

ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO, CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E CRESCIMENTO DA MANDIOCA APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

SOIL MICROBIAL ACTIVITY, WEED CONTROL AND GROWTH OF CASSAVA AFTER APPLICATION OF HERBICIDE

Renan Rodrigues BRAGA¹; Daniel Valadão SILVA²; Evander Alves FERREIRA³; Gustavo Antônio Mendes PEREIRA¹; Camila Silva BIBIANO⁴; José Barbosa dos SANTOS⁵; Sarah Stephane DIAMANTINA⁶; Christiano da Conceição de MATOS¹

1. Doutorandos em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, Brasil. renan.braga@ufv.br; 2. Pós Doutorando em Fitotecnia - UFV, Rio Paranaíba, MG, Brasil. 3. Pós - Doutorando em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil. 4. Mestranda em Plantas Mediciniais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. 5. Professor Adjunto, Departamento de Agronomia - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil. 6. Graduanda em Agronomia - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil.

RESUMO: São poucas as informações na literatura sobre herbicidas para aplicação em pós-emergência da cultura da mandioca e seus possíveis impactos na atividade microbiana do solo. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de herbicidas pós-emergentes em área total e dirigida na atividade microbiana de solo cultivado com mandioca, bem como seu efeito no controle das plantas daninhas e no crescimento inicial da cultura. O experimento foi conduzido em campo, no Distrito do Planalto, na cidade de Diamantina-MG. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e os tratamentos foram constituídos de uma testemunha capinada, uma testemunha cultivada sem o controle de plantas daninhas e a aplicação dos herbicidas: fluazifop-p-butil, fomesafen, glyphosate, paraquat e a mistura de herbicidas fluazifop-p-butil + fomesafen. De maneira geral, os herbicidas estudados apresentaram controle satisfatório das plantas daninhas presentes na área de plantio e causaram baixa intoxicação visual à mandioca. A mistura dos herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butil promoveram um controle mais prolongado das plantas infestantes, mas com influência negativa à microbiota do solo. Os herbicidas paraquat e glyphosate apresentaram potencial para aplicação dirigida nas entrelinhas da mandioca.

PALAVRAS-CHAVE: *Manihot esculenta* Crantz. Microbiologia do solo. Fitotoxicidade.

INTRODUÇÃO

A mandioca é cultivada em todo território brasileiro, e sua cadeia produtiva emprega cerca de dois milhões de pessoas (Foloni, et al., 2010). Apesar de apresentar alto potencial produtivo, alcançando em alguns estudos valores superiores a 100 t ha⁻¹ (SILVA et al., 2012; IITA, 2005), a produtividade nacional é baixa, cerca de 14,26 t ha⁻¹ (IBGE, 2012). Segundo Albuquerque et al. (2008), o manejo inadequado das plantas daninhas é um dos principais fatores que contribuem para a baixa produtividade da cultura no Brasil.

O método químico de controle das plantas daninhas caracteriza-se por permitir a intervenção em grandes áreas, com pouca dependência de mão de obra e rapidez na aplicação (SILVA et al., 2012). Atualmente, existem no mercado brasileiro 12 princípios ativos com ação herbicida registrados para a cultura da mandioca, incluindo apenas três diferentes mecanismos de ação e somente o cletodim é usado em pós-emergência. Contudo, este produto é recomendado apenas para o controle de gramíneas anuais e perenes, pois

apresenta pouca ou nenhuma atividade sobre as plantas daninhas de folhas largas e ciperáceas (BRASIL, 2012).

Silva et al. (2011) e Biffe et al. (2010) ressaltaram a restrita disponibilidade de herbicidas registrados para a cultura da mandioca, sobretudo para aplicação em pós-emergência. De acordo com Oliveira Jr. et al. (1994), a resposta da mandioca à aplicação de herbicidas varia desde a total seletividade para alguns produtos, até o completo comprometimento da produção devido à intoxicação provocada.

Algumas técnicas têm-se mostrado eficientes na avaliação dos impactos dos cultivos agrícolas sobre o meio, a exemplo do emprego de indicadores microbiológicos para averiguação da qualidade do solo. Normalmente, pequenas alterações na qualidade do solo estão associadas com mudanças em suas propriedades microbiológicas, as quais apresentam alta sensibilidade a perturbações advindas do manejo (PANKHURST et al., 1997; TÓTOLA et al., 2002).

Dentre os indicadores microbiológicos de qualidade do solo, destacam-se a taxa respiratória

(TR), a biomassa microbiana (BM) e o quociente metabólico (qCO_2). A TR do solo é a medida da produção de CO_2 resultante da atividade metabólica dos macro e microrganismos (DORAN; PARKIN, 1994). A atividade desses organismos no solo é considerada um atributo positivo para a qualidade do solo e é usada como indicador por ser mais genérica e englobar a atividade de comunidades e consórcios de microrganismos presentes, apresentando melhor reprodutibilidade (MOORMAN, 1994). Altas TRs do solo podem indicar distúrbio ecológico (exemplo, aplicação de agrotóxicos) ou alto nível de produtividade do ecossistema solo (ISLAM; WEIL, 1998). A aplicação de agrotóxicos interfere positiva ou negativamente na atividade dos organismos do solo, propiciando a metabolização desses produtos pelos organismos e a capacidade de os agrotóxicos intoxicarem a biota do solo, respectivamente (SANTOS et al., 2005; TUFFI SANTOS et al., 2005; VIVIAN et al., 2006).

Dessa forma, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito da aplicação de herbicidas

pós-emergentes em área total e dirigida, sobre o controle de plantas daninhas, atividade microbiana de solo cultivado com mandioca, bem como seu efeito no crescimento inicial da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, em propriedade no Distrito de Planalto, município de Diamantina-MG. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico de textura argilosa (56% de argila, 6% de silte e 38% de areia), cuja análise química apresentou pH (água) de 5,4; teor de matéria orgânica de 1,8 da kg^{-1} ; P, K, Ca, Mg, Al, H+Al e $CTC_{efetiva}$ de 1,4; 10; 0,5; 0,2; 0,4; 4,4; e 1,7 $cmolc\ dm^{-3}$, respectivamente. A adubação foi realizada de acordo com a recomendação para a cultura da mandioca (Alvarez et al., 1999). As temperaturas máximas, médias e mínimas e a precipitação média mensal da área experimental encontram-se na Figura 1.

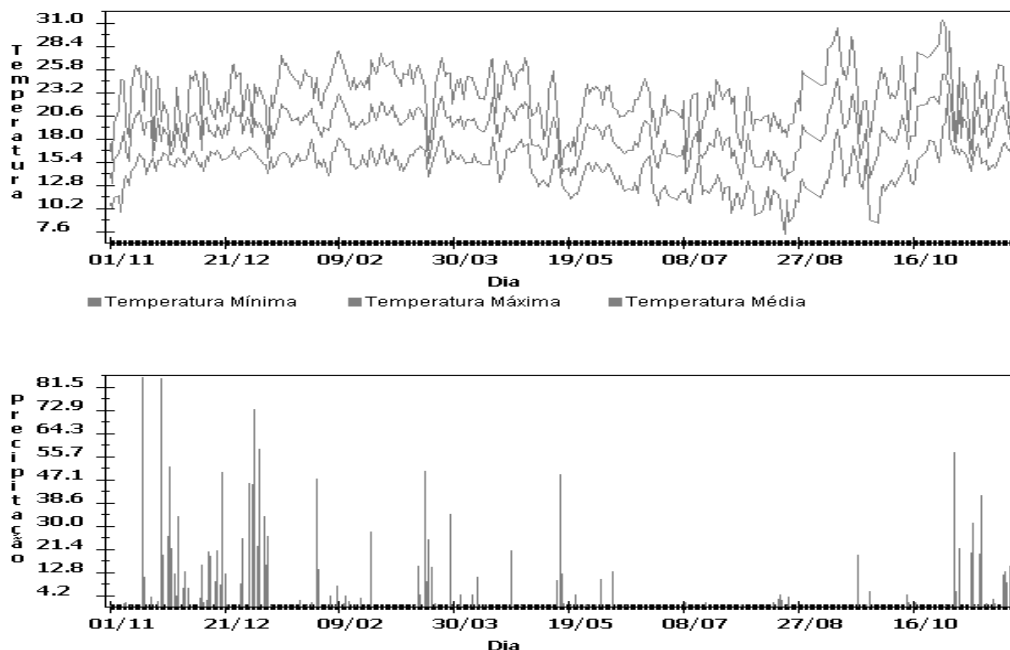


Figura 1. Temperaturas máximas, médias, mínimas e precipitação pluviométrica diárias em Diamantina-MG, entre 2011 e 2012, estação do INMET.

Para o plantio das manivas, cultivar IAC – 12, foi adotado espaçamento de 1,5 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Cada parcela foi constituída por seis linhas de 6 m de comprimento, totalizando 56 m^2 . A área útil das parcelas foi representada pelas quatro linhas centrais, deixando-se 1,0 m em cada extremidade como bordaduras frontais, com uma área útil de 24 m^2 .

O delineamento experimental foi em blocos

ao acaso com quatro repetições, e os tratamentos constituíram de uma testemunha capinada, uma testemunha sem o controle de plantas daninhas (mato) e aplicação dos herbicidas: fluazifop-p-butil (aplicação em área total - 250 g i.a. ha^{-1}), fomesafen (aplicação em área total - 250 g i.a. ha^{-1}), glyphosate (aplicação dirigida na entrelinha da cultura - 750 g i.a. ha^{-1}), paraquat (aplicação dirigida na entrelinha da cultura - 300 g i.a. ha^{-1}) e a mistura de herbicidas

fluazifop-p-butil + fomesafem (aplicação em área total - 200 + 250 g i.a. ha⁻¹). Para análise dos dados e disposição das parcelas optou-se por um arranjo fatorial 2 x 7, onde o fator A, representava 2 épocas de avaliação e o fator B, os tratamentos citados.

A aplicação dos herbicidas foi realizada aos 60 dias após o plantio da mandioca, quando as plantas apresentavam cerca de 20 cm de altura e 15 cm de folhas completamente expandidas. Utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂, com pressão constante de 3 bar, equipado com lança contendo uma ponta tipo leque, trabalhando a uma altura de 50 cm do alvo, com velocidade de 1 m s⁻¹ e volume de calda de 200 L ha⁻¹. No momento da aplicação, as plantas daninhas de maior ocorrência na área experimental eram: *Bidens pilosa* (picão preto), *Amaranthus deflexus* (caruru-rasteiro), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. retroflexus* (caruru), *Solanum americanum* (maria-pretinha), *Galinsoga ciliata* (botão de ouro), *Brachiaria plantaginea* (capim marmelada) e *B. decumbens* (braquiariinha).

Foram realizadas avaliações visuais de intoxicação da cultura aos 14 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), com uso de uma escala percentual de notas variando entre 0 (zero) a 100 (cem), em que 0 implica ausência de quaisquer injúrias e 100 a morte da planta. Nas mesmas épocas avaliou-se também a eficácia de controle de plantas daninhas, usando-se escala percentual variando de 0 (sem controle) a 100 (controle total das plantas daninhas).

Aos 50 DAA coletou-se 10 plantas por parcela e todo o material vegetal foi separado em folha, caule e raízes, sendo posteriormente seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingir peso constante, para determinação da massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca das raízes (MSR) e massa da matéria seca total (MST).

Aos 21 DAA, coletaram-se amostras de solos rizosférico, por meio de plantas arrancadas e submetidas à agitação, o solo remanescente no sistema radicular foi coletado para análise. Nessas amostras, estimou-se a taxa respiratória, o carbono da biomassa microbiana e o quociente metabólico do solo. A umidade do solo foi determinada, para posterior conversão dos dados obtidos em base solo seco.

Na avaliação da taxa respiratória (µg C-CO₂ g⁻¹ solo d⁻¹), utilizou-se o método respirométrico de avaliação do C-CO₂ evoluído do solo, no qual amostras de 100 g de solo úmido (60% da capacidade de campo) e peneirado foram incubadas durante 15 dias em frascos hermeticamente fechados. O C-CO₂ liberado do solo foi carregado

por fluxo contínuo de ar (isento de CO₂) até outro frasco contendo 100 mL de solução de NaOH 0,25 M. Em intervalos de sete dias, estimou-se o C-CO₂ evoluído a partir da titulação de 10 mL da solução de NaOH com solução de HCl 0,1 M, preenchendo-se novamente os frascos com 100 mL de solução de NaOH 0,25 M. No controle da qualidade do ar carregado, utilizou-se frasco sem solo, como amostra “em branco”. A temperatura do ar da sala de incubação foi de 25 ± 2 °C. Após 8 dias de incubação, o solo foi retirado dos frascos, tomando-se 20 g de cada frasco para determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM), utilizando-se o método descrito por Vance et al. (1987), modificado por Islam e Weil (1998), no qual as amostras foram tratadas com radiação de microondas por tempo previamente calculado (60 s + 60 s). O CBM (µg CBM g⁻¹ de solo) foi extraído das amostras (irradiadas e não-irradiadas) de solo com 80 mL de solução de K₂SO₄ 0,5 M; em seguida, as amostras foram submetidas à agitação (170 rpm) por 30 minutos, em mesa agitadora horizontal, permanecendo em repouso durante mais 30 minutos. Após o repouso, as amostras foram filtradas em papel filtro Whatman n. 42. Foram transferidos 10 mL do filtrado para tubo de digestão, adicionados aos reagentes: 2 mL de solução de K₂Cr₂O₇ 0,0667 M, 5 mL de H₃PO₄ concentrado e 10 mL de solução de H₂SO₄ 0,2 M. Posteriormente, os tubos foram aquecidos por 30 min a 100 °C, deixando-se esfriar em seguida. O volume foi completado para 100 mL, e adicionado o indicador difenilamina (cinco gotas); em seguida, procedeu-se à titulação com solução 0,033 mol L⁻¹ de (NH₄)₂Fe(SO₄)₂ até mudança da cor azul-escura para verde.

A partir dos valores obtidos da evolução do C-CO₂ e CBM, calculou-se o qCO₂ (µg C-CO₂ µg⁻¹ CBM d⁻¹), dividindo-se a média diária do C-CO₂ evoluído do solo pelo CBM determinado no solo.

Os dados foram submetidos a uma análise de variância e, quando observada significância para o valor de F, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos tratados com fomesafem e a mistura fluazifop-p-butil + fomesafem apresentaram maior taxa respiratória (TR) em relação aos demais tratamentos, sendo que os solos onde foi aplicado o herbicida fluazifop-p-butil isoladamente, foram os que mostraram menores valores de TR, embora não tenha diferido estatisticamente dos demais (Tabela 1). Em trabalho realizado para verificar o efeito de

herbicidas sobre a comunidade microbiana aquática, Perschbacher et al. (1997) constataram que fomesafen e fluazifop-p-butil não interferiram na taxa de evolução de CO₂. Todavia, outros trabalhos mostraram que vários herbicidas, entre eles o glyphosate, afetaram a qualidade do solo pelo efeito

indireto sobre a respiração (SOUZA et al., 1999; TUFFI SANTOS et al., 2005), biomassa da microbiota e ciclagem de nutrientes (EDWARDS, 1989). No presente trabalho, parcelas tratadas com glyphosate não diferiram da testemunha capinada, bem como, das parcelas mantidas no mato.

Tabela 1. Taxa respiratória (TR), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico de solos cultivados com mandioca (cultivar IAC-12) submetidos à aplicação de herbicidas.

Tratamentos	TR	CBM	qCO ₂
	µg C-CO ₂ g ⁻¹ solo d ⁻¹	µg CBM g ⁻¹ de solo	µg C-CO ₂ µg ⁻¹ CBM d ⁻¹
Capina	267,50 B	600,20 A	0,445 B
Fluazifop-p-butil	195,00 B	470,00 A	0,415 B
Fomesafen	352,50 A	286,10 B	1,232 A
Glyphosate	238,75 B	395,75 B	0,603 B
Sem capina	235,00 B	757,70 A	0,310 B
Paraquat	232,50 B	633,60 A	0,367 B
Fluazifop-p-butil + Fomesafen	316,25 A	284,10 B	1,113 A
CV (%)	32,84	45,97	37,22

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os herbicidas fomesafen (pós-emergente, aplicado em área total), glyphosate (aplicação dirigida) e fluazifop-p-butil + fomesafen (pós-emergente, aplicado em área total) levaram ao decréscimo do carbono da biomassa microbiana (CBM) em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Embora o glyphosate também tenha reduzido o CBM, os resultados sugerem ser o fomesafen é o principal inibidor da atividade microbiana do solo. Outros trabalhos demonstraram que esse herbicida foi extremamente tóxico a bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (PROCÓPIO et al., 2004; SANTOS, 2004). Uma possível causa da agressividade do fomesafen aos microrganismos pode ser atribuída ao seu mecanismo de ação, o qual é inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (protox), fazendo com que haja acúmulo de protoporfirina em células tratadas com esse herbicida, ocasionando interação com o oxigênio para produção de formas reativas e, conseqüentemente, peroxidação dos lipídeos e morte celular (WARREN; HESS, 1995). Especificamente no caso da mistura comercial dos herbicidas, o efeito tóxico sobre a microbiota pode ter ocorrido pela ação conjunta dos herbicidas, isto é, dois mecanismos diferentes atuando ao mesmo tempo. O fluazifop-p-butil é um potente inibidor da síntese de acetil coenzima A carboxilase (ACCase) (WARREN; HESS, 1995), presente também no metabolismo microbiano.

As parcelas mantidas no mato, capinadas e onde os herbicidas fluazifop-p-butil e paraquat foram aplicados, apresentaram maior CBM (Tabela 1). Santos et al. (2005) avaliaram o efeito dos

herbicidas fluazifop-p-butil e fomesafen, isolados e em mistura, nos atributos biológicos de qualidade do solo cultivado com feijão (*Phaseolus vulgaris*), em sistema de cultivo convencional e plantio direto. Em ambos os cultivos, constataram-se maiores reduções na biomassa microbiana do solo tratado com a mistura de fluazifop-p-butil e fomesafen.

A biomassa microbiana (BM) do solo é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo e inclui bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários e algas. Em geral, as estimativas de biomassa são mais abrangentes, pois levam em consideração as populações microbianas cultiváveis e não-cultiváveis (LIN; BROOKES, 1999). Representando a fração viva do solo, a BM está diretamente envolvida na degradação da matéria orgânica, na transformação e disponibilidade dos nutrientes e na degradação de agrotóxicos no solo (ANGERS et al., 1993; MOORMAM, 1994).

A relação entre o CO₂ acumulado e o total do CBM proporciona o denominado quociente metabólico (qCO₂) proposto por Anderson e Domsch (1985) e prediz que, à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente em utilizar os recursos em seu meio, menos C é perdido como CO₂ pela respiração, podendo este ser incorporado aos tecidos microbianos.

Com relação ao coeficiente metabólico (qCO₂), constatou-se que as parcelas mantidas no mato apresentaram o menor qCO₂, sem, no entanto, diferir dos tratamentos glyphosate e paraquat, bem como, da testemunha capinada. O herbicida fomesafen e mistura deste com o fluazifop-p-butil provocou acréscimo do qCO₂ nas parcelas onde

foram aplicados (Tabela 1). Segundo Reis et al. (2008) os herbicidas podem influenciar positiva ou negativamente a microbiota do solo e afetar duas ou mais características biológicas do solo de modo divergente - por exemplo, redução da biomassa microbiana e acréscimo da taxa respiratória - ou de modo convergente - nesse caso, redução ou acréscimo de ambas. Para Sakamoto e Obo (1994), solos com alto qCO_2 são dominados por organismos colonizadores de crescimento rápido, refletindo um ambiente mais instável ou mais longe de seu estado de equilíbrio. Dessa forma, solos com menor qCO_2 , como os citados acima, tendem a apresentar maior estabilidade da biomassa microbiana.

Ao se avaliar a toxicidade nas duas épocas, verificou-se na 1ª avaliação (14 DAA) que as parcelas tratadas com paraquat em aplicação

dirigida e Fluazifop + Fomesafen proporcionaram a maior toxicidade às plantas de mandioca. O glyphosate, o fomesafen e fluazifop-p-butil proporcionaram toxicidade às plantas de mandioca inferior a 20% aos 14 DAA. Comportamento semelhante foi observado na 2ª avaliação (28 DAA), no entanto, nessa avaliação observou-se redução na toxicidade, sugerindo a recuperação das plantas tratadas com os produtos (Tabela 2). Silva et al. (2012), trabalhando com seletividade de mandioca a herbicidas pós-emergentes verificaram que o fluazifop-p-butil, provocou sintomas de intoxicação inferior a 25% nas plantas e também encontraram altos valores de coeficiente de variação para algumas das variáveis avaliadas, o que é justificável para experimentos de campo desta natureza.

Tabela 2. Toxicidade (%) provocada pela aplicação de herbicidas em plantas de mandioca (cultivar IAC-12).

Tratamentos	1ª avaliação	2ª avaliação
Capina	0,00 Ca	0,00 Ca
Fluazifop-p-butil	21,25 Ba	13,75 Bb
Fomesafen	22,50 Ba	13,75 Bb
Glyphosate	18,75 Ba	13,80 Bb
Sem capina	0,00 Ca	0,00 Ca
Paraquat	33,25 Aa	28,25 Aa
Fluazifop-p-butil + Fomesafen	28,75 Aa	21,25 Aa
CV (%)	41,31	60,52

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em trabalho de Silva et al. (2011) foi verificada elevada intoxicação de plantas de mandioca ao herbicida fomesafen e sua mistura comercial com o fluazifop-p-butil. No entanto, as plantas apresentavam recuperação após o surgimento de novas folhas. Já a seletividade do fluazifop-p-butil era esperada, visto que trata de um graminicida com pouco efeito sobre culturas dicotiledôneas.

Os herbicidas testados mostraram bom

controle de plantas daninhas (acima de 60%) nas duas épocas de avaliação, aos 14 e 28 DAA (Tabela 3). Aos 14 DAA, a mistura de herbicidas fluazifop-p-butil + fomesafen proporcionou aproximadamente 90% de controle das plantas daninhas, diferindo dos demais tratamentos, exceto da capina. Na segunda época os resultados foram semelhantes; no entanto, observou-se redução significativa do controle para as parcelas onde o fluazifop-p-butil foi aplicado.

Tabela 3. Controle (%) de plantas daninhas em parcelas cultivadas com mandioca (cultivar IAC-12) submetidas a aplicação de herbicidas.

Tratamentos	1ª avaliação	2ª avaliação
Capina	100,00 Aa	100,00 Aa
Fluazifop-p-butil	81,25 Ba	61,25 Bb
Fomesafen	77,75 Ba	73,75 Ba
Glyphosate	86,25 Ba	78,75 Ba
Sem capina	0,00 Ca	0,00 Ca
Paraquat	80,00 Ba	73,25 Ba
Fluazifop-p-butil + Fomesafen	91,25 Aa	90,00 Aa
CV (%)	13,94	14,87

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As parcelas sem capina apresentaram decréscimo da massa da matéria seca da parte aérea de mandioca (MSPA) aos 110 dias após a emergência, ou seja, 50 dias após a aplicação dos herbicidas, sem diferir das parcelas onde os

herbicidas paraquat e a mistura fluazifop-p-butil + fomesafen foram aplicados; os demais tratamentos não apresentaram diferenças em relação à testemunha capinada (Tabela 4).

Tabela 4. Massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria secas das raízes (MSR) e massa da matéria seca total (MST) de plantas de mandioca (cultivar IAC-12) submetidos a aplicação de herbicidas.

Tratamentos	MSPA	MSR		MST
		(g)		
Capina	24,75 A	35,50 A		61,25 A
Fluazifop-p-butil	19,50 A	33,56 A		51,00 B
Fomesafen	17,10 A	32,30 A		52,25 B
Glyphosate	16,90 A	31,10 A		52,50 B
Sem capina	8,70 B	25,55 B		39,00 C
Paraquat	14,15 B	34,85 A		48,25 B
Fluazifop + fomesafen	13,35 B	30,51 A		46,50 B
CV (%)	36,89	42,49		40,18

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para a massa da matéria seca das raízes (MSR), observou-se redução significativa apenas no tratamento onde as plantas de mandioca foram cultivadas sem o controle das plantas daninhas (Tabela 4). Peressin e Carvalho (2002) observaram que dos 7 aos 90 dias após o plantio da maniva, ocorre a fase de formação do sistema radicular, principalmente das raízes fibrosas, algumas das quais irão se transformar em raízes de armazenamento. No que se refere a massa da matéria seca das raízes, nenhum dos herbicidas testados interferiram no seu desenvolvimento. Silva et al. (2012) também não observaram reduções significativas na matéria seca total das raízes de mandioca tratada com o fluazifop-p-butil.

Com relação à massa da matéria seca total (MST), constatou-se que as parcelas cultivadas no mato mostraram menores valores dessa variável, diferindo das parcelas onde os herbicidas foram aplicados, bem como, da testemunha capinada. Maior decréscimo da MST foi observada nas parcelas submetidas aos herbicidas paraquat e fluazifop-p-butil + fomesafen, no entanto, sem diferir estatisticamente dos demais herbicidas (Tabela 4). De modo geral, foram observadas perdas da MST na ordem de 20% e estas perdas se devem mais à redução da MSPA do que perdas no sistema radicular propriamente dito, existindo também a perspectiva que as plantas tratadas com estes

produtos se recuperem, como pode ser observado na Tabela 2.

CONCLUSÕES

Os herbicidas apresentam controle satisfatório das plantas daninhas presentes na área.

Atenção especial deve ser dada para a aplicação de herbicidas não seletivos para a cultura, como o paraquat e glyphosate visto que, apesar dos cuidados para aplicação dirigida, os mesmos ainda causam intoxicação à mandioca.

A mistura dos herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butil promove um controle mais prolongado das infestantes, mas com influência negativa à microbiota do solo.

Os herbicidas paraquat e glyphosate apresentam potencial para aplicação dirigida nas entrelinhas da mandioca.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro e bolsas concedidas.

ABSTRACT: There is little information in the literature on herbicides for post-emergence application of cassava and its potential impacts on soil microbial activity. Thus, the aim of this work was to evaluate the effect of post-emergence herbicides in total area and direct microbial activity in soil cultivated with cassava, as well as its effect on weed

control and early growth of the crop. The experiment was conducted in the field, in the Planalto District, the city of Diamantina-MG. The experimental design was a randomized block with four replications and treatments were made up of one weed control, one control grown without weed control and herbicide application: fluazifop-p-butyl and fomesafen, glyphosate, paraquat and the mixture herbicide fluazifop-p-butyl + fomesafen. In general, the herbicides showed satisfactory control of weeds in the planting area and caused low toxicity to visual cassava. The mixture of herbicides fomesafen and fluazifop-p-butyl promoted a more prolonged control of weeds, but with negative influence on soil microbes. The herbicide paraquat and glyphosate showed potential for application directed between the lines of cassava.

KEYWORDS: *Manihot esculenta* Crantz. Soil microbiology. Phytotoxicity.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARNEIRO, J. E. S.; CECON, P. R.; ALVES, J. M. A. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 279-289, mar. 2008.
- ALVARES, V. V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, C. A.; SOUZA, R. B. de. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.67-78.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biology and Fertility of Soils**, Florença, v. 1, n. 1, p. 81-89, set. 1985.
- ANGERS, D. A.; N'DAYEGAMIYE, A.; COTE, D. Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass. **Soil Science Society of America Journal**, Medison, v. 57, n. 2, p. 512-516, mar. 1993.
- BIFFE, D. F.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA Jr., R. S.; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H. M.; GEMELLI, A.; ARANTES, J. G. Z.; RAIMONDI, M. A.; BLAINSKI, E. Avaliação de herbicidas para dois cultivares de mandioca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 807-816, nov. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins. Disponível em:<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 9 nov. 2012.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. M. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).
- EDWARDS, C. A. Impact of herbicides on soil ecosystems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Tennessee, v. 8, n. 1, p. 221-257, dez. 1989.
- FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Avaliação de Cultivares de Mandioca na Região Oeste do Estado de São Paulo. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 7, p. 44-50, set. 2010.
- INSTITUTO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - IITA. Cassava productivity in the lowland and mid altitude agroecologies of sub-saharan Africa. 2005. Disponível em: <<http://www.iita.org/research>>. Acesso em: 01 set. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sétima previsão da safra 2011/2012. Disponível em: <http://www1.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1798&id_pagina=1>. Acesso em: 10 nov. 2012.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, Florença, v. 27, n. 4, p. 408-416, set. 1998.

LIN, Q.; BROOKES, P. C. Comparison of substrate induced respiration, selective inhibition and biovolume of microbial biomass and its community structure in unamended, ryegrass-amended, fumigated and pesticide-treated soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Brisbane, v. 31, n. 14, p. 1999-2114, dez. 1999.

MOORMAN, T. B. Pesticide degradation by soil microorganisms: environmental, ecological and management effects. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil Biology**. Effects on soil quality. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 121-169.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Seletividade e eficiência de trifluralin e diuron aplicados em diferentes formas na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Unimar**, Marília, v. 16, n. 2, p. 317-325, 1994.

PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. 1. ed. **Biological indicators of soil health**. Boca Raton: CRC Press, 1997. 268 p.

PERESSIN, V. A.; CARVALHO, J. E. B. Manejo integrado de plantas daninhas em mandioca. In: CEREDA, M. P. (Org.). **Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 2. p. 3.

PERSCHBACHER, P. W.; STONE, N.; LUDWING, G. M.; GUY, C. B. JR. Evaluation of effects of common aerially- applied soybean herbicides and propanyl on the plankton communities of aquaculture ponds. **Aquaculture**, Nashville, v. 157, p. 117-122, 1997.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; JACQUES, R. J. S.; KASUYA, M. C. M.; SILVA, A. A.; WERLANG, R. C. Crescimento de estirpes de *Bradyrhizobium* sob influência dos herbicidas glyphosate potássico, fomesafen, imazethapyr e carfentrazone-ethyl. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 294, p. 179-188, set. 2004.

REIS, M. R.; SILVA, A. A.; COSTA, M. D.; GUIMARÃES, A. A.; FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B.; CECON, P. R. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 323-331, jun. 2008.

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. **Biology and Fertility of Soils**, Florença, v. 17, p. 39-44, jan. 1994.

SANTOS, J. B. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento de estirpes de *Bradyrhizobium***. 2004. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2004.

SANTOS, J. B.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; COSTA, M. D.; SILVA, A. F. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 683-691, dez. 2005.

SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; SILVEIRA, H. M.; CARVALHO, F. P.; CASTRO NETO, M. D.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; CECON, P. R. Tolerância de cultivares de mandioca aos herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butyl. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 219-231, dez. 2011.

SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; CARVALHO, F. P.; FERREIRA, E. A.; FRANÇA, A. C.; FERNANDES, J. S. C.; GANDINI, E. M. M.; CUNHA, V. C. Seletividade de herbicidas pós-emergentes na cultura da mandioca. **Planta daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 835-841, dez. 2012.

SOUZA, A. P.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A. Respiração microbiana do solo sob doses de glyphosate e de imazapyr. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, p. 387-398, dez. 1999.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F., MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 195-276.

TUFFI SANTOS, L. D.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, F. A.; OLIVEIRA, J. A.; BENTIVENHA, S. V.; MACHADO, A. F. L. Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 143-152, mar. 2005.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, Brisbane, v. 19, p. 703-707, mar. 1987.

VIVIAN, R.; REIS, M. R.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; GUIMARÃES, A. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A. Persistência de sulfentrazone em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 741-750, dez. 2006.

WARREN, G. F.; HESS, F. D. Mode of action of inhibitors of protoporphyrinogen oxidase (Diphenylethers and oxadiazon). In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 1995. 787 p.