation, metabolism, and activity of nicosulfuron in quackgrass (*Elytrigia repensa*). **Weed Science**, Champaign, v.44, n.3, p.447-454, 1996

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. D.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERMANI, L. C. **Nutrição e adubação do milho**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 28 de maio de 2016.

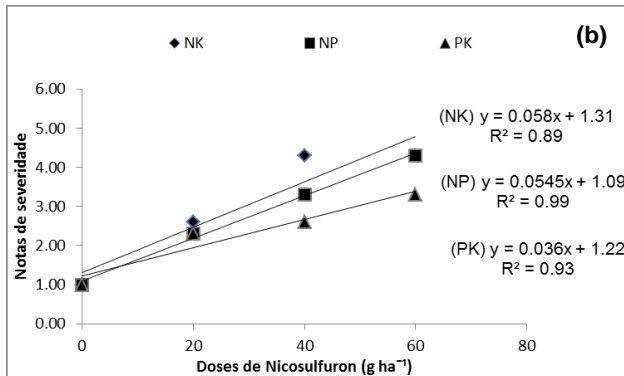
CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; Carvalho, J. C. Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. Londrina: **Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas**. 2003.

FAHL, J. L., CARELLI, M. L. Eficiência do nicosulfuron no controle de capim massambará na cultura do milho. **Planta Daninha**, Londrina, v.15, n.1, p.46-52, 1997.

FRANS, R. W. Measuring plant response. In: WILKINSON, R.E. Research methods in weed science. Australian: **Southern Weed Science Society**, 1972. p.28-41.

GALLAHER, K. Absorption, translocation, and metabolism of primisulfuron and nicosulfuron in broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) and corn. **Weed Science**, Lawrence, v.47, n.1, p.8-12, 1999.

KARAM, D.; MENDONÇA, A. L.; OLIVEIRA, M. F. **Plantas Daninhas na Cultura do Milho**. Circular Técnica 79. Embrapa Milho e Sorgo. 2006.



Outro fator que deve ser estudado é a relação destas condições aos níveis de tolerância em genótipos de milho, quando cultivados em ambientes salinos e ou sob altos níveis de adubação.

Figura 1: Notas de severidade do dano fitotóxico por quatro doses de nicosulfuron (0; 20, 40, 60 g ha⁻¹) aplicado às plantas em estágio V4, frente a três diferentes formulações de adubo NPK, sendo: NK (40-00-80); NP (40-80-00) e PK (00-80-80). Aos 14 DAA (a) e 21 DAA (b).

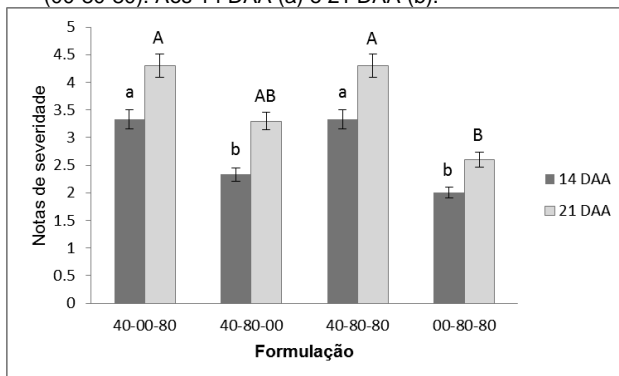


Figura 2: Notas de severidade, para, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) de 40 g ha⁻¹, de nicosulfuron, frente a quatro formulações do adubo NPK (40-00-80; 40-80-00; 40-80-80 e 00-80-80). (Medias seguidas das mesmas letras minúsculas para 14 DAA e maiúsculas para 21 DAA não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, 21(3), 413-419. 2003.

PEIXOTO, C. M.; RAMOS, A. A. **Milho: manejo de herbicida**. caderno técnico, Pelotas: Cultivar, 2002. 10p. (Cultivar Grandes Culturas, 42).

RAMOS, A. A. **COM O CORRETO USO DE HERBICIDAS, PODE-SE AUMENTAR A PRODUTIVIDADE DA LAVOURA**. Pioneer. 2001. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br>. Acesso em 28 de maio 2016.

RODRIGUES, M. J.; TUROZI, T. A.; NETTO, A. P. C.; & TIMOSSI, P. C. Épocas da adubação nitrogenada relacionada à aplicação de nicosulfuron na cultura do milho. **Global science and technology**. issn 1984-3801. 2012.

SILVA S. M.; OLIVEIRA L. J.; FARIA F. P.; REIS E. F.; CARNEIRO M. A. C.; SILVA S. M. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, Santa Maria, 41, 11, 1931–1937. 2011.

SOARES, M. C.; COSTA, J. Dados históricos e geográficos do município de Itumbiara- GO. **Secretaria Municipal de Educação**, Itumbiara-GO, 1994. 27p.

SPADER, V.; VIDAL, R. A. Seletividade e dose de injúria econômica de nicosulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 3, n. 6, p. 929-934, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.