

EFEITOS DE HERBICIDAS NA BIOMASSA E NODULAÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI INOCULADO COM RIZÓBIO¹

FABIO PINTO DOS REIS MONTEIRO², ALOISIO FREITAS CHAGAS JUNIOR^{3*}, MARCELO RODRIGUES REIS⁴,
GIL RODRIGUES DOS SANTOS³, LILLIAN FRANÇA BORGES CHAGAS³

RESUMO - O trabalho teve como objetivo verificar os possíveis efeitos de herbicidas na biomassa e nodulação do feijão-caupi. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento estatístico de blocos casualizados, em arranjo fatorial 4x2 + 2, correspondendo as aplicações dos herbicidas bentazon, clethodim, fomesafen e s-metolachlor, nas doses recomendada (DR) e dobro da recomendada (DDR) em quatro épocas de desenvolvimento do feijão-caupi (20, 30, 45 e 55 dias após o plantio -DAP). Foram incluídos uma testemunha inoculada e sem aplicação de herbicida e um controle sem inoculação, sem aplicação de herbicida e com adubação nitrogenada. A inoculação foi realizada com as estirpes INPA 03-11B e UFLA 03-84. Os resultados sugerem que o bentazon e clethodim, tanto na dose recomendada como no dobro da dose, proporcionam baixa fitotoxicidade ao feijão-caupi e pouco influenciaram na nodulação e biomassa da cultura. O herbicida s-metalochlor apresenta elevado grau de fitotoxicidade no feijão-caupi e inibe totalmente o desenvolvimento vegetativo quando aplicado em dobro da dose recomendada.

Palavras-chaves: *Vigna unguicula* L. (Walp.). Fixação biológica de nitrogênio. Rizóbio.

EFFECT OF HERBICIDES ON BIOMASS AND NODULATION COWPEA INOCULATED OF RHIZOBIA

ABSTRACT - This paper aimed to evaluate the effects of herbicides on the biomass and nodulation of cowpea. The experiment was conducted in greenhouse, in experimental design with randomized blocks, in factorial arrangement 4x2 + 2, corresponding applications of the herbicide bentazon, clethodim, fomesafen and s-metolachlor, the recommended dose (RD) and recommended twice (RDA) in four periods of development of cowpea (20, 30, 45 and 55 days after planting, DAP). An inoculated control treatment without herbicide application and a control without inoculation, no application of herbicide and nitrogen fertilizer were included. Inoculation was performed with the strains INPA UFLA 03-11B and 03-84. The results showed for the experiment in a greenhouse that bentazon and clethodim, both at the recommended dose and double dose, provide low phytotoxicity to cowpea and has little influence on nodulation and crop biomass. The herbicide s-metalochlor presents high degree of phytotoxicity in cowpea, completely inhibits the vegetative growth when applied at twice the recommended dose.

Keywords: *Vigna unguicula* L. (Walp.). Biological nitrogen fixation. Rhizobia.

* Autor para correspondência.

¹ Recebido para publicação em: 25/01/2011; aceito em 10/07/2012.

Trabalho de dissertação de mestrado em Produção Vegetal do primeiro autor.

² Mestrado em Produção Vegetal, UFT Campus de Gurupi, Caixa Postal 66, 77402-970, Gurupi-TO; mestreuft@gmail.com

³ Laboratórios de Microbiologia e Fitopatologia, UFT Campus de Gurupi, Caixa Postal 66, 77402-970, Gurupi-TO; chagasjraf@uft.edu.br, gilrsan@uft.edu.br, lillianfb@gmail.com

⁴ Departamento de Fitotecnia, UFV/CRP, Caixa Postal 22, 38810-000, Rio Paranaíba-MG; reisagro@gmail.com

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é amplamente cultivado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, principalmente por sua adaptação às condições edafoclimáticas (FREIRE FILHO et al., 2005; XAVIER et al., 2006). Apesar de sua importância socioeconômica, a cultura apresenta baixa produtividade, em torno de 300 a 400 kg ha⁻¹, devido, em grande parte, às condições de cultivo sem adoção de tecnologias avançadas. Isto implica na necessidade do uso de práticas que possam viabilizar aumentos na produtividade de uma maneira ecológica e economicamente sustentável (SOARES et al., 2006).

Dentre as tecnologias que permitem maiores rendimento de grãos, a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é amplamente reconhecida, pois minimiza o custo da produção, pela diminuição no uso de fertilizantes nitrogenados. Esta interação do feijão-caupi com bactérias fixadoras de N₂ atmosférico ou rizóbios via utilização de inoculantes e o conhecimento do processo de nodulação pode contribuir no aumento da produtividade da cultura em mais de 50% (ZILLI et al., 2006, 2009; CHAGAS JR et al., 2010).

No entanto as plantas daninhas constituem um dos fatores que mais influenciam negativamente no crescimento, desenvolvimento e na produtividade da cultura do feijão-caupi, pois competem por luz, nutrientes e água, além de aumentar os custos operacionais de colheita, secagem e beneficiamento dos grãos (FREITAS et al., 2009). O uso de herbicidas como componente do manejo integrado na cultura do feijão-caupi poderá permitir eficácia no controle de plantas daninhas com redução de custos de produção. Porém, a utilização de herbicidas pode influenciar a dinâmica dos micro-organismos do solo (JAKELAITIS et al., 2007; REIS et al., 2008), podendo apresentar efeitos maléficos, benéficos (REIS et al., 2008) ou nulos (PEREIRA et al., 2008).

A aplicação de herbicidas pode trazer consequências indesejáveis para a microbiota dependendo do princípio ativo, da formulação, da dose utilizada, dos micro-organismos presentes e da sensibilidade destes aos diversos produtos, das condições climáticas e do tipo de solo (SILVA et al., 2003). Acredita-se que a maior interferência desses compostos ocorre quando eles agem sobre a biossíntese de aminoácidos ou rotas metabólicas comuns entre micro-organismos e plantas (SANTOS et al., 2006).

Portanto, o uso de moléculas herbicidas e formulações menos agressivas a organismos não-alvos deve ser objetivo de todos aqueles que se utilizam dessa tecnologia para aumentar a produção de alimentos sem comprometer a produtividade e sustentabilidade do sistema. Assim, devido aos poucos estudos relacionados à influência de herbicidas na nodulação do feijão-caupi e, principalmente, à inexistência de herbicidas registrados no Brasil para

esta cultura, objetivou-se neste trabalho verificar os possíveis efeitos de herbicidas aplicados em dosagem recomendada e no dobro da dosagem recomendada na biomassa e nodulação do feijão-caupi em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, em vasos de 10 L, preenchidos com solo peneirado, coletado em área sem histórico de cultivo de leguminosas e aplicação de pesticidas, na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins Campus de Gurupi. A variedade utilizada de feijão caupi foi a Vinagre, de porte semi-ereto, de ciclo médio-tardio (71-90 dias) e tegumento de grãos de cor vermelha. As características físico-químicas do solo foram: 4,0 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,9 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,1 cmol_c dm⁻³ de K; 2,8 mg dm⁻³ de P; 0,06 cmol_c dm⁻³ de Al; 8,3 cmol_c dm⁻³ de CTC; 5,0 cmol_c dm⁻³ de S – soma de bases; 61% de V – saturação de bases; pH 5,8 em água; 1,7% de matéria orgânica; textura de 79, 5,0 e 16% de areia, silte e argila, respectivamente (EMBRAPA, 1997).

A inoculação foi realizada com as estirpes INPA 03-11B e UFLA 03-84, obtidas na Coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA, aplicadas separadamente. Essas estirpes são caracterizadas como *Bradyrhizobium sp.*, aprovadas como inoculantes para a cultura pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As estirpes utilizadas, após crescimento em meio YMA (extrato de levedura, manitol e agar) por cinco dias, foram suspensas individualmente em solução salina (0,2% MgSO₄) e cada uma dessas suspensões (de 10⁹ células mL⁻¹) foram inoculadas nas sementes. Antes da inoculação as sementes foram lavadas com etanol por 30 segundos, desinfestadas com hipoclorito de sódio 5%, por 3 minutos, e lavadas com água esterilizada por 10 vezes, sucessivamente.

Foram semeadas seis sementes por vaso na profundidade de 2 cm, realizando-se o desbaste das plântulas aos oito dias após a semeadura, deixando-se três plantas por vaso, com o total de 160 vasos. O delineamento estatístico foi blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2 + 2, com quatro repetições, correspondendo às aplicações dos herbicidas bentazon (Basagran® 600), s-metolachlor (Dual Gold®), fomesafen (Flex®) e clethodim (Select® 240EC), nas doses recomendada (DR) e no dobro da recomendada (DDR). Além destes, foi utilizada uma testemunha (inoculada e sem aplicação de herbicida) e um controle (sem inoculação, sem aplicação de herbicidas e com adubação nitrogenada de 50 kg ha⁻¹ de ureia, sendo dividida em duas aplicações: 20 kg ha⁻¹ de N no momento do plantio e 30 kg ha⁻¹ de N de cobertura 25 dias após a emergência das plantas).

As plantas foram irrigadas diariamente com 140 mL de água por vaso, sendo administrada, a cada sete dias, uma solução nutritiva livre de N (ZILLI et al., 2006).

A aplicação do herbicida s-metolachlor foi em pré-emergência, no dia do plantio às 17:00 h, com temperatura de 25 °C, umidade relativa do ar (UR) de 55%, solo úmido, velocidade do vento de 1 km h⁻¹ e céu com nuvens esparsas. Os herbicidas bentazon, fomesafen e clethodim foram aplicados em pós-emergência, 15 dias após o plantio, correspondendo ao estágio de V5 (CAMPOS et al., 2000), também às 17:00 horas, em condições semelhantes às encontradas por ocasião da aplicação do herbicida s-metolachlor. Utilizou-se pulverizador costal pressurizado com gás carbônico (CO₂), bico XR 110 02 TEEJET, calibrado para volume de calda de 160 L ha⁻¹.

Os dados referentes às doses, época de aplicação dos herbicidas e estágio de desenvolvimento do feijão-caupi são apresentadas na Tabela 1.

As avaliações foram realizadas aos 20, 30, 45 e 55 dias após a semeadura do feijão-caupi. Em cada avaliação as plantas foram colhidas e a parte aérea separada das raízes com um corte feito na base do caule, e após lavagem das raízes os nódulos foram retirados e contados. As variáveis analisadas foram número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). Os nódulos e partes aérea e radicular das plantas foram secas em estufa por 72 horas a 65 °C até atingir peso constante (COSTA et al., 2006). Determinou-se a eficiência relativa (ER) calculada segundo a fórmula: ER = (MSPA inoculada / MSPA com N) x 100, em

que MSPA inoculada corresponde à matéria seca da parte aérea da planta com inoculação e MSPA com N à matéria seca da parte aérea da planta adubada com N mineral (LIMA et al., 2005).

Os dados foram transformados em porcentagem em relação à testemunha sem herbicida, a fim de que se obtivesse homocedasticidade e normalidade dos erros. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira avaliação aos 20 dias após o plantio (DAP), a variável matéria seca da parte aérea (MSPA) foi afetada negativamente pelo bentazon e pelo s-metolachlor na dose recomendada (DR) e no dobro da dose recomendada (DDR), e pelo fomesafen somente no DDR, com redução entre 27,4 e 89%, em relação à testemunha sem herbicida, sendo s-metolachlor DDR que promoveu maior redução. Por outro lado, as aplicações dos herbicidas clethodim DR e DDR e fomesafen DR não reduziram a MSPA (Tabela 2). Os mesmos tratamentos que causaram redução na MSPA também diminuíram a matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST). Essa redução variou de 30 a 69,4% para MSR e de 22,9 a 82,6% para MST, também com a maior redução para o tratamento com s-metolachlor DDR, sendo observado efeito fitotóxico deste herbicida nas plantas de feijão-caupi. Não ocorreu nodulação aos 20 dias após a emergência das plantas de feijão-caupi, não

Tabela 1. Doses e épocas de aplicação dos herbicidas sobre o feijão-caupi e estágio de desenvolvimento da cultura.

Tratamento	Doses ¹	Doses g ha ⁻¹ (i.a.)	Época de aplicação DAP ²	Estádio do feijão-caupi ³
bentazon (Basagran [®])	DR 1,2	780	15	V5
	DDR 2,4	1440	15	V5
clethodim (Select [®])	DR 0,4	96	15	V5
	DDR 0,8	192	15	V5
fomesafen (Flex [®])	DR 1,0	250	15	V5
	DDR 2,0	500	15	V5
s-metolachlor (Dual Gold [®])	DR 1,25	1200	no plantio	-
	DDR 2,5	2400	no plantio	-
testemunha sem herbicida	-	-	-	-
controle com N	-	-	-	-

¹ Doses em L ha⁻¹. Doses recomendadas para a cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). DR = dose recomendada, DDR = dobro da dose recomendada. ² DAP = dias após o plantio. ³ V5 = terceiro trifólio aberto (CAMPOS et al., 2000).

Tabela 2. Massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MST), número de nódulos (NN) e massa seca dos nódulos (MSN) em feijão-caupi inoculado com rizóbio em função de aplicação de herbicidas em dose recomendada (DR) e dobro da recomendada (DDR) aos 20 e 30 dias após o plantio¹.

Tratamento	Dose ² (L ha ⁻¹)	MSPA	MSR	MST	NN	MSN
20 DAP ³						
bentazon (Basagran)	DR 1,2	69,9 b	61,1 b	66,9 b	0	0
	DDR 2,4	72,6 b	63,9 b	69,7 b	0	0
clethodim (Select)	DR 0,5	100 a	147 a	116 a	0	0
	DDR 1,0	86,3 a	106 a	89,9 a	0	0
fomesafen (Flex)	DR 1,0	86,3 a	97,2 a	89,9 a	0	0
	DDR 2,0	67,1 b	58,3 b	64,2 b	0	0
s-metolachlor (Dual)	DR 1,25	64,4 b	70,0 b	77,1 b	0	0
	DDR 2,5	11,0 c	30,6 c	17,4 c	0	0
testemunha ⁴	-	100 a	100 a	100 a	0	0
controle Adubado ⁵	-	95,9 a	94,5 a	95,4 a	0	0
CV (%) ⁶		19,6	28,6	19,5	-	-
30 DAP						
bentazon (Basagran)	DR 1,2	76,9 b	59,1 c	71,4 c	39,8 b	17,8 c
	DDR 2,4	61,9 c	69,7 b	64,8 d	26,1 b	25,0 c
clethodim (Select)	DR 0,6	88,4 a	104 a	97,4 a	53,4 b	28,6 c
	DDR 1,4	77,6 b	86,4 b	80,4 c	31,8 b	25,0 c
fomesafen (Flex)	DR 1,0	91,8 a	124 a	103 a	82,9 a	28,6 c
	DDR 2,0	59,7 c	43,9 c	54,8 d	48,9 b	53,6 b
s-metolachlor (Dual)	DR 1,25	68,7 c	77,3 b	71,9 c	18 c	16,1 c
	DDR 2,5	0 d	0 d	0 e	0 c	0 d
testemunha	-	100 a				
controle Adubado	-	85,1 a	96,9 a	89,4 b	62,5 a	78,6 b
CV (%)		15,6	21,7	11,1	44,3	31,4

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. ⁽²⁾ Doses recomendadas para o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). ⁽³⁾ DAP = Dias após o plantio. ⁽⁴⁾ Testemunha inoculada sem herbicida. ⁽⁵⁾ Controle adubado com N mineral, sem inoculação e sem herbicida. ⁽⁶⁾ Coeficiente de Variação.

sendo possível realizar sua avaliação nessa época (Tabela 2).

Aos 30 DAP, somente o clethodim DR e fomesafen DR não reduziram a MSPA, MSR e MST. Todavia, os demais tratamentos utilizando herbicidas apresentaram redução entre 22,4 e 40,3% para MSPA, 13,6 e 56,1% para MSR e 19,6 e 45,2% para MST (Tabela 2). O tratamento com s-metolachlor DDR causou uma elevada intoxicação nas plantas de feijão-caupi, não sendo possível nessa época realizar a avaliação da biomassa e nodulação. O mesmo não foi encontrado por Ishaya et al. (2008) em trabalhos com o feijão-caupi, onde relataram que a aplicação em pré-emergência da mistura dos herbicidas metolachlor e prometryn (1250 + 800 g i.a. ha⁻¹) não afetou negativamente o vigor e nem provocou sintomas visuais severos de fitotoxicidade nas plantas da variedade SAMPEA-7. Porém, a dose de metolachlor utilizada por Ishaya et al. (2008) foi, aproximadamente, a metade da utilizada no presente experimento.

Todos os tratamentos, exceto com fomesafen DR, reduziram 46,6 e 73,9% o número de nódulos (NN). Quanto à matéria seca de nódulos (MSN) aos 30 DAP a testemunha inoculada foi significativa-

mente superior aos demais tratamentos que apresentaram redução variando em média de 21 a 82%. Arruda et al. (2001) trabalhando com soja, aplicando o herbicida sulfentrazone, de mecanismo de ação similar ao do fomesafen, constatou a redução tanto da formação de nódulos quanto a fixação do N₂, e esses efeitos são acentuados com o aumento das doses do herbicida.

Aos 45 DAP, os tratamentos com bentazon DR e s-metolachlor DR apresentaram redução da MSPA de 23,7 e 28,7%, respectivamente, e da MST de 19,3 e 22,9%, respectivamente. Já para a MSR não houve diferença em relação à testemunha sem herbicida, com exceção do tratamento com s-metolachlor DDR que não foi avaliado. O bentazon DR e s-metolachlor DR reduziram o NN em 16,7 e 32,3%, respectivamente. Em relação a MSN, com exceção dos tratamentos com bentazon DR, todos os herbicidas reduziram, variando de 26,9 a 49,8% (Tabela 3).

Na quarta avaliação, período da floração aos 55 DAP, somente o s-metolachlor DR reduziu a MSPA e a MST em 26,5 e 24,7%, respectivamente, em relação à testemunha sem herbicida, porém, no dobro da dose recomendada observou-se redução de

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MST), número de nódulos (NN) e massa seca dos nódulos (MSN) em feijão-caupi inoculado com rizóbio em função de aplicação de herbicidas em dose recomendada (DR) e dobro da recomendada (DDR) aos 45 e 55 dias após o plantio¹.

Tratamento	Dose ² (L ha ⁻¹)	MSPA	MSR	MST	NN	MSN
45 DAP ³						
bentazon (Basagran)	DR 1,2	76,3 b	90,6 a	80,7 b	83,3 b	92,7 a
	DDR 2,4	100 a	93,4 a	97,9 a	103 a	69,4 b
clethodim (Select)	DR 0,5	89,3 a	115 a	97,3 a	121 a	73,1 b
	DDR 1,0	105 a	114 a	108 a	119 a	55,8 b
fomesafen (Flex)	DR 1,0	85,9 a	100 a	90,4 a	102 a	60,4 b
	DDR 2,0	85,6 a	92,5 a	87,7 a	125 a	58,7 b
s-metolachlor (Dual)	DR 1,25	71,3 b	90,1 a	77,1 b	67,7 c	50,2 b
	DDR 2,5	0 c	0 b	0 c	0 c	0 c
testemunha ⁴	-	100 a				
controle Adubado ⁵	-	93,8 a	111 a	99,3 a	44,3 d	46,4 b
CV (%) ⁶		22,9	23,4	22,2	27,4	47,6
55 DAP						
bentazon (Basagran)	DR 1,2	98,3 a	95,9 a	97,6 a	63,9 c	92,9 a
	DDR 2,4	96,1 a	79,7 b	91,4 a	112 a	114,8 a
clethodim (Select)	DR 0,5	102 a	100 a	101 a	86,4 b	85,2 a
	DDR 1,0	87,3 a	79,7 b	85,1 a	69,8 c	98,1 a
fomesafen (Flex)	DR 1,0	90,6 a	91,9 a	90,9 a	72,8 c	75,9 b
	DDR 2,0	82,3 a	78,4 b	81,2 a	67,5 c	88,5 a
s-metolachlor (Dual)	DR 1,25	73,5 b	79,7 b	75,3 b	62,3 c	76,3 b
	DDR 2,5	0 b	0 c	0 c	0 d	0 d
testemunha	-	100 a				
controle Adubado	-	90,6 a	89,2 a	90,2 a	57,9 c	64,8 c
CV (%) ⁷		13,8	9,9	12,8	27,9	33,1

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. ² Doses recomendadas para o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). ³ DAP = Dias após o plantio. ⁴ Testemunha inoculada sem herbicida. ⁵ Controle adubado com N mineral, sem inoculação e sem herbicida. ⁶ Coeficiente de Variação.

100%, tendo em vista o efeito fitotóxico deste tratamento. Para a MSR, os tratamentos bentazon DDR, clethodim DDR e fomesafen DDR apresentaram redução, variando de 20,3 a 21,6%. Em relação ao NN, somente o tratamento com bentazon DDR não sofreu redução significativa em relação à testemunha sem herbicida, sendo a redução dos demais tratamentos de 13,6 a 37,7%. O fomesafen DR e s-metolachlor DR reduziram a MSN em 24,1 e 23,7%, respectivamente. Novamente não houve avaliação de NN e MSN para o tratamento s-metolachlor DDR, em consequência dos efeitos fitotóxicos provocados nas plantas de feijão-caupi (Tabela 3).

Em relação à biomassa, a cultura teve capacidade de superar os efeitos fitotóxicos causados pelos herbicidas a partir da terceira avaliação (45 DAP), onde as médias dos tratamentos bentazon, clethodim e fomesafen, tanto DR como DDR não diferiram da testemunha, da mesma forma até a última avaliação aos 55 DAP (Tabela 3).

A nodulação do feijão-caupi não foi observada na primeira avaliação (20 DAP) (Tabela 2). Na segunda avaliação (30 DAP), a nodulação foi muito insignificante realizando-se apenas a avaliação do número de nódulos para os tratamentos com herbici-

das e o controle adubado. Uma possível explicação para esta baixa nodulação na fase inicial do feijão-caupi seria a intoxicação causada pelos tratamentos com herbicidas.

Os tratamentos com s-metolachlor DR e DDR afetaram negativamente as plantas de feijão-caupi, reduzindo a biomassa com a utilização de DR e sendo letal com a utilização de DDR. A tolerância ao herbicida s-metolachlor pode estar ligada a vários fatores, como: solo, clima, manejo da irrigação, dose do produto, entre outros (ROSENTHAL et al., 2006). Esse resultado ocorreu provavelmente devido ao solo utilizado no experimento possuir textura arenosa (79% de areia), teor médio de matéria orgânica (1,7%), o que pode diminuir a adsorção do herbicida, aumentar a sua disponibilidade no solo proporcionando maior intoxicação à cultura, onde segundo Oliveira Jr. (2007), os herbicidas não iônicos, como o s-metolachlor, tem a degradação e dissociação relacionada ao teor de matéria orgânica e argila do solo. Solos orgânicos têm maior adsorção de s-metolachlor, além disso, a lixiviação do herbicida é inibida em solos com alto teor de argila e/ou silte. A inibição na lixiviação deste herbicida possivelmente pode ter ocorrido mesmo com os teores de argila

(16%) e silte (5%) do solo utilizado no presente experimento, sendo um possível efeito do herbicida na cultura.

Procópio et al. (2001a) trabalhando com cultivares de feijão comum em solo de textura média (35% de argila) com elevado teor de matéria orgânica (3,6%), observou ótima tolerância das cultivares às doses utilizadas de s-metolachlor (0; 0,48; 0,72; 0,96; 1,20; e 1,92 kg ha⁻¹ p.c.). Procópio et al. (2001b) verificaram maior disponibilidade do s-metolachlor em solos arenosos, causando maior fitotoxicidade à cultura do sorgo, como observado no presente estudo, que mesmo considerado um solos arenoso, possivelmente houve adsorção de s-metolachlor e baixa lixiviação.

A aplicação de herbicidas em culturas que realizam simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico pode prejudicar a eficiência na assimilação desse nutriente (SANTOS et al., 2005; REIS et al., 2009). Esses prejuízos devem-se à interferência do herbicida no metabolismo do microssimbionte, na planta hospedeira ou em ambos (ARRUDA et al., 2001). A maior interferência desses compostos pode ocorrer quando eles agem sobre a biossíntese de aminoácidos ou rotas metabólicas comuns a microrganismos e plantas (SANTOS et al., 2006), podendo ser o possível efeito na nodulação do feijão-caupi no estágio inicial de desenvolvimento observado até a segunda avaliação, aos 30 DAP (Tabela 3).

Quanto à eficiência relativa (ER) foram observadas diferenças significativas para bentazon DR e DDR e clethodim DR apresentando os maiores valores, superiores até mesmo ao controle com adubação química, ficando comprovado assim a eficiência da inoculação de rizóbios no feijão-caupi mesmo com utilização dos herbicidas bentazon e clethodim (Figura 1). Assim, as estirpes testadas apresentaram grande eficiência na fixação biológica do nitrogênio, mesmo com a utilização desses herbicidas, tanto na dose recomendada como dobro da recomendada, ao final do experimento por ocasião da floração do feijão-caupi. Comportamento semelhante com relação à biomassa do feijão-caupi inoculado com estas estirpes de rizóbio foi encontrado por Melo et al. (2009) e Zilli et al. (2009) com as estirpes BR 3267, BR 3262 e INPA 03-11B no cerrado em Roraima, Nascimento et al. (2010) com a estirpe BR 3267 no agreste paraibano e Chagas Jr et al. (2010) com as estirpes INPA 03-11B e UFL 03-84 no cerrado Tocantinense, tanto em casa de vegetação como em campo, onde os resultados de biomassa e nodulação foram significativamente superiores para os tratamentos com inoculação dessas estirpes pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium*, recomendadas para o feijão-caupi.

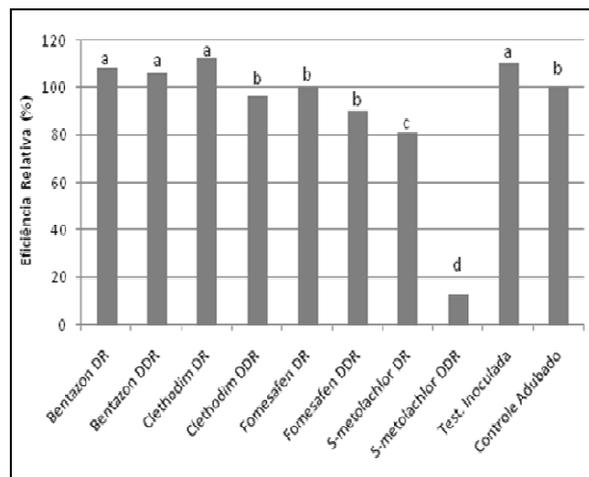


Figura 1. Eficiência Relativa de feijão-caupi inoculado com rizóbio e testemunha, em relação ao tratamento adubado com nitrogênio (uréia), em função da aplicação de herbicidas nas doses recomendadas (DR) e dobro da recomendada (DDR).

Em geral, pode-se afirmar que o herbicida s-metolachlor aplicado na dose recomendada ou dobro da recomendada promove efeito negativo sobre o crescimento vegetal e consequentemente na nodulação. É provável, também, que o efeito no estabelecimento das estirpes na presença da formulação do herbicida s-metolachlor seja decorrentes da presença de diferentes substâncias químicas na formulação do herbicida, como solventes, surfactantes e agentes molhantes, que podem modificar o efeito do equivalente ácido do herbicida nos organismos, como relatado por Malkones (2000).

Os resultados sugerem que há significativas diferenças em termos de tolerância do feijão-caupi aos efeitos dos herbicidas sobre a nodulação. A ausência de efeitos significativos sobre variáveis relacionadas ao acúmulo de biomassa nas raízes e parte aérea das plantas indica que a ausência de sintomas de fitotoxicidade dos herbicidas pode subestimar a capacidade destes em afetar a fixação simbiótica de nitrogênio em feijão-caupi. Do mesmo modo foi relatado por Dvoranen et al. (2008) com soja RR sob aplicação de glyphosate, fluzafop-p-butil e fomesafen.

Com base nestes resultados, os quais demonstram a redução significativa do crescimento do feijão-caupi e nodulação, principalmente, pelo uso do s-metolachlor, sugere-se a realização de experimentos de campo para avaliar os efeitos destes herbicidas na nodulação e fixação de nitrogênio das cultivares de feijão-caupi utilizadas no Brasil, além da possível existência de sensibilidade na interação micro-organismos e planta.

CONCLUSÕES

O bentazon e clethodim, tanto na dose reco-

mendada como no dobro da dose, proporcionam baixa fitotoxicidade ao feijão-caupi e pouco influência na nodulação e biomassa da cultura;

O herbicida s-metolachlor apresenta elevado grau de fitotoxicidade no feijão-caupi, inibe totalmente o desenvolvimento vegetativo quando aplicado em dobro da dose recomendada.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, J. S. et al. Nodulação e fixação do dinotrogênio em soja tratada com sulfentrazone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 325-330, 2001.

CAMPOS, F. L. et al. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 05, n. 2, p. 110-116, 2000.

CHAGAS JR, A. F. et al. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 709-714, 2010.

COSTA, J. V. T. et al. Desenvolvimento de nódulos e plantas de caupi (*Vigna unguiculata*) por métodos destrutivos e não destrutivos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 11-19, 2006.

DVORANEN, E. C. et al. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Brasília: CNPS/EMBRAPA, 1997. 212p.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Melhoramento genético: In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A. de A.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.). **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa-Informação Tecnológica, 2005. cap. 1 p. 28-92.

FREITAS, F. C. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 241-247, 2009.

ISHAYA, V. B. et al. Effect of pre-emergence herbicide mixtures on cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) at Samaru In Northern Nigeria. **Crop Protection**, v. 27, n. 7, p. 1105-1109, 2008.

JAKELAITIS, A. et al. Atividade microbiana e produção de milho (*Zea mays*) e de *Brachiaria brizantha* sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 71-78, 2007.

LIMA, A. S. et al. Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1095-1104, 2005.

MALKONES, H. P. Comparison of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities – a review. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Stuttgart, v. 8, n. 5, p. 781-789, 2000.

MELO, S. R.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, 2009.

NASCIMENTO, L. R. S. et al. Eficiência de isolados de rizóbios nativos do agreste paraibano em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 05, n. 1, p. 36-42, 2010.

OLIVEIRA JR, R. S. Comportamento dos herbicidas residuais no solo: relação entre parâmetros físico-químicos e atributos do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6., 2007, Maringá. **Anais...**: Maringá: EDUEM, 2007. 1 CD-ROM.

PEREIRA, J. L. Effects of glyphosate and endosulfan on soil microorganisms in soybean crop. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 825-830, 2008.

PROCOPIO, S. O. et al. Tolerância de cultivares de feijão ao s-metolachlor em diferentes condições de aplicação. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 263-271. 2001a.

PROCOPIO, S. O. et al. Efeito da irrigação inicial na profundidade de lixiviação do herbicida s-metolachlor em diferentes tipos de solos. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p.409-417, 2001b.

REIS, M. R. et al. Ação de herbicidas na atividade de bactérias solubilizadoras de fosfato da rizosfera de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 747-754, 2009.

REIS, M. R. et al. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 323-331, 2008.

ROSENTHAL, M. D. A. et al. Toxicidade do herbicida s-metolachlor em plantas de milho provenientes de sementes com diferentes formatos e dimensões. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n.

2, p. 319-327, 2006.

SANTOS, J. B. Ação de herbicidas sobre o crescimento de estirpes de *Rhizobium tropici*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 457-465, 2006.

SANTOS, J. B. et al. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 683-691, 2005.

SILVA, F. de A. S. **Assistat. Versão 7.6 beta**. 2008. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexp.html>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2011.

SILVA, J. B. F. et al. Controle de plantas daninhas em feijão-de-corda em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 151-157, 2003.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões, (MG). I-caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p.795-802, 2006.

XAVIER, G. R. et al. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 25-33, 2006.

ZILLI, J. E. et al. Caracterização e avaliação da eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* em caupi nos solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 811-818, 2006.

ZILLI, J. E. et al. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 749-758, 2009.