

Persistência de herbicidas do grupo das imidazolinonas e efeitos sobre as culturas sucessoras de milho e sorgo

Antonio Alberto da Silva¹, Rubem Silvério de Oliveira Jr.^{2*}, Edalício Rondon da Costa¹, Lino Roberto Ferreira¹, Jamil Constantin², Dana Katia Maschede Apoloni² e Maurílio Fernandes de Oliveira³

¹Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-001, Viçosa-Minas Gerais, Brazil. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. *Author for correspondence. ³Empresa Milho e Sorgo.

RESUMO. Durante os anos agrícolas 1994/95 e 95/96, foram conduzidos ensaios de campo, em Coimbra, MG, visando avaliar o efeito residual no solo dos herbicidas imazamox (50 e 100g/ha), imazaquin (140 e 280g/ha) e imazethapyr (100 e 200g/ha) sobre as culturas de milho e sorgo, em sistema de sucessão à cultura de soja. Em casa de vegetação, foram feitos bioensaios com sorgo como planta-teste, semeando-o em amostras de solo coletadas nas parcelas onde foram aplicados os herbicidas no campo. As amostras foram coletadas aos 90, 105, 120 e 135 dias após a aplicação (DAA), para imazamox e imazethapyr, e aos 95, 110, 125 e 140 DAA, para o imazaquin. Um dia após a colheita da soja, fez-se a semeadura do milho e do sorgo nas parcelas no campo anteriormente ocupadas por ela. Os resultados obtidos permitiram concluir que o herbicida imazamox apresentou o menor efeito residual entre os herbicidas avaliados, não influenciando o desenvolvimento da planta-teste quando esta foi semeada a partir dos 120 DAA dos herbicidas, até mesmo no dobro da dose recomendada. Todavia, o imazethapyr a 200g/ha (dobro da dose recomendada) apresentou sensível inibição no desenvolvimento das plantas de sorgo quando semeadas 120 e 135 DAA. Em condições de campo, não se observou nenhum efeito negativo sobre as culturas de milho ou sorgo semeadas 150 DAA dos herbicidas.

Palavras-chave: efeito residual no solo, imazamox, imazaquin, imazethapyr.

ABSTRACT. Persistence of imidazolinone herbicides and effects on corn and sorghum succeeding crops. During the 1994/95 and 95/96 farming seasons, two field assays were conducted in Coimbra, Minas Gerais, to evaluate the residual effect in soil of the herbicides imazamox (50 and 100 g/ha), imazaquin (140 and 280 g/ha) and imazethapyr (100 and 200 g/ha), used in soybean, on corn and sorghum crops succeeding soybean. Bioassays using sorghum as test-plant were conducted under greenhouse conditions by using soil samples collected from plots sprayed with the herbicides in field experiments. Soil samples were collected at 90, 105, 120 and 135 days after application (DAA) for imazamox and imazethapyr and at 95, 110, 125 and 140 DAA for imazaquin. Corn and sorghum sowing was carried out in the plots previously used for soybean crop. The results obtained allowed to conclude that imazamox had the lowest residual effect in soil among herbicides evaluated, having no influence on the development of the test-plant at 120 DAA, even when the recommended dosage was doubled. However, imazethapyr applied at 200 g/ha (double recommended dosage) inhibited significantly the development of sorghum plants sowed 120 and 135 DAA. However, in field conditions, no negative effect was observed either on corn or sorghum crops sowed 150 DAA of herbicides.

Key words: herbicide carryover, imazamox, imazaquin, imazethapyr.

Com a escassez da mão-de-obra no meio rural e a tecnificação da agricultura, tem-se observado, nos últimos anos, acentuado aumento no uso de herbicidas na agricultura brasileira. Todavia, outros

fatores, como a descoberta de herbicidas cada vez mais eficientes e menos tóxicos ao homem e ao ambiente, o melhor treinamento dos técnicos em condições de campo e, principalmente, o baixo custo

do método químico em relação aos tradicionais, foram fundamentais para adoção desse tipo de tecnologia, até mesmo pelos pequenos agricultores.

Entre os diversos herbicidas, verifica-se comportamento ambiental diferenciado, inclusive para aqueles pertencentes ao mesmo grupo químico. Essas diferenças refletem na seletividade, na adsorção pelos colóides do solo e na velocidade de degradação no ambiente, entre outras propriedades.

Dentre os herbicidas derivados do grupo químico das imidazolinonas recomendados para culturas anuais, destacam-se o imazaquin (Jordan *et al.*, 1993), o imazethapyr (Gan *et al.*, 1994) e o imazamox (American..., 1994). Os dois primeiros são largamente utilizados na cultura da soja para controle de plantas daninhas dicotiledôneas, especialmente do leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), e o imazamox foi registrado recentemente para as culturas da soja e do feijão (Cyanamid, 1997), apresentando espectro de controle semelhante.

Uma das características de grande importância desse grupo químico é a longa persistência no solo. Segundo Loux *et al.* (1989), em condições edafoclimáticas da região produtora de soja dos EUA, a dissipação de 80% de herbicidas derivados das imidazolinonas no solo ocorre até aos 60 dias após a aplicação, mas foi necessário um período superior a 160 dias para a completa degradação.

O imazaquin é um produto sistêmico, facilmente absorvido pelas raízes e folhas, sendo recomendado para uso em pré-plantio incorporado ou em pré-emergência. Sua persistência no solo é alta, razão pela qual poderá afetar as culturas de inverno, que se seguem à soja. Atualmente as únicas culturas de inverno possíveis de serem recomendadas em sucessão à soja tratada com imazaquin são o trigo e a aveia (Rodrigues e Almeida, 1998). Quanto à cultura do milho, ela é muito sensível a resíduos do imazaquin, sendo recomendado um intervalo de segurança de 300 dias da aplicação à semeadura, não sendo possível, então, cultivá-lo na modalidade de milho "safrinha", no mesmo ano agrícola. Segundo Basham e Lavy (1987), a principal rota de degradação do imazaquin no solo é a microbiológica e, em segundo lugar, a hidrólise.

O imazethapyr apresenta características semelhantes ao imazaquin quanto ao mecanismo de ação e persistência no ambiente, no entanto, o milho é mais tolerante a resíduos desse herbicida (Liebl, 1995). A adsorção do imazethapyr pelos colóides do solo aumenta com o decréscimo do pH a partir de 6 (Stougaard *et al.*, 1990; Oliveira Jr. *et al.*, 1999), decrescendo a fitotoxicidade. Nas condições de campo, é muito pouco lixiviado, o que contribui para

a maior persistência (Loux *et al.*, 1988). Além de apresentar excelente controle de plantas daninhas dicotiledôneas, o imazethapyr apresenta bom controle para algumas espécies de plantas daninhas gramíneas, atuando também sobre as sementes de diversas invasoras presentes no solo.

O imazamox é outro herbicida seletivo que foi recentemente registrado no Brasil para as culturas de soja e feijão. Apresenta também excelente controle de plantas daninhas dicotiledôneas e algumas gramíneas, tendo recomendações de uso semelhante às do imazethapyr (pós-emergência "precoce"). Segundo recomendações técnicas do fabricante, o imazamox difere dos demais derivados das imidazolinonas por apresentar menor período residual no solo, possibilitando a utilização de cultura sucessiva de milho após a soja tratada com esse produto (Cyanamid, 1997).

Em trabalhos realizados em duas localidades, em Missouri (EUA), durante três anos consecutivos, Walsh *et al.* (1993) avaliaram os efeitos residuais no solo dos herbicidas imazaquin, chlorimuron, clomazone e imazethapyr, utilizados na cultura da soja, sobre as culturas sucessivas de trigo, milho, sorgo e algodão. Constataram que o imazaquin, na maior dose, causou injúrias severas em algodão, sem, entretanto, afetar sua produtividade, mesmo aplicado no dobro da dose recomendada. Em outro trabalho, conduzido por Johnson *et al.* (1993), avaliaram-se os efeitos residuais dos herbicidas nicosulfuron, primisulfuron, imazethapyr e pyriithiobac sobre as culturas de milho, sorgo, arroz, algodão e soja, semeadas a 0, 1, 2, 4, 8, 14 e 52 semanas após a aplicação desses herbicidas. Segundo esses autores, as injúrias visuais declinaram em todas as culturas, à medida que o tempo entre a aplicação e a semeadura aumentava. Após 14 semanas, não foram mais observadas injúrias em nenhuma das culturas, quando os herbicidas nicosulfuron e primisulfuron foram utilizados. O mesmo não aconteceu com os herbicidas pyriithiobac e imazethapyr, que continuavam causando injúrias severas em todas as culturas mencionadas, à exceção da soja, mesmo quando essas culturas foram semeadas 52 semanas após a aplicação.

A persistência de determinado herbicida no solo é extremamente variável. Alguns herbicidas podem ser degradados em apenas alguns dias, enquanto outros podem persistir por vários meses ou anos; contudo, o tempo de permanência em atividade no solo depende das condições edafoclimáticas. Por essa razão, dados obtidos para um local não devem ser utilizados em outro (Blanco, 1979). Essa afirmativa é reforçada quando se analisam os resultados de pesquisas obtidos por Gazziero *et al.* (1997), que detectaram efeito

residual de imazaquin por 120 DAA em bioensaios com pepino e por Novo *et al.* (1997), os quais demonstraram atividade do herbicida por 60 a 104 DAA, utilizando a mesma técnica.

Entre os fatores que condicionam a persistência de herbicida no solo, destaca-se o teor de umidade do solo. A quantidade, a frequência e a intensidade de chuvas são importantes fatores que influem na longevidade de herbicidas no solo, visto que o teor de umidade influencia os processos químicos e biológicos responsáveis pela dissipação dos herbicidas no ambiente.

A água, muitas vezes, torna os herbicidas menos adsorvidos pelos colóides do solo, uma vez que compete pelos sítios de adsorção, formando películas envolvendo os colóides e impedindo a adsorção nos mesmos. Os herbicidas ficam, portanto, disponíveis, podendo ser absorvidos pelos microrganismos e decompostos ou, até mesmo, serem lixiviados para as camadas mais profundas (Anderson, 1977). Em anos de déficit hídrico prolongado e temperaturas baixas ou em solos de baixa fertilidade, verifica-se persistência mais longa dos herbicidas no solo, aumentando as possibilidades de problemas de resíduos em culturas sucessivas (Campbell *et al.*, 1989).

Também o pH do solo pode influenciar a adsorção dos herbicidas, por alterar as características iônicas de suas moléculas. O efeito do pH na adsorção é função da natureza química do herbicida. Assim, para os herbicidas básicos, a adsorção é maior sob condições de solos ácidos. Quanto aos herbicidas ácidos, estes também sofrem maior adsorção sob condições de pH ácido, porém suas bioatividades não são afetadas, em alto grau, pelo pH do solo, como acontece com os produtos básicos e, ou não-iônicos (Anderson, 1977).

As referências da literatura brasileira específicas sobre o comportamento no solo dos herbicidas derivados das imidazolinonas são bastante escassas. Foram feitos apenas alguns testes, principalmente com imazaquin, em que se comprova o efeito residual desse herbicida, variando em função do tipo de solo, das condições climáticas e das doses utilizadas (Fleck e Vidal, 1994; Vidal e Fleck, 1994; Novo *et al.*, 1997).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito residual dos herbicidas imazaquin, imazethapyr e imazamox, aplicados para o controle de plantas daninhas em lavoura de soja, sobre as culturas sucessoras de milho e sorgo.

Material e métodos

Bioensaio de campo. A semeadura de soja foi realizada na Estação Experimental do Departamento

de Fitotecnia, localizada no município de Coimbra, MG, da Universidade Federal de Viçosa, em um solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA) câmbico, fase terraço. As características químicas e granulométricas das amostras de solo encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das análises química e granulométrica de amostras do solo de Coimbra, MG (PVA), utilizado nos experimentos de campo e de casa de vegetação^{1/}

pH _{sgua} (1:2,5)	C	P	K ⁺	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺ +Al ⁺³	Arcia	Silte	Argila
	%	mg/dm ³	cmol/dm ³				%			
5,3	1,6	5,3	36	0,2	2,2	0,5	4,5	11	15	74

^{1/} Análises realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, MG

Os tratamentos avaliados compreenderam imazaquin (140 e 280g/ha), imazamox (50 e 100g/ha) e imazethapyr (100 e 200g/ha), além de uma testemunha capinada. Os sete tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com oito repetições. Os herbicidas imazamox e imazethapyr foram aplicados aos 15 dias após a emergência da soja e o imazaquin aos 10 dias após a esta (pós-precoce). A capina mecânica com enxada foi realizada no tratamento testemunha aos 15 e aos 30 dias após a emergência da soja.

A área de cada parcela foi de 24m² (4 X 6m), sendo semeadas (07/12/95), em cada parcela, oito linhas de soja (cultivar EMGOPA 308) espaçadas de 0,5m, nas quais foram colocadas 20 sementes por metro.

As aplicações dos herbicidas foram feitas com um pulverizador costal de pressão constante (CO₂), munido de uma barra de 2,5m equipada com cinco bicos tipo leque 8003. Durante as aplicações, manteve-se a pressão constante em 276kPa, aplicando-se o equivalente a 200 L/ha de calda.

Um dia após a colheita da soja (150 dias após a semeadura), a área experimental foi arada e gradeada, semeando-se em seguida, em 50% das repetições, o milho e, na outra metade, o sorgo. Os cultivares de milho e sorgo utilizados foram o AG-4011 e BR 007, respectivamente.

Antes da semeadura, foi feita uma adubação no sulco, usando 400kg/ha da fórmula 4-30-16. Aos 40 dias após a semeadura, foi realizada uma adubação em cobertura com 20kg/ha de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio. As culturas de milho e sorgo foram irrigadas por aspersão, toda vez que se verificava ausência de chuvas por um período de sete dias.

Foram avaliadas, na colheita do milho, a altura de plantas, a altura de inserção da primeira espiga e a produção de grãos. Para a cultura do sorgo, por causa

da ocorrência generalizada de fungo *Claviceps africana*, que provoca a doença açucarada do sorgo, a qual afeta a produção de grãos, foram avaliados apenas a altura de plantas, o tamanho de panícula e a biomassa seca da parte aérea das plantas de sorgo.

As características avaliadas foram submetidas às análises de variância e de regressão. A análise de regressão foi feita para todas as características avaliadas, independentemente da significância observada pelo teste F.

Os dados de precipitações pluviárias e temperaturas do ar referentes aos períodos de condução dos experimentos no campo encontram-se na Figura 1.

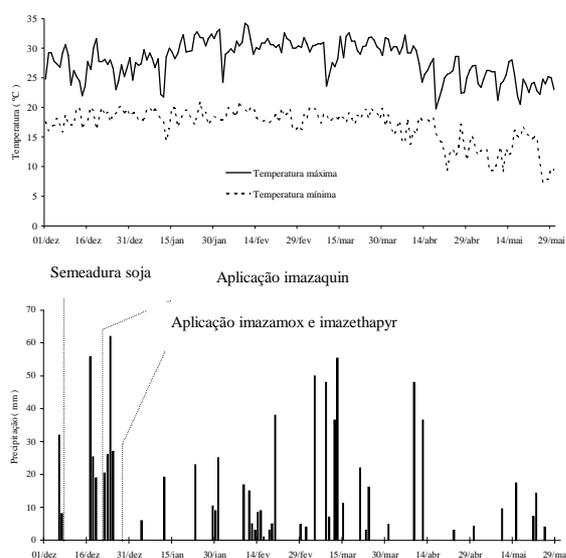


Figura 1. Temperaturas máxima e mínima do ar e precipitações pluviárias diárias observadas durante o período de condução do experimento de campo, em Coimbra, MG, 1995/96

Bioensaios em casa de vegetação. Bioensaios foram conduzidos em condições de casa de vegetação, utilizando amostras de solo provenientes de cada parcela dos experimentos de campo. As amostras de solo foram coletadas em quatro épocas, com intervalos de 15 dias. A primeira coleta (época 0) ocorreu 90 dias após a aplicação do imazamox e imazethapyr e, aos 95 dias, após a aplicação do imazaquin. Essas amostras de solo foram retiradas na profundidade de 0-10cm, em três pontos ao acaso, em cada parcela, sendo em seguida misturadas e homogeneizadas, formando uma amostra composta por parcela.

A metodologia empregada nos bioensaios foi descrita anteriormente em outros trabalhos (Silva et al., 1998). Resumidamente, as amostras foram colocadas em vasos de plástico com capacidade de 300cm³, recobertos internamente com saco de

polietileno, fazendo-se em seguida a semeadura do sorgo cultivar BR 007.

Aos 21 dias após a semeadura do sorgo, em cada época de amostragem, fez-se a avaliação visual dos sintomas de toxicidade dos herbicidas sobre a parte aérea das plantas de sorgo, tomando-se como base a escala EWRC, modificada por Frans (1972) (Tabela 2), e a colheita das plantas-teste, separando a parte aérea do sistema radicular. Esse material foi então secado a 72°C por 48 horas, determinando-se a seguir sua biomassa seca.

Tabela 2. Escala visual de fitotoxicidade utilizada para avaliação do efeito residual no solo de herbicidas sobre as plantas de sorgo

Escala	Toxicidade (%)	Característica da toxicidade
1	0	Nula (testemunha)
2	1,0 – 3,5	Muito leve
3	3,5 – 7,0	Leve
4	7,0 – 12,5	Nenhum reflexo na produção
5	12,5 – 20,0	Média
6	20,0 – 30,0	Quase forte
7	30,0 – 50,0	Forte
8	50,0 – 99,0	Muito forte
9	100	Morte

Fonte: EWRC (European Weed Research Council), modificado por Frans (1972)

Visando eliminar a influência do ambiente nas épocas de condução dos bioensaios, os dados de biomassa foram transformados em valores percentuais em relação ao tratamento testemunha, adotando-se para cada época valor referencial de 100%, para, em seguida, serem submetidos à análise de variância. Após examinados os quadrados médios residuais das análises de variância para cada ano, procedeu-se à análise conjunta dos dados, com desdobramento da soma de quadrado da interação (épocas x herbicidas), para verificar, por meio de regressão, os efeitos residuais dos herbicidas entre épocas.

O delineamento experimental utilizado em cada época de amostragem foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Resultados e discussão

Bioensaios de campo. Os efeitos dos herbicidas imazamox, imazethapyr e imazaquin sobre a cultura do milho estão apresentados na Tabela 3. Verificam-se, nessa tabela, efeitos não-significativos desses herbicidas, aplicados ao solo 150 dias antes da semeadura, sobre a altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e produção de grãos do milho. Resultados semelhantes foram observados para a cultura do sorgo, não se verificando diferenças significativas sobre as características avaliadas (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância com desdobramento dos efeitos dos herbicidas para estudo de regressão, relativos à altura de plantas (Alt), altura de inserção da primeira espiga (Alt 1ª esp) e produção de grãos (Prod) de milho, e a altura de plantas (Alt), comprimento de panícula (Cpan) e biomassa seca da parte aérea (Bspa) de plantas de sorgo. Coimbra, MG, 1996. Cultura implantada aos 150 dias após aplicação dos tratamentos

FV	GL	Quadrados médios					
		Milho			Sorgo		
		Alt	Alt 1ª esp	Prod	Alt	Cpan	Bspa
Blocos	3	0,01885	0,00405	39.2857,1	0,01885	0,00405	928,5714
Imazamox	(2)	0,00776	0,00177	145.833,3	0,00776	0,00177	4225,001
Linear	1	0,00250	0,00287	281.250,0	0,00250	0,00287	12,50012
Desvio	1	0,01307	0,00066	10.416,7	0,01307	0,00066	8437,503*
Imazethapyr	(2)	0,00916	0,00485	145.833,4	0,00916	0,00485	58,33336
Linear	1	0,00911	0,00420	31.250,0	0,00911	0,00420	50,00018
Desvio	1	0,00920	0,00549	260.416,8	0,00920	0,00549	66,66654
Imazaquin	(2)	0,01656	0,00495	20.833,3	0,01656	0,00495	433,3334
Linear	1	0,00011	0,00137	31.249,9	0,00011	0,00137	49,99994
Desvio	1	0,03300	0,00852	10.416,7	0,03300	0,00852	816,6669
Resíduo	18	0,01371	0,00308	170.635,9	0,01371	0,00308	1531,349
CV (%)		7,08	6,96	14,28	7,08	6,96	11,88

*- significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

Esses resultados evidenciam a degradação dos herbicidas e que resíduos no solo foram reduzidos a níveis muito baixos, que não promoveram efeito prejudicial às plantas de milho ou de sorgo cultivadas no PVa, semeadas 150 dias após a utilização do herbicida.

Segundo Cheng e Lehmann (1985), vários fatores atuam na diminuição da concentração dos produtos no solo; alguns resultam em efetiva degradação, outros simplesmente na diluição do produto ou na dissipação no meio. De acordo com Basham e Lavy (1987) e Malefyt e Quakenbusk (1991), os principais fatores que aceleram a degradação no ambiente das imidazolinonas são a atividade microbiana e a hidrólise. Já o efeito da umidade na taxa de degradação de herbicidas pode ser comprovado pelo trabalho de Baughman e Shaw (1996), no qual os autores mostram alta relação entre o teor de umidade e a taxa de degradação desses herbicidas no solo. A manutenção de temperaturas elevadas e de alta umidade no solo oriunda da chuva ou de irrigações parece ter favorecido à degradação mais rápida dos herbicidas no solo, pela manutenção de um nível elevado de atividade microbiana.

Bioensaios em casa de vegetação. Na Figura 2, estão apresentadas as porcentagens médias de toxicidade do imazamox, do imazethapyr e do imazaquin, nas duas doses avaliadas, sobre plantas de sorgo cultivadas em amostras de solo tratadas com esses herbicidas, em diferentes épocas. Observaram-se sintomas médio a forte (Tabela 2) de toxicidade provocados pelo imazamox sobre plantas de sorgo cultivadas em amostras do solo tratadas com esse herbicida aos 90 e 105 DAA e nenhum sintoma a partir dos 120 DAA. Para o imazethapyr, as plantas

de sorgo cultivadas em amostras de solo tratadas com esse herbicida apresentaram sinais de toxicidade até quando a semeadura foi realizada aos 120 DAA, para o dobro da dose recomendada (200g/ha). Para o imazaquin, os sintomas visíveis na parte aérea ocorreram até 125 DAA, para ambas as doses utilizadas.

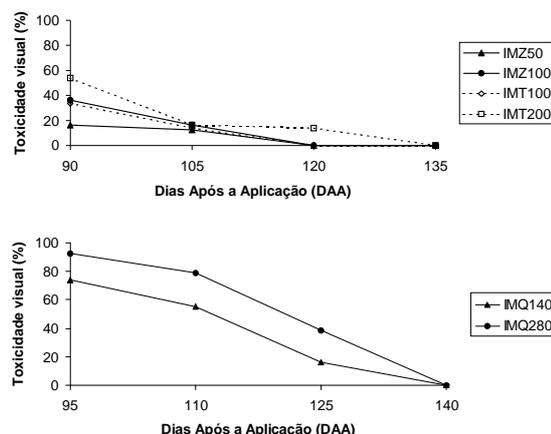


Figura 2. Toxicidade (%) média observada em plantas de sorgo aos 21 dias após a semeadura, cultivadas em amostras de solo tratadas com os herbicidas imazamox (IMZ), imazethapyr (IMT) (acima) e imazaquin (IMQ) (abaixo), coletadas em diferentes períodos após aplicação. Os números após a identificação dos herbicidas referem-se às doses utilizadas, em g/ha. Coimbra, MG, 1996

Quanto aos efeitos da toxicidade visual sobre a porcentagem de produção de biomassa seca da parte aérea e da raiz das plantas de sorgo, em relação ao tratamento testemunha, verificaram-se diferenças significativas entre tratamentos, épocas de semeadura após aplicações dos herbicidas e também para interação tratamento x épocas.

Na Figura 3, considerando a porcentagem de produção de biomassa seca da parte aérea e da

raiz de plantas de sorgo, em relação à testemunha, verifica-se, na maior parte dos casos, efeito linear de aumento da produção de biomassa com o passar do tempo após a aplicação do herbicida imazamox. Em ambas as doses, verifica-se que as plantas cultivadas em amostras de solo tratadas com o imazamox aos 120 DAA apresentavam acúmulo de biomassa seca próximo do observado no tratamento testemunha. Todavia, os efeitos provocados pelo imazethapyr sobre o acúmulo de biomassa seca, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular de planta de sorgo (Figura 4), foram considerados severos até quando ele foi semeado aos 120 DAA. Esses resultados confirmam a degradação mais lenta do imazethapyr, em relação ao imazamox, sugerida pelos dados de meia-vida desses compostos. Segundo Ahrens (1994), a meia-vida do imazamox varia entre 20 e 30 dias, ao passo que a do imazethapyr entre 60 e 90 dias.

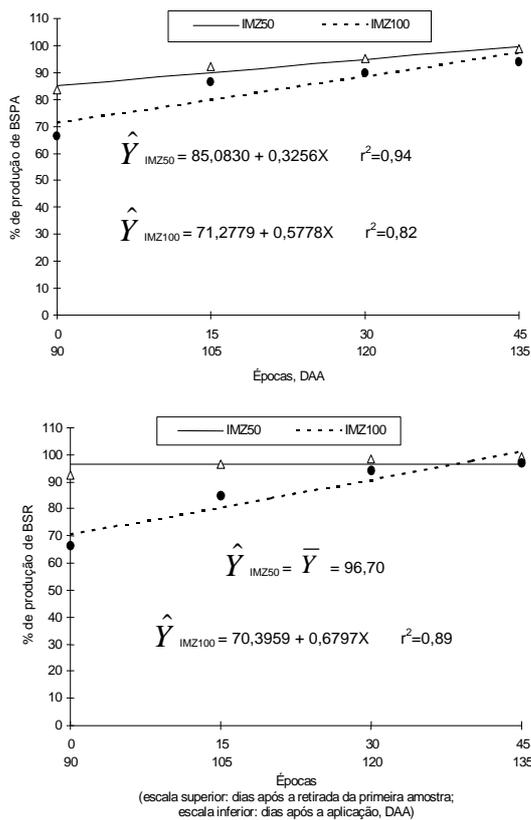


Figura 3. Acúmulo de biomassa seca, % em relação à testemunha, da parte aérea (BSPA) e da raiz (BSR) de plantas de sorgo, aos 21 dias após a semeadura, cultivadas em amostras de solo coletadas num PVa, aos 90, 105, 120 e 135 dias após a aplicação do imazamox (IMZ) na cultura da soja. Coimbra, MG, 1996

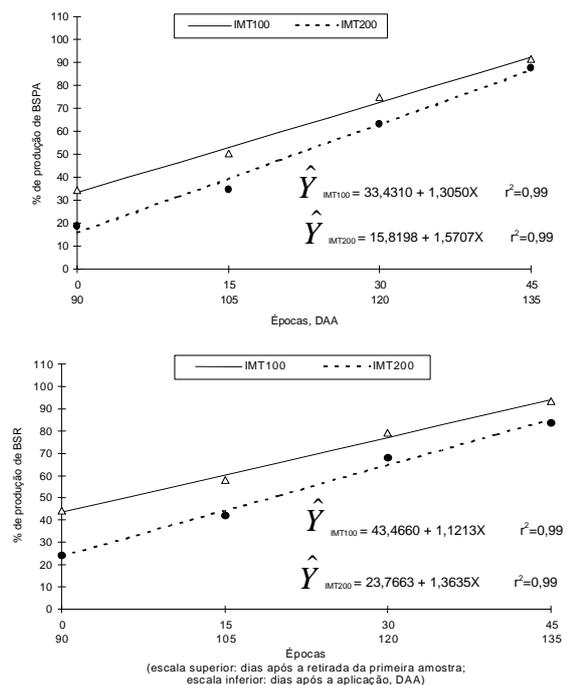


Figura 4. Acúmulo de biomassa seca, % em relação à testemunha, da parte aérea (BSPA) e da raiz (BSR) de plantas de sorgo, aos 21 dias após a semeadura, cultivadas em amostras de solo coletadas num PVa, aos 90, 105, 120 e 135 dias após a aplicação do imazethapyr (IMT) na cultura da soja. Coimbra, MG, 1996

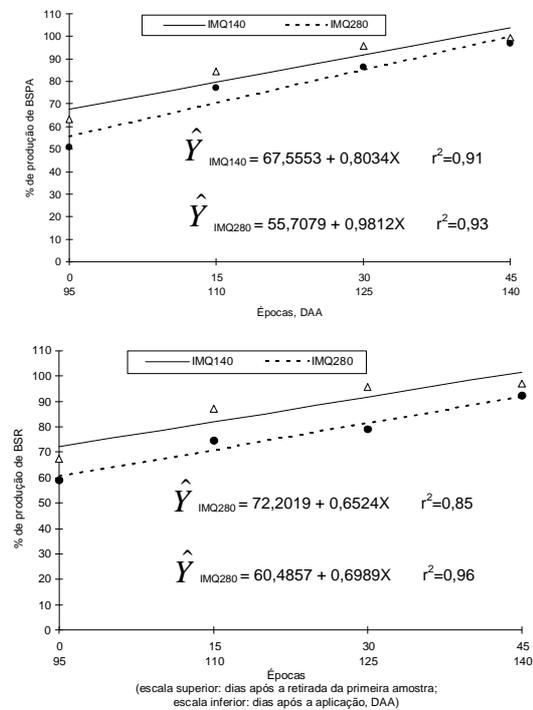


Figura 5. Acúmulo de biomassa seca, % em relação à testemunha da parte aérea (BSPA) e da raiz (BSR) de plantas de sorgo, aos 21 dias após a semeadura, cultivadas em amostras de solo coletadas num PVa, aos 95, 110, 125 e 140 dias após a aplicação do imazaquin (IMQ) na cultura da soja. Coimbra, MG, 1996

Comparando a Figura 4 com a Figura 5, verifica-se atividade mais forte sobre o sorgo inicialmente do imazethapyr, em relação ao imazaquin. De modo semelhante aos resultados obtidos neste trabalho, Gazziero *et al.* (1997) também observaram maior efeito residual de imazethapyr em relação ao imazaquin em uma Terra Roxa estruturada, em Londrina, PR. Uma das possíveis explicações para esse efeito pode ser a ocorrência de fortes chuvas logo após a aplicação do imazaquin, ficando o solo saturado por vários dias consecutivos, fato este que não ocorreu quando se aplicou o imazethapyr (Figura 1). Esse menor efeito residual no solo, em relação a alguns trabalhos desenvolvidos anteriormente (Silva *et al.*, 1998), pode ser atribuído a diferenças nas características físico-químicas dos solos avaliados (Loux *et al.*, 1989), a elevadas precipitações ocorridas na área experimental e também à manutenção do solo úmido durante a condução do experimento no campo, por meio de irrigações periódicas.

Referências bibliográficas

- Ahrens, W.H. (Ed.) *Herbicide handbook*. 7. ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352 p.
- American Cyanamid Company. *AC 299,263 experimental herbicide*. Princeton, American Cyanamid. 1994. 5p.
- Anderson, W.P. *Weed science; principles*. St. Paul: West Publishing, 1977. p.157-200.
- Basham, G.W.; Lavy, T.L. Microbial and photolytic dissipation of imazaquin in soil. *Weed Sci.*, 35(6):865-870, 1987.
- Baughman, T.A.; Shaw, D.R. Effect of wetting/drying cycles on dissipation patterns of bioavailable imazaquin. *Weed Sci.*, 44(2):380-382, 1996.
- Blanco, H.G. Destino, comportamento e resíduos dos herbicidas no solo. *Biológico*, 45(11/12):225-248, 1979.
- Campbell, J.R.; Liebl, R.A.; Slife, F.W. Biodegradation characteristics of imazaquin and imazethapyr. *Weed Sci.*, 37(6):815-819, 1989.
- Cheng, H.H.; Lehmann, R.G. Characterization of herbicide degradation under field conditions. *Weed Sci.*, 33:7-10, 1985.
- Cyanamid Química do Brasil. SWEEPER[®]: herbicida. 1997. 25p. (Boletim técnico).
- Fleck, N.G.; Vidal, R.A. Injúria potencial de herbicidas de solo ao girassol: III. imazaquin e imazethapyr. *Planta Daninha*, 12(1):39-43, 1994.
- Frans, R.E. Measuring plant response. In: Wilkinson, R.E. (Ed.). *Research methods in weed science* [S.l.]: Southern Weed Science Society, 1972. p.28-41.
- Gan, J.; Weimer, M.R.; Koskinen, W.C.; Buhler, D.D.; Wyse, D.L.; Becker, R.L. Sorption and desorption of imazethapyr and 5-hidroxyimazethapyr in Minnesota soils. *Weed Sci.*, 42(1):92-97, 1994.
- Gazziero, D.L.P.; Karan, D.; Voll, E.; Ulbrich, A. Persistência dos herbicidas imazaquin e imazethapyr no solo e seus efeitos sobre plantas de milho e pepino. *Planta Daninha*, 15(2):162-169, 1997.
- Johnson, D.H.; Jordan, D.L.; Johnson, W.G. Nicosulfuron, primisulfuron, imazethapyr, and DPX-PE350 injure to succeeding crops. *Weed Technol.*, 7(3):641-464, 1993.
- Jordan, D.L.; Johnson, D.H.; Johnson, W.G. Carryover of DPX-PE350 to grain sorghum (*Sorghum bicolor*) and soybean (*Glycine max*) on two Arkansas soils. *Weed Technol.*, 7(3):645-649, 1993.
- Liebl, R. Imidazolinones and pyrimidyl-oxy-benzoates. In: *Herbicide action*. West Lafayette: Purdue University, 1995. p.328-38.
- Loux, M.M.; Liebl, R.A.; Slife, F.W. Adsorption of imazaquin and imazethapyr in soils, sediments and select adsorbents. *Weed Sci.*, 37(5):712-718, 1989.
- Loux, M.M.; Liebl, R.A.; Slife, F.W. Availability and persistence of imazaquin, imazethapyr, and clomazone in soil. *Weed Sci.*, 37(2):259-567, 1988.
- Malefyt, T.; Quakenbush, L. Influence of environmental factors on the biological activity of the imidazolinone herbicides. In: Shaner, D.L., O'Connor, S.L. (Eds.). *The imidazolinone herbicides*. Boca Raton: CRC, 1991. p.103-127.
- Novo, M.C.S.S.; Cruz, L.S.P.; Pereira, J.C.V.N.A.; Tremocoldi, W.A., Igue, T. Persistência de imazaquin em latossolo roxo cultivado com soja. *Planta Daninha*, 15(1):30-38, 1997.
- Oliveira Jr., R.S.; Koskinen, W.C.; Ferreira, F.A.; Khakural, B.R.; Mulla, D.J.; Robert, P.C. Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. *Weed Sci.*, 47(2):243-248, 1999.
- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. *Guia de herbicidas*, 4. ed. Londrina, Iapar, 1998. 647 p.
- Silva, A.A.; Oliveira Jr., R.S.; Castro Filho, J.E. Avaliação da atividade residual no solo de imazaquin e trifluralin através de bioensaios com milho. *Acta Scient.*, 20(3):291-295, 1998.
- Stougaard, R.N.; Shea, P.J.; Martin, A.R. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility, and efficacy of imazaquin and imazethapyr. *Weed Sci.*, 38(1):67-73, 1990.
- Vidal, R.A.; Fleck, N.G. Injúria potencial de herbicidas de solo ao girassol: IV. Rendimento de aquênios e componentes do rendimento. *Planta Daninha*, 12(1):44-51, 1994.
- Walsh, J.D.; Defelice, M.S.; Sims, B.D. Soybean (*Glycine max*) herbicide carryover to grain and fiber crops. *Weed Technol.*, 7(3):625-632, 1993.

Received on May 21, 1999.

Accepted on September 09, 1999.