

XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

“Risco de Recontaminação do Solo em Função do Uso da Palhada de *Eleusine coracana* após Fitorremediação de Picloram”

FÁBIO RIBEIRO PIRES⁽¹⁾, ALEX FAVARO NASCIMENTO⁽²⁾, SERGIO DE OLIVEIRA PROCÓPIO⁽³⁾, ALBERTO CARGNELUTTI FILHO⁽⁴⁾, KRISTHIANO CHAGAS⁽²⁾ & VALDENIR JOSÉ BELINELO⁽¹⁾

RESUMO – Em programas de fitorremediação com enfoque agrônômico, particularmente em sistema plantio direto em áreas de pastagem, é necessário avaliar a presença de moléculas herbicidas na biomassa vegetal, inferindo sobre o risco de recontaminação da área. O objetivo deste trabalho foi avaliar a presença do picloram ou de metabólitos com atividade herbicida na parte aérea da espécie fitorremediadora *Eleusine coracana* (capim-pé-de-galinha-gigante) após seu cultivo em solo contaminado com esse herbicida. *E. coracana* foi cultivada em três solos, diferenciados quanto à textura (argilosa, média e arenosa), previamente contaminados com o herbicida picloram (0, 80 e 160 g ha⁻¹). Após 90 dias, foi produzido um extrato com a parte aérea dessas plantas, que por sua vez, foi aplicado em potes contendo areia lavada. Por 19 dias foi cultivada a soja como planta indicadora da presença de picloram, compondo um bioensaio em câmara de crescimento. Os resultados mostraram a presença do picloram ou de metabólitos com atividade herbicida na parte aérea das plantas de capim-pé-de-galinha-gigante em níveis fitotóxicos para as plantas de soja, indicando que a permanência da palhada na superfície do solo pode promover a recontaminação da área. O cultivo de espécies suscetíveis ao picloram em áreas com a presença de restos culturais da espécie avaliada que remediou esse herbicida, não é recomendada.

Palavras-chave: (biorremediação; *carryover*; *Glycine max*; capim-pé-de-galinha-gigante)

Introdução

Buscando alternativas para utilização de áreas agrícolas com a presença de compostos persistentes e fitotóxicos no solo, particularmente herbicidas, tem-se sido pesquisado com maior ênfase nos últimos anos o emprego da fitorremediação, ou seja, de espécies vegetais capazes de remover e ou degradar xenobióticos no solo (Pires et al. [1]), e

conseqüentemente, permitir o cultivo subsequente de espécies sensíveis na área, eliminando o efeito *carryover*.

O picloram (ácido 4-amino 3,5,6 tricloro-2-piridinacarboxílico) é um herbicida de ação sobre dicotiledôneas, muito utilizado para controlar arbustos e árvores. Não obstante sua eficiência, o picloram é um dos herbicidas que maior preocupação desperta, do ponto de vista ambiental. Isso ocorre porque ele é fracamente adsorvido pela matéria orgânica ou argila, apresentando longa persistência (Lavy et al., [2]), podendo ser encontrado até três anos após sua aplicação em área total (Deubert & Corte-Real [3]). Também, em razão de sua longa persistência no solo, pode permanecer ativo na matéria orgânica proveniente de pastagens tratadas com este herbicida (Rodrigues & Almeida [4]). Além de elevado residual no solo, seu uso tem sido questionado, também, devido à alta solubilidade em água (430 g m⁻³), sendo por isso um herbicida que apresenta elevado potencial de lixiviação (Bovey & Richardson [5]).

Em publicações recentes, as espécies *Panicum maximum* cv. Tanzânia e *Eleusine coracana* foram capazes de fitorremediar o picloram no solo (Carmo et al. [6]; Procópio et al. [7]). A seleção dessas espécies fitorremediadoras pode ser especialmente interessante na descontaminação de áreas sob pastagem degradada que apresentam resíduos do picloram, principalmente por serem gramíneas de fácil manejo. Todavia, para que sejam recomendadas de forma segura em um programa de fitorremediação de picloram, torna-se necessário avaliar a destinação do herbicida no ambiente, pois, se o composto for absorvido pela planta, mas não for degradado, e a biomassa vegetal retornar ao solo como cobertura morta, ele pode ser novamente absorvido por espécies suscetíveis à sua ação herbicida.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a presença do picloram ou de metabólitos com atividade herbicida na parte aérea de duas espécies fitorremediadoras após cultivo em solo contaminado com esse herbicida.

Material e Métodos

⁽¹⁾ Primeiro Autor é Professor Adjunto do Departamento de Ciências da Saúde, Bilógicas e Agrárias, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo. Rodovia RB 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus, ES. CEP: 29932-540. E-mail: fabiopires@pq.cnpq.br.

⁽²⁾ Segundo Autor é Graduando do Curso de Agronomia do Agrárias, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo. Rodovia RB 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus, ES. CEP: 29932-540.

⁽³⁾ Terceiro Autor é Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar 3250, Jardins, Aracaju, SE. CEP: 49.025-040.

⁽⁴⁾ Quarto Autor é Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima s/n, Campus Camobi - Santa Maria, RS. CEP: 97105-900.

A primeira etapa do trabalho foi desenvolvida em casa-de-vegetação, no campus do Centro Universitário Norte do Espírito Santo-CEUNES, pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo-UFES.

O experimento foi constituído por um fatorial duplo 3 x 3, sendo três tipos de solos e três doses do herbicida picloram. Foi avaliada a espécie *Eleusine coracana* (capim-pé-de-galinha-gigante), previamente selecionada (Carmo [8]), cultivada por 90 dias em vasos de 8 dm³ de capacidade, contendo material de solo previamente contaminado com o herbicida picloram (0, 80 e 160 g ha⁻¹, correspondendo 0, ¼ e ½ da dose comercial, respectivamente). Foram utilizados três tipos de solos, diferenciados pelos teores médios de argila: textura argilosa, textura média e textura arenosa. O delineamento experimental a ser utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Após 20 dias da aplicação do herbicida foi realizada a semeadura da espécie vegetal. Aos 90 dias após a semeadura, estas foram seccionadas na altura do coleto e o material correspondente à parte aérea das plantas foi submetido a um bioensaio em câmara de crescimento, mantida sob condições de luminosidade, temperatura e umidade controladas. O material vegetal foi triturado manualmente e posteriormente macerado em água, constituindo um resíduo de extrato vegetal que foi aplicado em potes de plástico de 200 mL contendo areia lavada como substrato. As doses do extrato da parte aérea das plantas foram determinadas em função de cada espécie, e corresponderam à aplicação da quantidade de biomassa seca normalmente produzida por hectare pela espécie testada. Em seguida, foi semeada a planta indicadora da presença de picloram (soja - *Glycine max* L.), conduzida por 19 dias, sendo avaliadas a altura de plantas e a matéria seca da parte aérea.

O objetivo desta metodologia era detectar se o acúmulo do herbicida nos tecidos da planta estaria em forma fitotóxica, após absorvê-los do solo, afetando plantas sensíveis em eventual manutenção das plantas fitorremediadoras no campo, como fonte de palhada ou incorporadas para adição de matéria orgânica.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias das variáveis significativas comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados

Para as duas variáveis analisadas, a interação dupla entre solo e dose foi significativa (Tabelas 1 e 2).

A altura média das plantas de soja foi significativamente maior no tratamento onde se aplicou extratos vegetais de plantas cultivadas em solo que não recebeu aplicação prévia do picloram (dose zero) (Tabela 1). Na dose de 160 g ha⁻¹ do herbicida picloram, nenhuma planta sobreviveu. Na dose intermediária, 80 g ha⁻¹, o desempenho da soja, avaliado com base na altura, foi muito prejudicado pelo extrato do capim-pé-de-galinha-gigante, com valores muito próximos à morte das plantas, observado na maior dose. Quanto ao efeito dos solos, apenas na

dose zero, quando cultivada em solo arenoso, a altura das plantas de soja foi afetada negativamente. O solo arenoso, na dose zero, resultou em menor altura de plantas de soja em relação ao de textura média e ao de textura argilosa (Tabela 1).

O desempenho observado para biomassa seca das plantas de soja assemelha-se ao encontrado para altura de plantas, notadamente quanto ao efeito das doses. O acúmulo de biomassa em qualquer uma das doses foi significativamente inferior quando comparado à dose zero (Tabela 2). O cultivo das espécies fitorremediadoras em solo de textura arenosa resultou em menor acúmulo de massa pelas plantas de soja em comparação ao cultivo no solo argiloso na dose zero (Tabelas 2).

Discussão

A soja cultivada por 19 dias em substrato que recebeu extrato foliar de capim-pé-de-galinha-gigante, anteriormente cultivado em solo com diferentes níveis de picloram, foi excelente indicadora para tomada de decisão quanto à reutilização do material vegetal (palhada). Os resultados de altura e biomassa seca das plantas de soja indicaram claramente que o cultivo de espécies suscetíveis ao picloram em áreas com a presença de restos culturais da planta avaliada que remediou esse herbicida, não é recomendado, pois o princípio ativo absorvido do solo ainda está presente nos resíduos exercendo ação herbicida. Tais efeitos são ainda mais severos em solos com menos teor de argila.

De posse dessas observações, é possível fazer algumas importantes inferências sobre o mecanismo de fitorremediação. Primeiramente, pode-se afirmar que o picloram foi absorvido pelas plantas e não apenas imobilizado no solo, excluindo-se a hipótese de fitoestabilização indicada por Cunningham et al. [9].

Segundo, a atuação rizosférica como provável mecanismo de detoxificação do picloram não foi comprovada por este ensaio, descartando-se a fitoestimulação e a rizotransformação como prováveis mecanismos biológicos de fitorremediação, já que quantidade suficiente para causar toxicidade na soja foi acumulada na parte aérea dessa gramínea, diferindo do observado para espécie *Kochia scoparia* em relação aos herbicidas atrazina e metolachlor (Anderson & Coats [10]; Perkovich et al., [11]).

Uma terceira inferência é que a molécula foi absorvida do solo, translocada até a parte aérea (fitoextração) e apenas acumulada (fitoacumulação), sem sofrer qualquer tipo de alteração na sua estrutura química, comportamento não desejável para atuação na fitorremediação de áreas agrícolas (Kvesitadze et al. [12]). Outra hipótese é que o herbicida após ser fitoextraído possa ter sofrido algum tipo de transformação, resultando em outro subproduto ou metabólito (Ferro et al. [13]) que, no entanto, exibe também efeito fitotóxico às plantas. A completa mineralização de compostos orgânicos, de acordo com Newman et al. [14], geralmente representa um pequeno percentual dos casos, concordando com Burken & Schnoor [15] em trabalho com atrazina.

Os resultados obtidos apontam para a necessidade de se alterar o programa de fitorremediação envolvendo o

picloram em áreas agrícolas. Para que seja possível, por exemplo, a utilização da rotação de culturas no sistema integração lavoura-pecuária, empregando-se a soja após a pastagem que recebeu aplicações desse herbicida, as plantas de capim-pé-de-galinha-gigante, que executaram a fitorremediação do picloram, devem ser removidas da área e descartadas. Isso representa uma prática indesejável por impossibilitar sua utilização como plantas de cobertura do solo e pelo elevado custo dessa remoção (Pires et al. [1]). Tais resultados diferem daqueles encontrados por Procópio et al. [16], avaliando a campo a fitorremediação do herbicida trifloxissulfuron sodium por mucuna-preta e feijão-de-porco. Esses autores concluíram que a manutenção da palhada das espécies de adubos verdes durante o ciclo do feijão (espécie indicadora) não prejudicou o desenvolvimento das plantas e não provocou perdas na produtividade da cultura, indicando que a permanência da palhada na superfície do solo não promove a recontaminação da área.

Os resultados aqui obtidos necessitam ser validados a campo.

Conclusões

A permanência da palhada de capim-pé-de-galinha-gigante na superfície do solo pode promover a recontaminação da área com o picloram ou com metabólitos com atividade herbicida.

O cultivo de espécies suscetíveis ao picloram em áreas com a presença de restos culturais das plantas de capim-pé-de-galinha-gigante que remediaram esse herbicida, não é recomendada.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio a Ciência e Tecnologia do Estado do Espírito Santo - FAPES, pelo apoio financeiro ao projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão das bolsas de Iniciação Científica e Apoio Técnico.

Referências

- [1] PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S.O. & FERREIRA, L.R. 2003. Fitorremediação de solos contaminados por herbicidas. *Planta Daninha*, 21: 335-34.
- [2] LAVY, T.L.; MATTICE, J.D.; MASSEY, J.H.; SKULMAN, B.W.; SENSEMAN, S.A.; GBUR, E.E. & BARRETT, M.R. 1996. Long-term in situ leaching and degradation of six herbicides aged in subsoils. *J. Environ. Qual.*, 25: 1268-1279.
- [3] DEUBERT, K.H. & CORTE-REAL, I. 1986. Soil residues of picloram and triclopyr after selective foliar application on utility rights-of-way. *Journal of Arboriculture*, 12: 269-272.
- [4] RODRIGUES, B. N. & ALMEIDA, F. S. 2005. Guia de herbicidas. 5.ed. Londrina, PR: Grafmark. 591 p.
- [5] BOVEY, R.W. & RICHARDSON, C.W. 1991. Dissipation of clopyralid and picloram in soil and seep flow in the blacklands of Texas. *J. Environ. Qual.*, 20: 528-531.
- [6] PROCÓPIO, S.O. et al. 2008. Fitorremediação de solo contaminado com picloram por capim-pé-de-galinha-gigante (*Eleusine coracana*). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 2517-2523.
- [7] CARMO, M. L. et al. 2008. Influência do período de cultivo de *Panicum maximum* (cultivar tanzânia) na fitorremediação de solo contaminado com picloram. *Planta Daninha*, 26: 315-322.
- [8] CARMO, M.L. Subsídios para o desenvolvimento de programas de fitorremediação de solos contaminados com o herbicida picloram. Rio Verde: Universidade de Rio Verde, 2007. 82p. (Dissertação de Mestrado)
- [9] CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A. & SCHWAB, A. P. 1996. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. *Adv. Agron.*, 56: 55-114.
- [10] ANDERSON, T. A. & COATS, J. R. 1995. Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor. *J. Environ. Sci. Health*, 30: 473-484.
- [11] PERKOVICH, B. S. et al. 1996. Enhanced mineralization of [¹⁴C] atrazine in *Kochia scoparia* rhizospheric soil from a pesticidecontaminated site. *Pestic. Sci.*, 46: 391-396.
- [12] KVESITADZE, G. et al. 2001. Some aspects of the enzymatic basis of phytoremediation. *J. Biol. Phys. Chem.*, 1: 49-57.
- [13] FERRO, A. M.; SIMS, R. C. & BUGBEE, B. 1994. Hycrest crested wheatgrass accelerates the degradation of pentachlorophenol in soil. *J. Environ. Qual.*, 23: 272-279.
- [14] NEWMAN, L. A. et al. 1997. Uptake and biotransformation of trichloroethylene by hybrid poplars. *Environ. Sci. Technol.*, 31: 1062-1067.
- [15] BURKEN, J. G. & SCHNOOR, J. L. 1996. Phytoremediation: plant uptake of atrazine and role of root exudates. *J. Environ. Engin.*, 122: 958-963.
- [16] PROCÓPIO, S. O. et al. 2007. Development of bean plants in soil contaminated with trifloxissulfuron-sodium after *Sizolobium aterrimum* and *Canavalia ensiformis* cultivation. *Planta Daninha*, 25: 87-96.

Tabela 1. Altura de plantas de soja (cm), cultivadas em areia lavada contendo extrato da parte aérea de plantas de capim-pé-de-galinha-gigante, obtido após fitorremediação em três tipos de solos contaminados com três doses de picloram.

SOLO (Textura)	DOSE (g ha ⁻¹)			Média
	0	80	160	
Arenosa	10,80 Ab	1,02 Ba	0,00 Ba	3,94
Média	14,81 Aa	2,24 Ba	0,00 Ba	5,68
Argilosa	14,20 Aa	0,00 Ba	0,00 Ba	4,73
Média	13,27	1,09	0,00	4,79

Médias não seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2. Biomassa seca da parte aérea de plantas de soja (g), cultivadas em areia lavada contendo extrato da parte aérea de capim-pé-de-galinha-gigante, obtido após fitorremediação em três tipos de solos contaminados com três doses de picloram.

SOLO (Textura)	Dose (g ha ⁻¹)			Média
	0	80	160	
Arenosa	0,22 Ab	0,02 Ba	0,02 Ba	0,09
Média	0,30 Aab	0,08 Ba	0,00 Ba	0,13
Argilosa	0,42 Aa	0,06 Ba	0,00 Ba	0,16
Média	0,31	0,05	0,01	0,13

Médias não seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.