

TOLERÂNCIA E NODULAÇÃO DE SOJA (*Glycine max (L.) Merrill*), CULTIVADA EM DOIS SUBSTRATOS E SUBMETIDA A QUATRO DOSES DE METRIBUZIN^{1/}

Rita de Cássia Pinheiro de Moraes^{2/}
Nei Fernandes Lopes^{3/}
Eldo Antonio Monteiro da Silva^{3/}
Joaquim Joel do Valle Rodrigues^{4/}

1. INTRODUÇÃO

O metribuzin é um herbicida, do grupo das triazinas assimétricas, cujo mecanismo de ação envolve uma inibição da reação de Hill. A tolerância das plantas ao metribuzin tem sido atribuída a fatores genéticos, estádio de desenvolvimento e condições ambientais (2, 10, 12, 19, 33).

A nodulação de leguminosas é um dos processos, no solo, que está mais propenso a ser influenciado pela aplicação de herbicidas (9). Considerando que, normalmente, as sementes de soja são inoculadas com rizóbio antes do plantio e que esta é uma das culturas que mais emprega produtos químicos no controle das plantas daninhas (7), é de grande interesse conhecer a influência dos herbicidas na nodulação e na fixação de nitrogênio dessa leguminosa.

Em solo argiloso, cultivado com soja, os herbicidas trifluralin, vernalate e metribuzin reduziram a matéria seca dos nódulos (8). Em experimento conduzido

^{1/} Parte da tese apresentada pelo primeiro autor, à Universidade Federal de Viçosa, como uma das exigências do Curso de Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Magister Scientiae". Projeto realizado com o apoio do CNPq.

Aceito para publicação em 21-11-1989.

^{2/} Departamento de Botânica da UFPel. 96100 Pelotas. RS.

^{3/} Departamento de Biologia Vegetal da UFV 36570 Viçosa, MG

^{4/} Departamento de Fitotecnia da UFV. 36570 Viçosa. MG.

em vasos, houve redução do número de nódulos pelos herbicidas trifluralin, pendimethalin, vernolate e metribuzin, em todos os tipos de solos (8). Também, o metribuzin reduziu o número, a matéria fresca e a matéria seca dos nódulos em plantas de soja cultivadas em solo arenoso (17).

Em solos que não contêm *Bradyrhizobium*, o sucesso da inoculação na época da semeadura é crítico para o estabelecimento da simbiose fixadora de nitrogênio (26). Nesse caso, a aplicação de herbicidas poderia ser incompatível com o uso de inoculantes de *Bradyrhizobium japonicum*.

O propósito deste estudo foi determinar o efeito de quatro doses de metribuzin sobre a fitotoxicidade, tolerância e nodulação de plantas de soja cultivadas em dois diferentes substratos e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, em Viçosa, MG, no período de 26 de novembro de 1986 a 9 de março de 1987, com plantas de soja, cultivar Paraná.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, com três repetições. Cada parcela, correspondeu a uma época de coleta do material vegetal, foi formada de duas subparcelas, correspondentes aos tipos de substratos: solo de textura argilo-arenosa, com 40% de argila e 6% de matéria orgânica, e mistura de solo e areia (3:1), de textura franco-argilo-arenosa, com 29% de argila e 4% de matéria orgânica. Cada subparcela foi constituída de quatro subsubparcelas, correspondentes às diferentes doses de metribuzin (0,0, 0,3, 0,6 e 0,9 kg i.a.ha⁻¹).

A unidade experimental constou de um vaso plástico, com 5,5 kg de substrato adubado com 30 ppm de N, 400 ppm de P e 160 ppm de K, na forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. O substrato foi previamente incubado com 4.000 kg de calcário dolomítico por hectare. Foram semeadas cinco sementes de soja por vaso, inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5019. Cinco dias após a emergência foi feito o desbaste, deixando-se as duas plantas mais uniformes, que constituíram o material das análises correspondentes. Durante todo o período experimental, os vasos foram mantidos com teor de umidade próximo da capacidade de campo. No acompanhamento dos estádios vegetativos (V) e reprodutivos (R) da soja foi empregada a escala de FEHR e CAVINESS (11). O herbicida foi aplicado em pré-emergência, imediatamente após a semeadura, usando-se um pulverizador costal, com capacidade para 20 litros, calibrado para a vazão de 400 1.ha⁻¹, com pressão de 207 a 241 KPa, munido de bico tipo leque 110.03.

Coletas sucessivas, num total de nove, foram realizadas durante todo o ciclo da cultura. As três primeiras e as duas últimas foram efetuadas com intervalos de sete dias e as intermediárias com intervalos de 14 dias. A primeira coleta foi realizada sete dias após a emergência. Em cada coleta, foram cortadas as plantas, rente ao solo, separados os órgãos e lavado o sistema radicular, sobre peneira, até a remoção do solo. Os nódulos foram retirados das raízes, lavados e contados. Para obter a matéria seca, o material foi colocado em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 75°C, aí permanecendo até a obtenção de peso constante. A área foliar foi determinada pelo medidor portátil de área LI-COR, modelo LI-3000.

Nas sete primeiras coletas, foram feitas avaliações visuais da fitotoxicidade do herbicida, por três árbitros, nas plantas de soja correspondentes à parcela a ser coletada e nas da coleta seguinte. Essas avaliações foram efetuadas por meio da escala E.W.R.C. (European Weed Research Council).

As doses de metribuzin que resultaram em 50% de inibição (I_{50}) do peso da matéria seca das folhas, dos caules, das raízes e da parte aérea, bem como da área foliar das plantas de soja, foram determinadas aos 35 dias da emergência, através de análise de regressão polinomial.

Foram efetuadas a análise de variância do número e do peso da matéria seca dos nódulos e a análise de regressão curvilínea das médias do peso dos nódulos secos em cada coleta, com o emprego de polinômios. Procurou-se chegar ao polinômio que melhor se ajustasse ao dado primário, de acordo com o proposto por RICHARDS (27). Para obter a taxa de produção de matéria seca dos nódulos (C_n), empregou-se a derivada da equação ajustada de matéria seca dos nódulos (W_n), em relação ao tempo (25,27).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação visual da fitotoxicidade, mostrou que doses crescentes de metribuzin provocaram incremento no grau de fitotoxicidade em ambos os substratos (Quadro 1). Observou-se, ainda, que, com a dose de 0,3 kg i.a.ha⁻¹ do produto.

QUADRO 1 - Avaliação visual média da fitotoxicidade produzida por doses de metribuzin em plantas de soja cultivadas em dois substratos, solo e solo + areia (3:1), em vários estádios de desenvolvimento, com emprego da escala E.W.R.C. (European Weed Research Council)

| Coleta DAE | ED | Doses de metribuzin (kg i.a.ha ⁻¹) | | | | | | | |
|---------------|----|--|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| | | Solo + Areia (3:1) | | | | Solo | | | |
| | | 0,0 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 0,0 | 0,3 | 0,6 | 0,9 |
| 7 | V1 | 1,0 | 1,0 | 5,5 | 7,5 | 1,0 | 1,0 | 2,4 | 6,0 |
| 14 | V3 | 1,0 | 1,2 | 6,3 | 7,6 | 1,0 | 1,0 | 4,5 | 6,3 |
| 21 | V4 | 1,0 | 1,9 | 6,7 | 8,1 | 1,0 | 1,3 | 6,0 | 7,0 |
| 35 | R1 | 1,0 | 2,0 | 6,5 | 8,3 | 1,0 | 1,9 | 4,3 | 6,6 |
| 49 | R3 | 1,0 | 1,2 | 7,6 | 8,3 | 1,0 | 1,2 | 1,7 | 7,5 |
| 63 | R5 | 1,0 | 1,2 | 5,1 | 8,7 | 1,0 | 1,4 | 4,0 | 6,9 |
| 77 | R6 | 1,0 | 1,2 | 5,4 | 8,0 | 1,0 | 1,3 | 4,2 | 7,0 |

| | |
|------------------|----|
| F (Época, E) | ** |
| F (Substrato, S) | ** |
| F (S x E) | ** |
| F (Doses, D) | ** |
| F (E x D) | ** |
| F (S x D) | ** |
| F (S x E x D) | ** |

DAE = Dias após a emergência.

ED = Estadios de desenvolvimento da soja.

** = Significativo, a 1%, pelo teste F.

praticamente não ocorreu fitotoxicidade, independentemente do substrato. Entretanto, com as doses mais altas ocorreram injúrias, e o metribuzin se mostrou mais fitotóxico na mistura de solo e areia do que no solo. A dose de 0,6 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin produziu índices médios de fitotoxicidade de 4 (nenhum reflexo na produção) e de 7 (forte), enquanto com a dose mais elevada (0,9 kg i.a.ha⁻¹) do herbicida esse índice foi de 7 (forte) e 8 (muito forte), no solo e em solo + areia, respectivamente.

Resultados semelhantes aos obtidos neste experimento foram encontrados por MAIA (18), que, trabalhando em casa de vegetação, avaliou aos 15, 19 e 23 dias, o grau de fitotoxicidade de cinco cultivares de soja, submetidos às doses de 0,0, 0,21, 0,42, 0,63, 0,84 e 1,05 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin e obteve índices médios de fitotoxicidade, para a cultivar Paraná, de 1,0, 1,7, 3,8, 6,4, 7,5 e 7,8, em ordem crescente de dose do herbicida.

Em experimento de campo, os cultivares de soja, em sua maioria, foram relativamente tolerantes à dose de 0,56 kg i.a.ha⁻¹, sendo que as doses de 0,84 e 1,70 kg i.a.ha⁻¹ causaram maiores injúrias e morte das plantas (35).

Os graus de fitotoxicidade observados neste experimento foram, de modo geral, maiores que os obtidos em condições de campo, provavelmente devido ao fato de as plantas de soja crescidas em vaso terem volume limitado de solo para explorar, em comparação às condições de campo, onde o herbicida pode ficar mais diluído. Além disso, deve ser considerado também que em casa de vegetação a densidade do fluxo luminoso é reduzida e as temperaturas são mais elevadas. Plantas expostas a baixa densidade de fluxo luminoso são mais suscetíveis à injúria causada pelo metribuzin. Da mesma forma, aumentos de temperatura, diurna ou noturna, também resultaram em elevada fitotoxicidade (24). A temperatura pode, ainda, influenciar o comportamento dos herbicidas no solo, pois o processo de adsorção é de natureza exotérmica, enquanto a dessorção é endotérmica, de tal forma que aumentos da temperatura podem reduzir a adsorção, favorecendo o processo inverso (4).

As equações ajustadas de matéria seca (Figura 1) e de área foliar relativa (Figura 2), de acordo com a dose de metribuzin, que mostram tolerância da soja ao herbicida, foram lineares ($P < 0,05$) em solo + areia e quadráticas ($P < 0,05$) no solo, mostrando queda mais acentuada na tolerância das plantas de soja crescidas em solo + areia.

A inibição de 50% da matéria seca relativa (I_{50}) das folhas (Figuras 1A) e da parte aérea (Figura 1D) ocorreu com as doses de 0,44 e 0,66 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin, enquanto o I_{50} do caule (Figura 1B) ocorreu com as doses de 0,43 e 0,67 kg i.a.ha⁻¹ do herbicida, em solo + areia e no solo, respectivamente.

Nota-se que a dose de 0,3 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin promoveu ligeiro aumento, aproximadamente 7% na matéria seca relativa da parte aérea e seus componentes, em relação ao controle, somente nas plantas crescidas no solo. Semelhantemente, SILVA NETO (34) encontrou aumento de aproximadamente 17%, em relação à testemunha, na matéria seca relativa da parte aérea de plantas de soja da variedade Uberaba submetidas à dose de 0,4 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin. Em trabalho sobre a persistência do metribuzin em solos cultivados com soja, BLANCO *et alii* (5) verificaram que o herbicida poderia ter aumentado a fertilidade do solo, estimulando o crescimento da planta-teste (*avena sativa* L.). Possivelmente, as triazinas estimulam a nitrificação, com aumentos consideráveis dos níveis de nitrogênio e de fósforo disponíveis no solo (15). Entretanto, AGUILAR (1) verificou que em doses subletais o metribuzin teve efeito estimulante na matéria verde da

parte aérea das plantas de pepino (*Cucumis sativus* L., cv. Aodai) e de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. Santa Cruz Koda), o que pode ter sido causado pelo aumento da absorção e metabolismo do nitrato (NO_3^-) por parte da planta. O mecanismo por meio do qual aplicações subtóxicas dos herbicidas inibidores da reação de Hill aumentam o crescimento das plantas ainda não está claro, todavia especula-se, que doses subtóxicas aumentariam a síntese protéica, à custa dos carboidratos solúveis em água (28).

A inibição de 50% da matéria seca relativa da raiz (Figura 1C) ocorreu com as doses de 0,43 e 0,58 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin, em solo + areia e no solo, respectivamente.

Esses resultados mostram que, no solo, doses maiores do herbicida produziram inibição de 50% da matéria seca relativa da raiz, assim como da parte aérea e seus componentes, em relação às doses requeridas pela mistura de solo e areia. A maior tolerância da soja ao metribuzin, no solo, pode ser explicada, principalmente, pela maior adsorção do herbicida por esse substrato, com teores de matéria orgânica (6%) e de argila (40%) superiores aos encontrados na mistura de solo e areia (4,4% de matéria orgânica e 29% de argila). Com isso, menores quantidades de metribuzin ficam livres no solo para causar fitotoxicidade. A adsorção de herbicidas pelos coloides do solo tem sido extensivamente estudada (6, 18, 23, 31, 32), sendo fortemente influenciada pelo conteúdo de matéria orgânica e de argila.

A inibição de 50% da área foliar relativa (Figura 2) ocorreu com as doses de 0,43 e 0,71 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin, em solo + areia e no solo, respectivamente. Verificou-se, novamente, maior tolerância das plantas de soja ao metribuzin no solo que a mistura de solo e areia. Observou-se, ainda, que, com a dose de 0,3 kg i.a.ha⁻¹ do herbicida, houve incremento de 15% na área foliar, em relação ao controle, nas plantas crescidas no solo. SILVA NETO (34) encontrou que até a dose de 0,8 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin as plantas de soja da variedade Uberaba apresentaram maior área foliar que a das plantas-testemunha.

A razão por que a dose de 0,3 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin produziu incrementos na matéria seca relativa da parte aérea e na área foliar relativa das plantas cultivadas no solo, e não nas cultivadas em solo + areia estaria, provavelmente, relacionada com a menor disponibilidade do produto no solo, devido à sua maior adsorção pela fração coloidal. Por outro lado, essa dose não provocou incrementos na matéria seca relativa da raiz. Considerando que o metribuzin, como inibidor fotossintético da reação de Hill, atua primariamente nas folhas e que a recuperação da maquinaria fotossintética é preferencial, os assimilados devem, então, ser destinados preferencialmente à formação de novas folhas, em detrimento do desenvolvimento do sistema radicular. Dessa forma, estresse aplicado na parte aérea limita mais seriamente o crescimento das raízes, e talvez seja esta a explicação para o fato de a dose de 0,3 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin não ter provocado aumento da matéria seca relativa da raiz.

O número médio de nódulos por vaso foi reduzido pelo aumento das doses de metribuzin, e essa relação foi mais pronunciada com as doses de 0,6 e 0,9 kg i.a.ha⁻¹. Observa-se, ainda, que o emprego dessas doses provocou atraso na formação de nódulos (Quadro 2). Esses resultados diferem dos obtidos por RENNIE e DUBETZ (26), que, testando o efeito de alguns fungicidas e herbicidas sobre a nodulação de soja, não encontraram redução do número de nódulos quando usaram metribuzin. Esses pesquisadores observaram que a atividade de redução do acetileno nos nódulos, quando aplicaram 0,4 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin, foi significativamente maior que no controle, o que sugere que o metribuzin não atuou sobre a nodula-

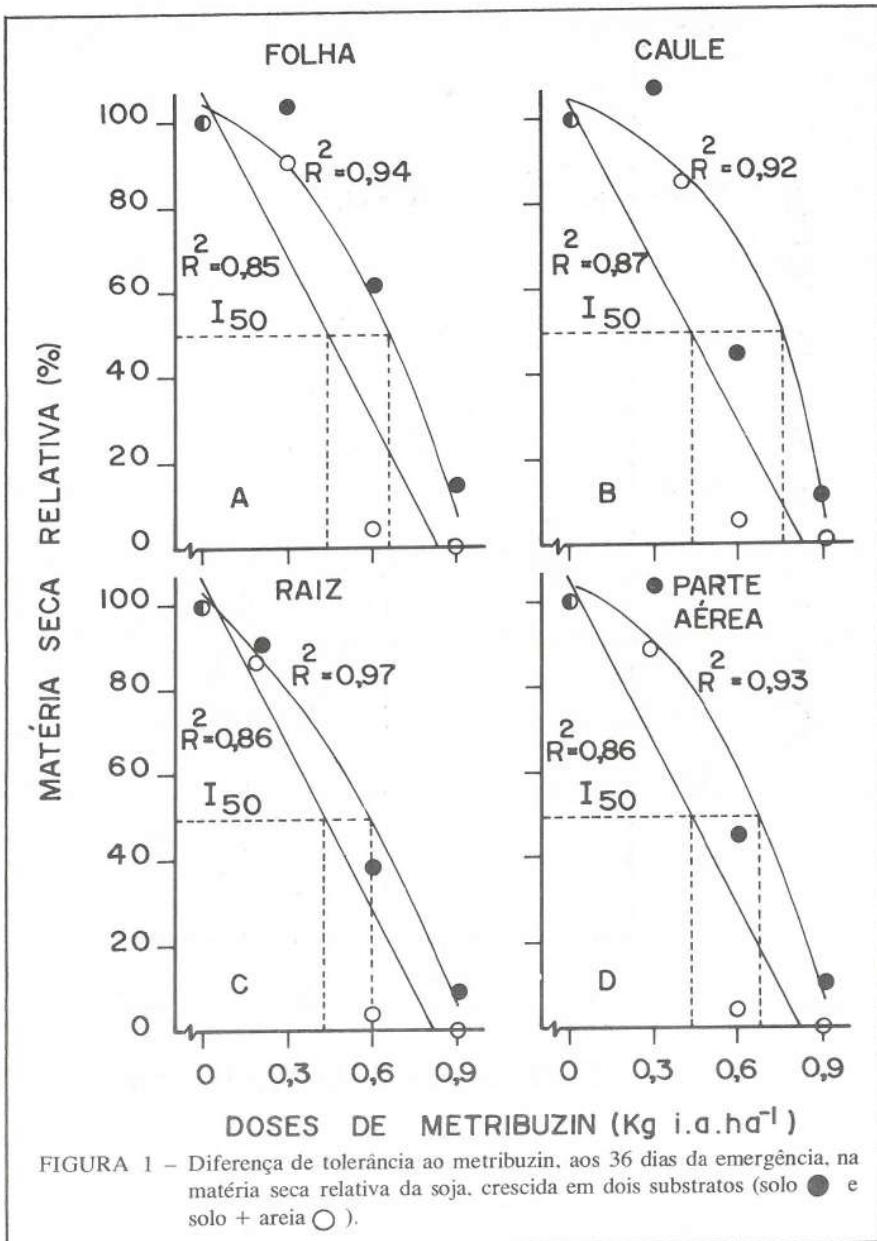


FIGURA 1 - Diferença de tolerância ao metribuzin, aos 36 dias da emergência, na matéria seca relativa da soja, crescida em dois substratos (solo ● e solo + areia ○).

ção ou atividade da nitrogenase, mas, principalmente, sobre o crescimento das plantas. Ainda, KUNIGAN *et alii* (9), testando o efeito de sete herbicidas sobre o número de nódulos de plantas de soja, observaram diferença na sensibilidade dos nódulos da raiz principal e das raízes laterais, sendo os primeiros mais sensíveis à inibição dos herbicidas.

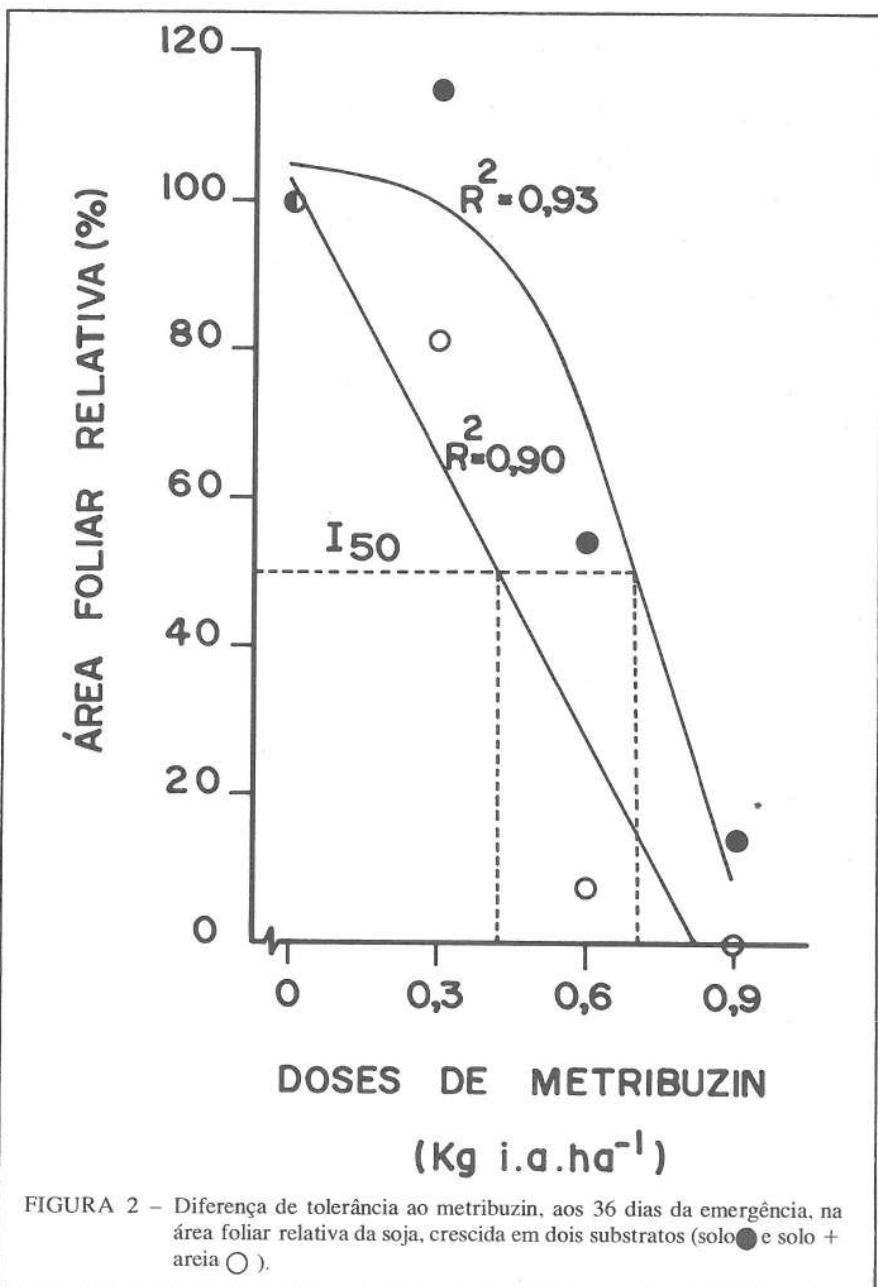


FIGURA 2 – Diferença de tolerância ao metribuzin, aos 36 dias da emergência, na área foliar relativa da soja, crescida em dois substratos (solo ● e solo + areia ○).

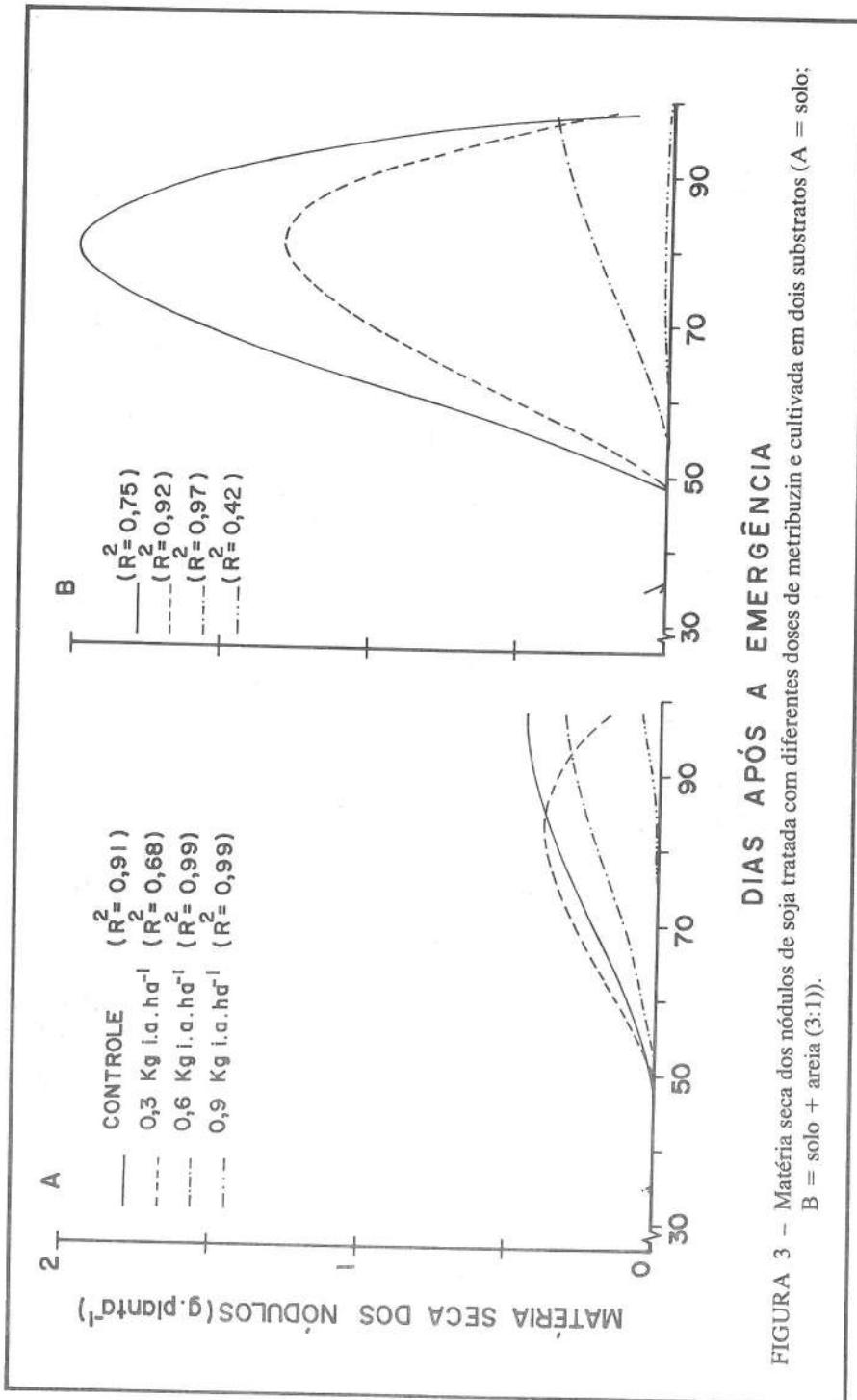
A matéria seca acumulada nos nódulos (W_n), por vaso e por planta, foi reduzida pelo aumento das doses do herbicida (Quadro 2 e Figura 3). Essa redução pode ser atribuída principalmente à redução do número de nódulos. Nota-se, ainda, que, com as doses mais elevadas de metribuzin, a redução da matéria seca de nódulos é menor.

QUADRO 2 - Número médio de nódulos e matéria seca acumulada nos nódulos (mg.vaso^{-1}) de soja cultivada em dois substratos (SA = solo + areia e S = solo) e quatro doses de metribuzin

| Coletas DAE | ED | Número de nódulos por vaso | | | | Matéria seca de nódulos (mg.vaso^{-1}) | | | |
|----------------|----|----------------------------|-----|-----|-----|---|------|------|-----|
| | | 0,0 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 0,0 | 0,3 | 0,6 | 0,9 |
| 35 | R1 | SA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | R3 | SA | 76 | 27 | 0 | 0 | 670 | 139 | 0 |
| | | S | 3 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 |
| 63 | R5 | SA | 137 | 228 | 33 | 0 | 966 | 1105 | 95 |
| | | S | 79 | 108 | 32 | 0 | 199 | 175 | 92 |
| 77 | R6 | SA | 537 | 408 | 63 | 2 | 5319 | 2957 | 360 |
| | | S | 122 | 207 | 51 | 0 | 776 | 1071 | 379 |
| 91 | R7 | SA | 240 | 157 | 54 | 4 | 1666 | 1470 | 803 |
| | | S | 113 | 110 | 90 | 4 | 664 | 283 | 581 |
| 98 | R8 | SA | 68 | 70 | 65 | 0 | 707 | 588 | 719 |
| | | S | 152 | 96 | 60 | 9 | 1008 | 527 | 648 |
| | | | | | | | | | |
| | | F (Coletas, C) | | | | | ** | ** | ** |
| | | F (Substrato, S) | | | | | ** | ** | ** |
| | | F (C x S) | | | | | ** | ** | ** |
| | | F (Doses, D) | | | | | ** | ** | ** |
| | | F (C x D) | | | | | ** | ** | ** |
| | | F (S x D) | | | | | ** | ** | ** |
| | | F (C x S x D) | | | | | ** | ** | ** |

DAE = Dias após a emergência; ED = Estadios de desenvolvimento da soja.

** Significativo, a 1%, pelo teste F.



dulos foi drástica, nos dois substratos. No entanto, com doses mais fracas (0,0 e 0,3 kg i.a.ha⁻¹) do herbicida, as plantas cultivadas em solo + areia mostraram nodulação superior à das plantas crescidas no solo. A adição de areia ao solo proporcionou melhores condições de arejamento, aumentando a disponibilidade de N₂ e a fixação simbiótica nesse substrato. Com isso, houve estímulo ao crescimento das plantas e, consequentemente, ao acúmulo de matéria seca nos nódulos. MACEDO e OLIVEIRA (17), testando diferentes herbicidas em plantas de soja, variedade IAC-8, cultivadas em solo arenoso, encontraram que o metribuzin e o metolachlor diminuíram o número, o peso da matéria fresca e o peso da matéria seca dos nódulos.

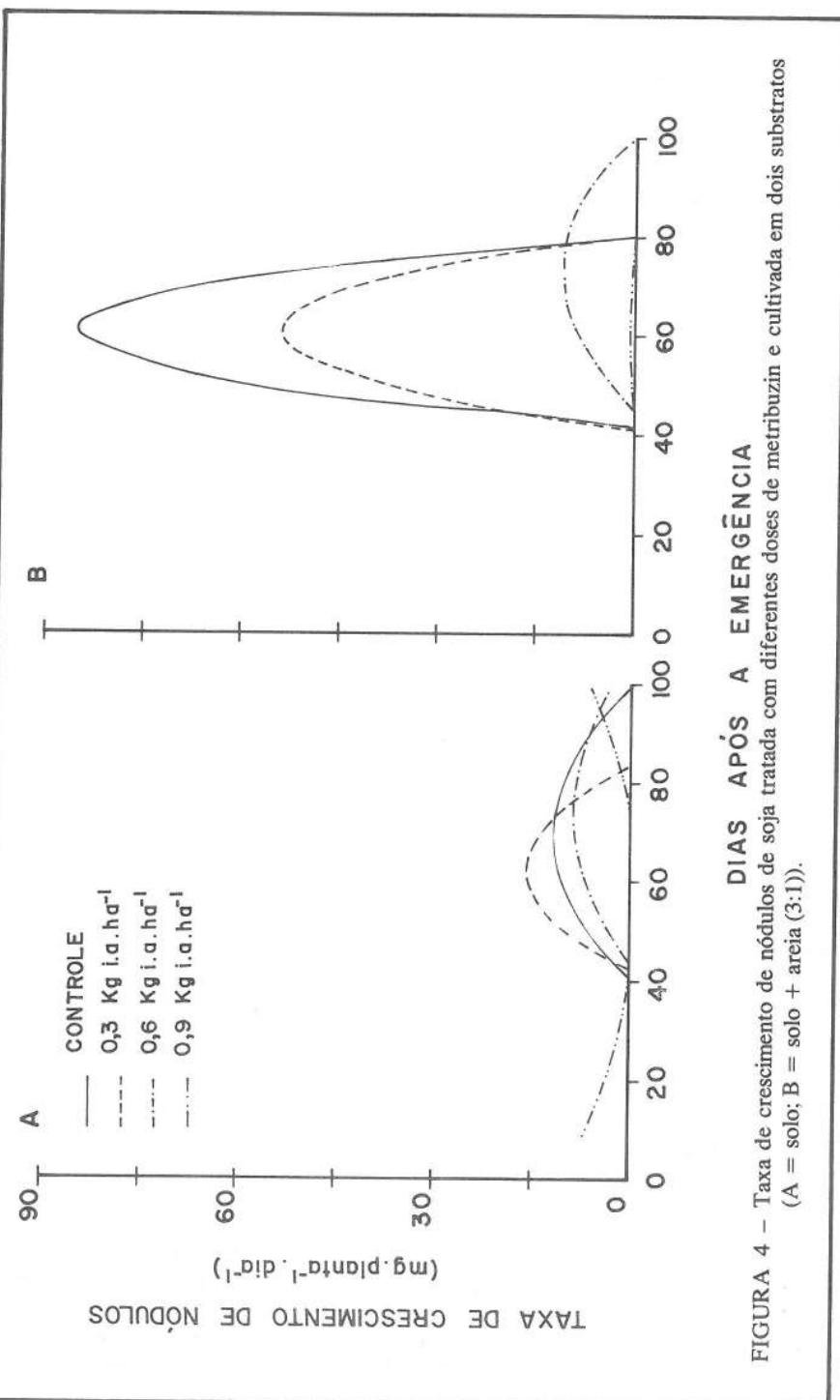
O aparecimento tardio de nódulos, depois do estádio R₁, início do florescimento (35 DAE), em todos os tratamentos, possivelmente foi ocasionado pela adubação nitrogenada de arranque (30 ppm de N), que inibiu, inicialmente, a nodulação.

Os valores máximos de W_n das plantas cultivadas no solo foram de 458, 385 e 58 mg.planta⁻¹, alcançados aos 100, 83, 106 e 98 DAE, respectivamente, com as doses de 0,0, 0,3, 0,6 e 0,9 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin. Nas plantas cultivadas em solo + areia, os valores máximos de W_n foram de 2004, 1295, 396 e 6 mg.planta⁻¹, atingidos aos 80, 80, 103 e 86 DAE, respectivamente, em ordem crescente de dose de metribuzin. A partir dessas datas, as taxas de crescimento dos nódulos (Figura 4) tornaram-se negativas, o que indica que a taxa de senescência sobrepujou a taxa de formação de novos nódulos.

Pela tendência da taxa de crescimento de nódulos (C_n) observou-se, de modo geral, que as plantas tratadas com o herbicida apresentaram taxas menores que as das plantas não-tratadas (Figura 4), excluídas as plantas cultivadas em solo + areia e submetidas à dose de 0,3 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin, que mostraram taxas maiores e tendência de antecipação das taxas máximas, em relação às das plantas-controle crescidas no mesmo substrato. Os valores máximos de C_n, para as plantas cultivadas no solo, foram de 12,0, 15,7, 8,8 e 8,6 mg.planta⁻¹.dia⁻¹, atingidos aos 70, 63, 75 e 7 DAE e, para as plantas cultivadas em solo + areia, foram de 84,9, 54,3, 11,2 e 0,3 mg.planta⁻¹.dia⁻¹, atingidos aos 61, 61, 74 e 66 DAE, em ordem crescente de dose de metribuzin.

Estudos sobre a interferência da radiação solar no processo de fixação do dinítrógenio (3, 29, 30) mostraram que esse efeito deve ser indireto, através da intensidade fotossintética, que, por sua vez, fornece material energético necessário à fixação do nitrogênio molecular. Assim, a disponibilidade de carboidratos é o principal fator limitante da nodulação (13). Considerando que o metribuzin é herbicida inibidor da fotossíntese, provavelmente seu efeito sobre a nodulação seria análogo ao provocado pelo sombreamento. Portanto, a redução do número de nódulos e de W_n de plantas tratadas com metribuzin deve ser admitida como resultado de menores taxas fotossintéticas dessas plantas, o que resulta em menor suprimento de fotoassimilados, tanto para o crescimento das plantas como para a formação de nódulos. Por outro lado, ROCHA *et alii* (29) acreditam que a deficiência de carboidratos pode, aparentemente, favorecer a proliferação de nódulos de *Rhizobium*, porém torna pouco eficiente a fixação simbiótica de nitrogênio.

A formação de nódulos eficientes na fixação do nitrogênio é processo sujeito a muitas influências, tanto endógenas como exógenas. Os fatores externos são mais bem conhecidos que os internos. Importantes, dentre eles, são a alta exigência de cálcio, o pH (16, 22) e o efeito inibidor do nitrato (14, 20, 21). Quantidades mais altas de nitrato no meio inibem a nodulação (20, 21) e a atividade da nitrogenase (14).



Pesquisas, de KAISER *et alii* (15), sobre a influência dos herbicidas do grupo das triazinas nos microrganismos do solo indicaram que, em certos casos, as triazinas estimulam a nitrificação do solo, com aumento considerável da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo do solo. Sendo assim, o metribuzin, promovendo aumento dos níveis de nitrato no solo, estaria, consequentemente, inibindo o processo de nodulação.

Herbicidas pós-emergentes provavelmente não afetam a nodulação, enquanto herbicidas incorporados em pré-plantio ou sistêmicos têm contato mais íntimo com o rizóbio aplicado na semente ou já presente no solo e podem ter efeitos deletérios (26). dessa forma, sendo o metribuzin um herbicida sistêmico, esta é mais uma maneira pela qual o seu uso poderia trazer prejuízos ao processo de nodulação. O efeito biocida ou biostático seria dependente da dose aplicada e da sensibilidade da espécie de rizóbio (8,26).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de estudar o efeito de diferentes doses de metribuzin (0,0, 0,3, 0,6 e 0,9 kg i.a.ha⁻¹) sobre a fitotoxicidade, tolerância e nodulação de *Glycine max* (L.) Merrill, cv. Paraná, cultivada em dois substratos (solo e solo + areia) e inoculada com *Bradyrhizobium japonicum*, foi conduzido um experimento, em casa de vegetação, em Viçosa, MG.

Não ocorreu injúria às plantas de soja tratadas com 0,3 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin. Entretanto, com o aumento das doses do herbicida, houve incremento no grau de fitotoxicidade, e o metribuzin foi mais fitotóxico em solo + areia (3:1) que no solo.

A inibição de 50% da matéria seca relativa (I₅₀), na parte aérea, ocorreu com as doses de 0,44 e 0,66 e, no sistema radicular, com as doses de 0,43 e 0,58 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin, em solo + areia e no solo, respectivamente. O I₅₀ da área foliar foi produzido pelas doses de 0,43 e 0,71 kg i.a.ha⁻¹ de metribuzin.

Dose subletal de metribuzin (0,3 kg i.a.ha⁻¹) promoveu incrementos na matéria seca relativa da parte aérea e da área foliar relativa somente nas plantas crescidas no solo.

O número de nódulos e a matéria seca dos nódulos foram reduzidos, em ambos os substratos, pelo aumento das doses de metribuzin, e a redução foi mais drástica com as doses de 0,6 e 0,9 kg i.a.ha⁻¹. A taxa de crescimento de nódulos decresceu com o aumento da dose de metribuzin. Com doses mais fracas (0,0 e 0,3 kg i.a.ha⁻¹) do herbicida, o substrato solo + areia apresentou nodulação superior à do substrato solo.

5. SUMMARY

(TOLERANCE AND NODULATION IN SOYBEAN (*Glycine max* (L.) MERRILL) CULTIVATED ON TWO SUBSTRATA AND TREATED WITH FOUR DOSES OF METRIBUZIN)

The effect of metribuzin rates 0,0, 0,3, 0,6 and 0,9 kg a.i.ha⁻¹ on the toxicity, tolerance and nodulation of soybean cv. Paraná cultivated on two different substrata (soil + sand and soil) and inoculate with *Bradyrhizobium japonicum*, was studied under greenhouse conditions at Viçosa, MG, Brazil.

Injury was not observed in soybean treated with 0,3 kg a.i.ha⁻¹ metribuzin. As metribuzin rates increased, an increase in toxicity was also observed. Metribuzin was more toxic for the plants cultivated in soil + sand (3:1) than for those cultivated in soil alone.

The dose responsible for 50% decrease in relative dry weight (I_{50}) of shoots occurred at the rates of 0.44 and 0.66 and I_{50} for the root system was attained by 0.43 and 0.58 kg a.i. ha^{-1} of metribuzin for soil + sand and soil alone, respectively.

Sublethal doses of metribuzin (0.3 kg a.i. ha^{-1}) increased the relative dry weight of shoot and relative leaf area only in plants grown in soil.

Nodule number and dry weight were decreased as metribuzin rates increased for both substrata. The reductions were more drastic at the highest doses (0.6 and 0.9 kg a.i. ha^{-1}). The nodules growth rate decreased as a function of increase in metribuzin doses. The substratum soil + sand promoted greater nodulation than soil alone at the lowest metribuzin doses (0.0 and 0.3 kg a.i. ha^{-1}).

6. LITERATURA CITADA

1. AGUILAR, A.S. *Influência do fósforo e do nitrogênio sobre a tolerância do tomate (*Licopercicum esculentum* Mill) ao metribuzin e sobre a atividade deste herbicida no solo*. Viçosa, UFV, 1979. 56 p. (Tese M.S.)
2. ANDERSEN, R.N. Herbicide and crop varieties. *Weeds Today*, 8: 16-17, 1976.
3. BACH, M.K.; MAGEE, W.E. & BURRIS, R.H. Translocation of photosynthetic products to soybean nodules and their role in nitrogen fixation. *Plant Physiol.*, 33: 118-124, 1958.
4. BAILEY, G.W. & WHITE, J.L. Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil. *Residue Reviews*, 32: 29-92, 1970.
5. BLANCO, H.G.; NOVO, M.C.S.S.; SANTOS, C.A.L. dos & CHIBA, S. Persistência do herbicida metribuzin em solos cultivados com soja. *Pesq. Agrop. Bras.*, 18: 1073-1084, 1983.
6. COBLE, H.D. & SCHRADER, J.M. Soybean tolerance to metribuzin. *Weed Sci.* 21: 308-309, 1973.
7. CRUZ, L.S.P. & LEIDERMAN, L. Controle das plantas daninhas em cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com misturas de herbicidas. *Planta Daninha*, 1: 13-17, 1978.
8. DEUBER, R.; CAMARGO, P.N. & SIGNORI, L.H. Efeitos de herbicidas e populações de plantas na nodulação e produção da soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. 'Santa Rosa'). *Planta Daninha*, 4: 97-109, 1981.
9. DUNIGAN, E.P.; FREY, J.P.; ALLEN Jr., L.D. & MCMHON, A. Herbicidal effects on the nodulation of *Glycine max* (L.) Merrill. *Agron. J.*, 64: 806-808, 1972.
10. FEDIKE, C. Physiological response of soybean (*Glycine max*) plants to metribuzin. *Weed Sci.*, 27: 192-195, 1979.
11. FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. *Stage of soybean development*. Ames, Iowa State University, Co-operative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report 80).

12. HARDCASTLE, W.S. Differences in the tolerance of metribuzin by varieties of soybeans. *Weed Res.*, 14: 181-184, 1974.
13. HARDY, R.W.F. & HAVELKA, U.D. Photosynthate as a major factor limiting nitrogen fixation by field-grown legumes with emphasis on soybeans. In: NUTMAN, P.S. (ed.). *Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants*. London, Cambridge University Press, 1976. p. 421-439.
14. HARDY, R.W.F.; HOLSTEN, R.D.; JACKSON, E.K. & BURNS, R.C. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiol.*, 43: 1185-1207, 1968.
15. KAISER, P.; POCHON, J.J. & CASSINI, R. Influence of triazine herbicides on soil microorganisms. In: *Residue Review; Residues of pesticides and other foreign chemicals in foods and feeds*. New York, Springer-Verlag, 1970, p. 211-233. (Residue Reviews, 32).
16. LONERAGAN, J.F. & DOWLING, E.J. The interaction of calcium and hydrogen ions in the nodulation of subterranean clover. *Austral. J. Agric. Res.*, 9: 464-472, 1958.
17. MACEDO, E. de C. & OLIVEIRA, D.A. Influência de herbicidas na nodulação e desenvolvimento da soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 4, Porto Alegre, 1986. Resumos..., Porto Alegre, 1986. p. 35.
18. MAIA, A.C. *Tolerância de variedades de soja (Glycine max (L.) Merrill) ao metribuzin em diferentes tipos de solos e níveis de matéria orgânica*. Viçosa, UFV, 1980. 59 p. (Tese M.S.).
19. MORHIER, L.J. & RUSS, O.G. Metribuzin injury in soybeans as influenced by application timing and cultivation. *Agron. J.*, 73: 677-679, 1981.
20. MUNNS, D.N. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. II. Compensating effects of nitrate and of prior nodulation. *Plant and Soil*, 28:246-257, 1968a.
21. MUNNS, D.N. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. III. Effects of nitrate on root hairs and infection. *Plant and Soil*, 29: 33-47. 1968b.
22. MUNNS, D.N. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. V. Calcium and pH requirements during infection. *Plant and Soil*, 32: 90-102, 1970.
23. PETER, C.J. & WEBER, J.B. Adsorption, mobility, and efficacy of metribuzin as influenced by soil properties. *Weed Sci.*, 33: 868-873, 1985.
24. PHATAK, S.C. & STEPHENSON, G.R. Influence of light and temperature on metribuzin phytotoxicity to tomato. *Can. J. Plant Sci.*, 53: 843-847, 1973.
25. RADFORD, P.J. Growth analysis formulae - Their use and abuse. *Crop Sci.*, 7: 171-174, 1967.

26. RENNIE, R.J. & DUBETZ, S. Effect of fungicides and herbicides on nodulation and N₂ fixation in soybean fields lacking indigenous *Rhizobium japonicum*. *Agron. J.*, 76: 451-454, 1984.
27. RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F.C. (ed.). *Plant Physiology: A Treatise*. New York, Academic Press, 1969. p. 3-76.
28. RIES, S.K. Subtoxic effects on plants. In: AUDUS, L.J. (ed.). *Herbicides physiology, biochemistry and ecology*. New York, Academic Press, 1976. V. 2. p. 313-344.
29. ROCHA, H.M.; ALVIM, P. de T. & DÖBEREINER, J. Influência da intensidade de radiação solar sobre o crescimento e a fixação simbiótica de nitrogênio pela soja (*Glycine max*). *Turrialba*, 20: 293-298. 1970.
30. SAMPAIO, I.B.M. & DÖBEREINER, J. Efeito do sombreamento e do calcário na taxa relativa de fixação de nitrogênio e na eficiência dos nódulos da soja (*Glycine max*). *Pesq. Agropec. Bras.*, 3: 255-262, 1969.
31. SAVAGE, K.E. Adsorption and mobility of metribuzin in soil. *Weed Sci.*, 24: 525-528, 1976.
32. SILVA, J.F. da; SILVA, J.F. da; SILVA, R.F. da; CONDÉ, A.R. Lixiviação e inativação do metribuzin em dois tipos de solos. *Planta Daninha*, 4: 78-82, 1981.
33. SILVA, J.F. da & WARREN, G.F. Effect of stage of growth on metribuzin tolerance. *Weed Sci.*, 24: 612-615, 1976.
34. SILVA NETO, P.J. da. *Efeito do metribuzin sobre a fotossíntese, crescimento, morfologia, partição de assimilados e controle de plantas daninhas em soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Viçosa, UFV, 1987. 101 p. (Tese M.S.).
35. WAX, L.M.; STOLLER, E.W. & BERNARD, R.L. Differential response of soybean cultivars to metribuzin. *Agron. J.*, 68: 484-486, 1976.