

TOLERÂNCIA DO SORGO GRANÍFERO AO 2,4-D APLICADO EM PÓS-EMERGÊNCIA¹

Tolerance of Grain Sorghum to 2,4-D Applied in Post-Emergence

DAN, H.A.², DAN, L.G.M.³, BARROSO, A.L.L.⁴, OLIVEIRA JR. R.S.⁵, GUERRA, N.³ e FELDKIRCHER, C.⁶

RESUMO - O sorgo granífero é uma espécie de destaque entre aquelas cultivadas em sucessão na região dos cerrados brasileiros. Embora o 2,4-D seja utilizado nessa cultura, pouco tem sido feito para determinar a suscetibilidade dessa espécie em função do seu estágio de desenvolvimento no momento de aplicação. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a seletividade do herbicida 2,4-D aplicado em pós-emergência para a cultura do sorgo granífero. Foi utilizado o cultivar AG-1040, cultivado em vasos com capacidade de 10 dm³ de solo em casa de vegetação. O ensaio foi disposto em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3, correspondendo a cinco doses do herbicida 2,4-D sal de amina (0, 210, 420, 840 e 1.608 g ha⁻¹), aplicadas nos estádios fenológicos de três, cinco e nove folhas completamente expandidas. Injúrias visuais foram observadas com maior intensidade quando as aplicações ocorreram nos estádios iniciais de crescimento vegetativo das plantas de sorgo. No entanto, os maiores efeitos negativos relacionados ao rendimento e ao acamamento de plantas foram observados em aplicações realizadas em estádios mais tardios do ciclo da cultura.

Palavras-chave: estágio de aplicação, *Sorghum bicolor*, mimetizadores de auxina, seletividade.

ABSTRACT - Grain sorghum is one of the major species cultivated as a winter crop in savannah areas in Brazil. Although 2,4-D is currently used on this crop, little has been done to understand crop susceptibility as a function of its vegetative stage at spraying. The present work was carried out to determine the selectivity of 2,4-D applied in post-emergence on grain sorghum. The cultivar AG-1040 was grown in 10 dm³ pots under greenhouse conditions. The experiment was set up in a completely randomized design, in a factorial scheme 5 x 3, composed by five rates of 2,4-D (0, 210; 420; 840 and 1.608 g ha⁻¹), applied at three phenological stages: three, five and nine completely expanded leaves. Visual crop injuries were more intense when the herbicide was applied at the earlier stages of sorghum development. However, the main negative effects related to plant productivity and lodging were observed in herbicide applications carried out at later stages of crop development.

Keywords: phenological stage, *Sorghum bicolor*, synthetic auxins, selectivity.

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor*) constitui-se em uma espécie de verão muito utilizada na Índia, Estados Unidos e alguns países da África, devido ao seu alto valor nutritivo, tanto na alimentação humana (grãos) como na animal (forragens

e grãos) (Dahlberg et al., 2004). No Brasil, o sorgo tem ganhado destaque principalmente como cultura de segunda safra, sendo considerada alternativa viável na substituição do milho em plantio de sucessão, tanto na formação de palhada quanto na produção de grãos e forragem (Gontijo Neto et al., 2002).

¹ Recebido para publicação em 5.11.2009 e na forma revisada em 12.11.2010.

² Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM/NAPD), Av. Colombo 5790, 87020-900, Maringá-PR, <halmeidadan@gmail.com>; ³ Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM); ⁴ Professor da Faculdade de Agronomia da FESURV, Caixa Postal 104, 75901-970. Rio Verde-GO; ⁵ Professor do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM/NAPD), Av. Colombo 5790, 87020-900, Maringá-PR; ⁶ Graduando em Agronomia da FESURV.



Como em qualquer outra cultura, a competição imposta pelas plantas daninhas pode interferir negativamente no rendimento final. Estima-se que a convivência das plantas daninhas com o sorgo granífero durante as quatro primeiras semanas após a emergência pode promover redução de 40 a 97% no rendimento de grãos (Tamado et al., 2002). Segundo Rodrigues et al. (2010), o período anterior à interferência pode se estender a 42 dias. Para Moore & Murray (2004), o incremento de uma planta de *Amaranthus palmeri* por m² pode proporcionar reduções de até 1,8% no rendimento da cultura. No sorgo forrageiro, a interferência imposta pelas plantas daninhas pode proporcionar redução de 18 a 80% na produção de forragem (Andres et al., 2009).

Apesar de ser uma cultura de grande destaque para a produção de grãos na região dos cerrados, poucos são os estudos referentes à seletividade de herbicidas para essa espécie (Abit et al., 2009), o que evidencia a importância de novas pesquisas. Reduções significativas de rendimento têm sido relatadas após a aplicação de herbicidas como atrazine, cyanazine + simazine, pendimethalin, trifluralin e smetolachlor em pré-emergência da cultura (Magalhães et al., 2000; Archangelo et al., 2002; Grichar et al., 2005; Martins et al., 2006).

Em razão da sensibilidade do sorgo à aplicação de herbicidas diretamente na superfície foliar, maior sucesso tem sido creditado às aplicações realizadas em pré-emergência ou dirigida às entrelinhas da cultura, já que a seletividade a esses herbicidas ocorre por posição (Magalhães et al., 2000; Martins et al., 2006).

Outro herbicida de grande potencialidade para ser utilizado na cultura do sorgo é o 2,4-D. Trata-se de um herbicida hormonal do grupo químico das auxinas sintéticas, muito eficiente no controle de plantas daninhas dicotiledôneas, sendo recomendado para aplicação em pós-emergência da cultura e das plantas daninhas (Shaw & Arnold, 2002). A seletividade em gramíneas ocorre por mecanismos fisiológicos, possivelmente porque em dicotiledôneas essa auxina sintética não é metabolizada tão rapidamente quanto a auxina endógena, enquanto monocotiledôneas podem rapidamente inativar as auxinas sintéticas pelo mecanismo de conjugação (Taiz & Zeiger, 2007).

No Brasil, seu registro estende-se apenas para o manejo da cobertura vegetal em pré-plantio. Apesar disso, tem sido intensamente utilizado no manejo de plantas daninhas em pós-emergência do sorgo na região dos cerrados. Tamado & Milberg (2004) observaram que o 2,4-D pode ser uma alternativa viável no controle de *Parthenium hysterophorus*, porém reduções no rendimento do sorgo podem ocorrer quando as aplicações são realizadas tardiamente (> 6 folhas). Rosales-Robles et al. (2005) observaram que a utilização de 590 g ha⁻¹ de 2,4-D aplicado nos estádios de 4 a 6 folhas mostrou maior toxicidade em plantas de sorgo que os herbicidas bromoxynil e prosulfuron, chegando a reduzir a produtividade da cultura. D'Antonino et al. (2009) não observaram efeitos negativos da atividade residual do 2,4-D sobre a cultura do sorgo. Apesar desses resultados, o 2,4-D mostrou-se bastante seletivo quando aplicado em pós-emergência da cultura do milho (Farinelli et al., 2005; Pacheco et al., 2007).

Para que a cultura do sorgo continue se expandindo no Brasil, é de fundamental importância a identificação de herbicidas de aplicação em pós-emergência que apresentem seletividade a essa cultura. Nesse contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar a seletividade do herbicida 2,4-D, aplicado em pós-emergência, em três estádios de desenvolvimento do sorgo granífero.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no campus da Faculdade de Agronomia da FESURV-Universidade de Rio Verde, em Rio Verde-GO, localizada nas coordenadas de 17°48'S, 55°55'W e altitude de 760 m, durante o período de setembro a dezembro de 2008.

As unidades experimentais foram compostas de vasos de 10 dm³ de capacidade, preenchidos com Latossolo Vermelho distroférrico, de textura argilosa, coletado na camada de 20 a 40 cm de profundidade. As características químicas e físicas da amostra do solo foram: pH em água: 4,4; Ca: 1,36 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,73 cmol_c dm⁻³; Al: 0,45 cmol_c dm⁻³; H+Al: 4,8 cmol_c dm⁻³; K: 65 mg dm⁻³; P: 2,07 mg dm⁻³; CTC: 16,6 cmol_c dm⁻³; MO: 21,67 g kg⁻¹; argila: 600 g kg⁻¹; silte: 50 g kg⁻¹; e areia: 350 g kg⁻¹.

A correção da acidez do solo foi realizada 30 dias antes da sementeira do sorgo, utilizando-se o equivalente a 1,78 tonelada de calcário dolomítico (PRNT 98%) por hectare, a fim de elevar a saturação por bases a 50%. No momento da sementeira, realizou-se uma adubação de base com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), 20 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio (sulfato de amônia).

O ensaio foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, em esquema fatorial 5 x 3, correspondendo a cinco doses de 2,4-D sal de amina (DMA 860CE®) (0, 210, 420, 840 e 1.608 g e.a. ha⁻¹, equivalentes a 0; 0,3; 0,6; 1,2; e 2,4 L ha⁻¹ do produto comercial), aplicadas em três estádios fenológicos da cultura. Os estádios 1, 2 e 3 foram compostos de plantas com três folhas completamente expandidas, 16 dias após a emergência; plantas com cinco folhas completamente expandidas, 23 dias após a emergência; e plantas com nove folhas completamente expandidas, 33 dias após a emergência, respectivamente.

A sementeira do sorgo granífero cv. AG-1040 foi feita a 2,5 cm de profundidade; logo após a emergência, as plântulas foram desbastadas, mantendo-se duas plântulas por unidade experimental.

A aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada com pulverizador costal com pressurização a CO₂, munido de quatro pontas de pulverização do tipo TT 110-02 (barra de 2 m, 0,5 m entre pontas), utilizando um volume de calda equivalente a 100 L ha⁻¹. As condições ambientais no momento das aplicações eram as seguintes: estágio 1 (temperatura média de 27,1 °C, UR de 81% e velocidade do vento de 2,1 km h⁻¹); estágio 2 (temperatura média de 26,2 °C, UR de 89% e velocidade do vento de 2,8 km h⁻¹); estágio 3 (temperatura média de 26,7 °C, UR de 75% e velocidade do vento de 3,1 km h⁻¹). Todas as aplicações foram realizadas no mesmo horário (8h30), o qual apresentou as melhores condições de aplicação. A irrigação foi retomada 24 horas após a aplicação dos tratamentos, no intuito de evitar perdas do herbicida por lavagem foliar.

As avaliações da intoxicação das plantas foram feitas aos 7 e 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), utilizando-se escala

percentual de 0 (zero) a 100%, em que 0 representa ausência de sintomas e 100% a morte de todas as plantas. Determinou-se ainda a altura das plantas, medida do colo até a extremidade final da panícula, e a porcentagem de plantas acamadas aos 80 dias após a emergência (DAE). No final do ciclo da cultura, obteve-se o rendimento através da colheita das plantas nas unidades; logo após a colheita, o material foi trilhado, pesado e a umidade dos grãos corrigida para 13%. Determinou-se também a matéria seca acumulada de toda a parte aérea das plantas. O material foi separado das raízes por meio da coleta rente ao solo e seco em estufa com circulação de ar a 65 °C durante um período de 72 horas.

Os resultados referentes aos níveis de intoxicação foram submetidos à transformação ($\sqrt{+1}$) para seguir os pressupostos necessários da análise de variância, que foi realizada com o auxílio do programa estatístico Sisvar. Foram ajustados modelos lineares de regressão para as variáveis-resposta que apresentaram significância, utilizando-se posteriormente o programa Sigma Plot versão 10.0 para confecção das curvas de regressão. Na comparação das equações de regressão foi utilizado o procedimento descrito em Snedecor & Cochran (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância (Tabela 1) indicaram que houve interação significativa a 5% de probabilidade ($P < 0,05$) para as variáveis intoxicação (7 e 21 DAA), porcentagem de plantas acamadas, matéria seca da parte aérea e radicular e rendimento do sorgo granífero cv. AG-1040, em relação às doses de 2,4-D aplicadas em três estádios fenológicos. Não se observou interação entre as doses do 2,4-D e as épocas de aplicação quanto à capacidade de redução na altura de plantas.

Os níveis de intoxicação máximos apresentados pela cultura aos 7 DAA foram de 34,9, 26,4 e 20,9%, respectivamente, para aplicações realizadas nos estádios 1, 2 e 3, na dose de 1.608 g ha⁻¹ de 2,4-D. Isso mostra que os maiores níveis de injúria ocorreram nas aplicações realizadas em estádios mais precoces (Figura 1A). Comparando as equações ajustadas (Tabela 2), observa-se que esse



Tabela 1 - Resumo da análise de variância, com os quadrados médios, para as variáveis: intoxicação, acamamento (AC), altura (AL), matéria seca da parte aérea (AE), radicular (RA) e rendimento (RD) da cultura do sorgo, em função do estágio e das doses de 2,4-D

FV	GL	Intoxicação		AC	AL	Matéria seca		RD
		7 DAA	21 DAA			AE	RA	
Bloco	3	4,739 ^{ns}	1,821 ^{ns}	10,223 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,549 ^{ns}	2,21 ^{ns}	263,432 ^{ns}
Herbicida	4	1.472,108*	571,543*	895,225*	0,021 ^{ns}	3,448*	3,41*	1.123,432*
Estádio	2	115,416*	172,432*	2.565,050*	0,001 ^{ns}	0,917 ^{ns}	0,991 ^{ns}	75,984*
H x E	8	22,395*	45,793*	446,925*	0,002 ^{ns}	7,726*	6,712*	140,245*
Resíduo	42	4,292	2,775	3,912*	0,002	1,31	1,49	106,798
Média		15,46	13,43	14,10	1,39	8,37	12,37	70,01
CV (%)		13,24	12,39	14,01	4,01	12,03	16,03	14,43

* significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} não significativo pelo teste F.

efeito foi significativamente superior aos encontrados nos tratamentos aplicados no estágio 3, que apresentou menores níveis de injúria. Não foram observadas diferenças significativas entre as aplicações realizadas nos estádios 1 e 2, segundo o teste de comparação de modelos previsto por Snedecor & Cochran (1989).

Apesar da ligeira recuperação dos sintomas aos 21 DAA, a tendência observada na avaliação aos 7 DAA foi mantida, indicando que aplicações realizadas em estádios mais precoces de desenvolvimento do sorgo mantiveram os maiores níveis de intoxicação (Figura 1B). Rosales-Robles et al. (2005) observaram que as injúrias causadas pela utilização de 540 g ha⁻¹ de 2,4-D no momento em que as plantas de sorgo apresentaram quatro folhas persistiram até 28 dias após a aplicação. Esses autores relatam ainda sintomas como clorose, corroborando os resultados do presente ensaio. Segundo Brown et al. (2004), além da clorose, sintomas típicos de intoxicação provocados por 2,4-D incluem aqueles relacionados ao crescimento desordenado dos tecidos mais jovens das plantas, já que se trata de um herbicida hormonal.

Apesar dos níveis mais baixos de intoxicação, os resultados de 21 DAA seguiram a mesma tendência, isto é, aplicações realizadas em estádios mais precoces de desenvolvimento do sorgo apresentaram maiores percentuais de crescimento de intoxicação (Figura 1B). Comparando os coeficientes angulares dos modelos lineares ajustados aos 21 DAA (Figura 1B), observa-se que, embora em todos os casos a porcentagem de intoxicação seja diretamente

relacionada à dose aplicada de 2,4-D, plantas que receberam o herbicida no estágio 1 (com

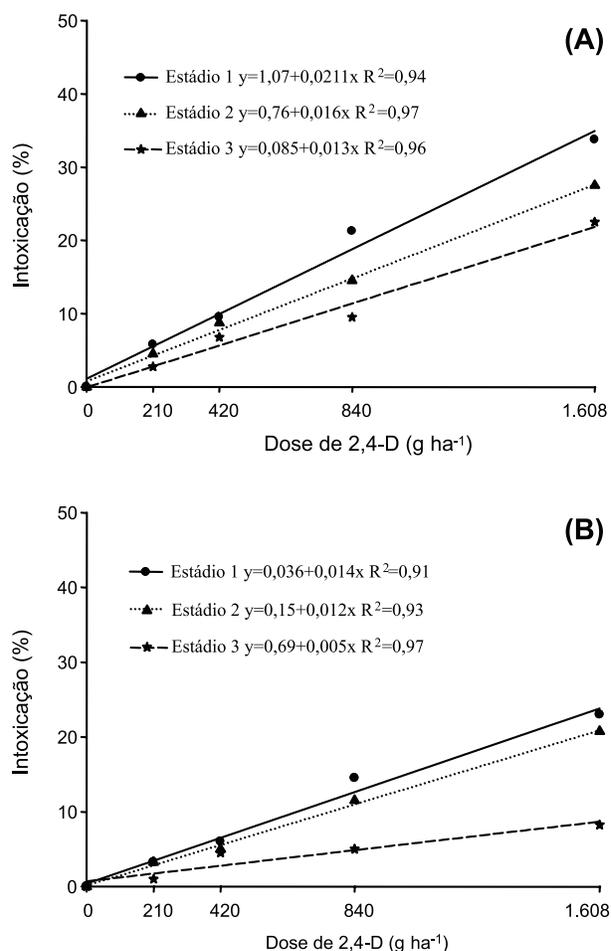


Figura 1 - Intoxicação em plantas de sorgo granífero aos 7(A) e 21(B) dias após a aplicação de diferentes doses do 2,4-D, em três estádios da cultura.

Tabela 2 - Comparação das equações de regressão referentes às épocas de aplicação de 2,4-D realizadas nos estádios 1, 2 e 3 (E1, E2 e E3)

Herbicida	F					Rendimento
	Intoxicação		Acamamento	Matéria seca		
	7 DAA	21 DAA		Aérea	Raiz	
E1 vs E2	ns	ns	ns	ns	ns	*
E1 vs E3	*	**	**	**	**	*
E2 vs E3	ns	**	**	**	ns	ns

** e *: significativo a 1 e 5%, respectivamente, e ns: não significativo.

três folhas) apresentaram incrementos sobre a porcentagem de intoxicação aproximadamente três vezes maiores do que aquelas que receberam a aplicação no estágio 3 (com nove folhas), mostrando que os sintomas visuais são menos evidentes em aplicações mais tardias.

Não se observou interação entre as doses do 2,4-D e as épocas de aplicação quanto à capacidade de redução na altura de plantas de sorgo. No entanto, o principal distúrbio causado pela aplicação de doses mais elevadas dessa auxina sintética foi um dimorfismo presente no colo da planta. Esse fenômeno foi acompanhado de crescimento desordenado das raízes adventícias, semelhante aos resultados descritos por Bhaskaran & Smith (1989) e Brown et al. (2004) na cultura do sorgo e Corso et al. (1980) na cultura da cana. Esses autores relatam ainda que o fato está relacionado a aumentos significativos da enzima celulase, especialmente da carboximetilcelulase (CMC), notadamente nas raízes. Por esse motivo, espécies sensíveis têm seu sistema radicular rapidamente destruído, devido ao alongamento celular desordenado e à falta de resistência da coifa, já que herbicidas pertencentes a esse grupo químico induzem intensa proliferação celular em tecidos, causando epinastia de folhas e caule, além de interrupção do floema, impedindo o movimento dos fotoassimilados das folhas para o sistema radicular (Silva et al., 2007).

O dimorfismo presente nas raízes adventícias ocorreu de forma mais expressiva com a utilização de doses a partir de 420 g ha⁻¹ de 2,4-D aplicadas no estágio 3 (plantas com nove folhas expandidas), repercutindo diretamente sobre a capacidade de fixação da planta no solo,

já que as raízes se apresentaram deformadas. Observa-se que o maior percentual de plantas acamadas está diretamente relacionado com o aumento da dose do herbicida (Figura 2). Esse fato ocorreu com maior intensidade em aplicação realizada no estágio 3, no qual acima de 50% das plantas acamaram com o uso de doses superiores a 840 g ha⁻¹ de 2,4-D. Neste, a frequência de aparecimento dos sintomas foi significativamente superior quando comparado aos demais estádios utilizados para aplicação do 2,4-D (Tabela 2). Além de dificultar a colheita mecânica, o aumento do acamamento de plantas pode acarretar maiores perdas de grãos e maior teor de umidade e de impurezas.

Ao analisar os percentuais de acúmulo da matéria seca da parte aérea e radicular (Figura 3), constata-se comportamento semelhante ao de todas variáveis apresentadas

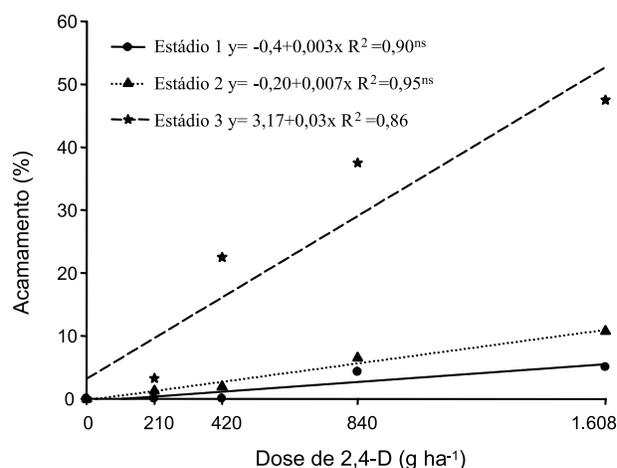


Figura 2 - Porcentagem de acamamento em plantas de sorgo granífero aos 80 DAE, em função de diferentes doses de 2,4-D aplicadas em três estádios da cultura.



anteriormente. Reduções mais expressivas com a elevação das doses e efeitos mais supressivos no acúmulo de matéria seca são observados nas aplicações realizadas nos estádios iniciais de desenvolvimento, mostrando que plantas jovens, quando submetidas a elevadas doses do herbicida, apresentam menor capacidade de recuperação quando comparadas com as mais desenvolvidas. No entanto, como mencionado, doses de 2,4-D aplicadas em estádios mais avançados proporcionaram crescimento desordenado das raízes adventícias. Em contrapartida, menores efeitos sobre o acúmulo de matéria seca das raízes foram obtidos em aplicações nesses estádios, fato esse que pode estar relacionado à formação radicular já estabelecida no momento da aplicação.

Analisando os percentuais de acúmulo de matéria seca da parte aérea em relação aos valores observados na testemunha (Figura 3B), constata-se que as maiores reduções ocorreram com a aplicação do herbicida nos estádios 1 e 2, o que pode estar relacionado à maior intoxicação das plantas em ambos os estádios. Nas aplicações nesses estádios, o acréscimo de cada grama da dose do herbicida proporcionou decréscimos de 0,017 e 0,016% na matéria seca acumulada, respectivamente. Essa observação pode ser um fator negativo para quem trabalha com sorgo visando à produção de forragem, uma vez que a produção de matéria verde pode vir a ser comprometida. Pacheco et al. (2007) relatam reduções significativas no acúmulo de biomassa seca com o uso de doses elevadas ($> 500 \text{ g ha}^{-1}$) de 2,4-D na cultura do milho.

A intoxicação causada pelo uso de 2,4-D proporcionou reduções significativas no rendimento da cultura (Figura 4). Dentro do intervalo de doses estudado, observam-se valores máximos de redução de 25, 34 e 38%, referentes às aplicações realizadas nos estádios 1, 2 e 3, respectivamente. No entanto, é importante observar que essa redução está diretamente relacionada com o aumento da dose. Rosales-Robles et al. (2005) constataram que as injúrias causadas por 540 g ha^{-1} do herbicida 2,4-D reduziram em 8% a produtividade do cultivar de sorgo P-82G63. Utilizando as equações de regressão ajustadas e a dose de 540 g ha^{-1} , obtêm-se reduções variando de 8 a 16%, o que

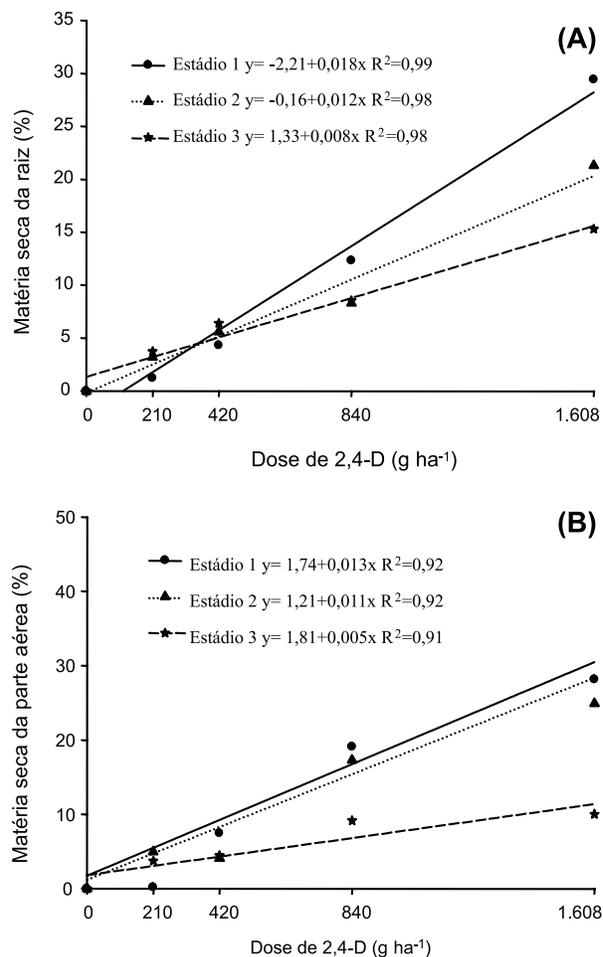


Figura 3 - Acúmulo relativo de matéria seca da raiz (A) e da parte aérea (B) de plantas de sorgo em relação à testemunha sem herbicida aos 98 dias após a emergência das plântulas, em função de diferentes doses de 2,4-D aplicadas em três estádios da cultura.

se assemelha aos resultados descritos por Rosales-Robles et al. (2005). No entanto, é possível observar diferenças significativas entre os estádios utilizados na aplicação para a variável rendimento. Essas diferenças foram bem marcantes quando o herbicida foi aplicado nos estádios 2 e 3 (Tabela 2), com reduções significativamente superiores às observadas no estádio 1, denotando a importância do estádio e da dose no momento da aplicação.

Diferentemente dos resultados de intoxicação e acúmulo de matéria seca da parte aérea e radicular, os menores rendimentos ocorreram sobretudo nas plantas que receberam aplicações mais tardias. Ressalta-se que

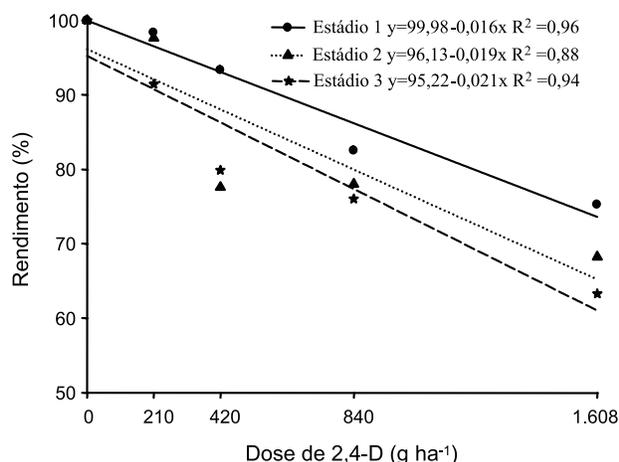


Figura 4 - Rendimento do sorgo granífero cv. AG-1040 em relação à testemunha sem herbicida, em função de diferentes doses de 2,4-D aplicadas em três estádios da cultura.

a diferenciação do ponto de crescimento (transição entre fase vegetativa e reprodutiva) ocorre durante esse período (Craufurd & Qi, 2001). Isso poderia explicar a maior sensibilidade das plantas com nove folhas expandidas, ou seja, no estágio 3. É importante frisar que o número total de folhas nesse estágio já foi determinado e o tamanho potencial da panícula ainda o será. Dessa forma, o desequilíbrio hormonal causado durante essa fase pode ter impedido a completa formação e enchimento dos grãos existentes na panícula, resultando em menor rendimento, já que não foram observados distúrbios morfológicos nas estruturas reprodutivas. Herbicidas mimetizadores de auxina também causam distúrbios na formação de raízes e vasos condutores, dificultando o transporte de água e a redistribuição de fotoassimilados (Taiz & Zeiger, 2006).

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que as injúrias visuais atingiram maior intensidade quando as aplicações com 2,4-D ocorreram nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas de sorgo. No entanto, os maiores efeitos negativos relacionados ao rendimento da cultura foram observados nas aplicações realizadas em estádios mais tardios.

LITERATURA CITADA

ABIT, J. M. et al. Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotrione. **Weed Technol.**, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2009.



ANDRES, A. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo forrageiro em terras baixas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 229-234, 2009.

ARCHANGELO, E. R. et al. Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do sorgo forrageiro. **R. Bras. Milho Sorgo**, v. 1, p. 107-115, 2002.

BHASKARAN, S.; SMITH, R. H. Control of morphogenesis in sorghum by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and cytokinins. **Ann. of Bot.**, v. 64, n. 2, p. 217-224, 1989.

BROWN, D. W. et al. Safening grain sorghum injury from metsulfuron with growth regulator herbicides. **Weed Sci.**, v. 52, n. 1, p. 319-325, 2004.

CORSO, G. M. et al. Estudo anatômico comparativo entre formas normais e estruturais teratogênicas provocadas por 2,4-D em cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 3, n. 1, p. 41-47, 1980.

CRAUFURD, P. Q.; QI, A. Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) in Nigeria. **Agric. Forest Met.**, v. 108, n. 3, p. 199-211, 2001.

DAHLBERG, J. A.; BURKE, J. J.; ROSENOW, D. T. Development of a sorghum core collection: refinement and evaluation of a subset from sudan. **Econ. Bot.**, v. 58, n. 4, p. 556-567, 2004.

D'ANTONINO, L. et al. Efeitos de culturas na persistência de herbicidas auxínicos no solo. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 371-378, 2009.

FARINELLI, R. et al. Eficiência do herbicida 2,4-D no controle de *Raphanus raphanistrum* L. em pós-emergência na cultura do milho. **R. Bras. Milho Sorgo**, v. 4, p. 104-111, 2005.

GONTIJO NETO, M. M. G. et al. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade *in Vitro*. **R. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 3, p. 1640-1647, 2002.

GRICHAR, W. J. et al. Weed control and grain sorghum (*Sorghum bicolor*) response to postemergence applications of atrazine, pendimethalin, and trifluralin. **Weed Technol.**, v. 19, n. 4, p. 999-1003, 2005.

MAGALHÃES, P. C. et al. Fitotoxicidade causada por herbicidas na fase inicial de desenvolvimento da cultura do sorgo. **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 483-490, 2000.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; MARTINS, D. Seletividade de herbicidas sobre a produtividade e a qualidade de sementes de sorgo granífero. **Agropec. Téc.**, v. 27, p. 37-42, 2006.

- MOORE, J. W.; MURRAY, D. S. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) effects on the harvest and yield of grain sorghum (*Sorghum bicolor*). **Weed Technol.**, v. 18, n. 1, p. 23-29, 2004.
- PACHECO, L. P. et al. Tolerância do milheto (*Pennisetum americanum*) ao 2,4-D. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 173-179, 2007.
- ROSALES-ROBLES, E. et al. Broadleaf weed management in grain sorghum with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Technol.**, v. 19, n. 1, p. 385-390, 2005.
- RODRIGUES, A. C. P. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 23-31, 2010.
- SHAW, D. R.; ARNOLD, J. C. Weed control from herbicide combinations with glyphosate. **Weed Technol.**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2002.
- SILVA, A. A. et al. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 83-148.
- SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 8.ed. Ames, Iowa State University Press, 1989. 503 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. p. 705.
- TAMADO, T.; SCHUTZ, W.; MILBERG, P. Germination ecology of the weed *Parthenium hysterophorus* in eastern Ethiopia. **Ann. Appl. Biol.**, v. 140, n. 2, p. 263-270, 2002.
- TAMADO, T.; MILBERG, P. Control of parthenium (*Parthenium hysterophorus*) in grain sorghum (*Sorghum bicolor*) in the smallholder farming system in eastern Ethiopia. **Weed Technol.**, v. 18, n. 3, p. 100-105, 2004.

