

XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

“Influência do Período de Cultivo do Capim-Pé-De-Galinha-Gigante (*Eleusine coracana*) na Fitorremediação de Solo Contaminado com o Herbicida Picloram”

RODRIGO SILVA ARAÚJO⁽¹⁾, MARCOS LIMA DO CARMO⁽²⁾, SERGIO DE OLIVEIRA PROCÓPIO⁽³⁾, FÁBIO RIBEIRO PIRES⁽⁴⁾, ALBERTO CARGNELUTTI FILHO⁽⁵⁾, WELINGTON F.P. SILVA⁽⁶⁾ & LEANDRO PERERIA PACHECO⁽⁷⁾

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tempo de cultivo do capim-pé-de-galinha-gigante (*Eleusine coracana*) sobre a fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram. Os tratamentos foram compostos pela combinação entre quatro períodos de cultivo da espécie vegetal *Eleusine coracana* (0, 60, 80 e 100 dias) e de três doses do picloram (0, 80 e 160 g ha⁻¹). Ao término do tempo estabelecido de atuação da espécie fitorremediadora, efetuou-se a semeadura das espécies bioindicadoras da presença do picloram: tomate (cultivar Santa Clara) e soja (cultivar Monsoy 6101). As espécies bioindicadoras demonstraram alta sensibilidade à presença do picloram no solo, sendo inviável o cultivo dessas culturas em áreas contaminadas com esse herbicida sem a execução de algum procedimento remediador. O cultivo prévio de *E. coracana* por 60 dias garantiu crescimento inicial satisfatório das plantas de soja e de tomate cultivadas em solo que recebeu previamente a aplicação de até 160 g ha⁻¹ de picloram, contudo, essas plantas bioindicadoras apresentaram sintomas visíveis de intoxicação do herbicida.

Palavra-chave: (residual de herbicidas, soja, tomate, descontaminação do solo, sucessão de culturas).

Introdução

A fitorremediação é o uso de plantas e sua microbiota associada na descontaminação de solo e água, explorando a habilidade de algumas espécies vegetais de remover/extrair e, ou, mineralizar xenobióticos, bem como a tolerância dessas plantas aos contaminantes (Wilson et al. [1]). Esta técnica

apresenta-se como alternativa agrônômica para sistemas de cultivo que necessitam remover herbicidas de alta persistência no solo. A fitorremediação pode ser usada em solos contaminados com substâncias orgânicas e/ou inorgânicas como metais contaminantes, metalóides, hidrocarbonetos de petróleo, pesticidas, explosivos, solventes clorados e subprodutos tóxicos da indústria (Cunningham et al. [2]). Contudo, a pesquisa com metais pesados tem sido a mais difundida, para os quais algumas espécies têm comprovado sua eficiência, como *Thlaspi caerulescens* (Radin [3]), *Amaranthus retroflexus* (Becker [4]), *Brassica napus* (Wood [5]), *Brassica juncea* (Radin [3]), entre outras.

Entre os herbicidas que apresentam elevada persistência no solo destaca-se o picloram, o qual se caracteriza pela elevada utilização em pastagens. 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.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do tempo de cultivo do capim-pé-de-galinha-gigante (*Eleusine coracana*) sobre a fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram.

Matérias e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Fesurv – Universidade de Rio Verde, localizada no município de Rio Verde-GO. O período de condução do experimento foi de setembro de 2006 a fevereiro de 2007.

Os tratamentos foram compostos pela combinação entre quatro períodos de cultivo da espécie vegetal *Eleusine coracana* - capim-pé-de-galinha-gigante (0, 60, 80 e 100 dias) e de três doses do picloram (0, 80 e

⁽¹⁾ Primeiro Autor é Graduando do Curso de Agronomia do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, da Universidade Federal do Espírito Santo. Rodovia RB 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus, ES. CEP: 29932-540. E-mail: rodrigo_araujo86_3@hotmail.com.

⁽²⁾ Segundo Autor é Professor Adjunto da Faculdade de Zootecnia da FESURV-Universidade de Rio Verde. Cx. Postal 104, Rio Verde, GO. CEP 75901-970.

⁽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 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.

⁽⁵⁾ Quinto 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.

⁽⁶⁾ Sexto Autor é Graduando do Curso de Agronomia FESURV-Universidade de Rio Verde. Postal 104, Rio Verde, GO. CEP 75901-970.

⁽⁷⁾ Sétimo Autor é Doutorando do PPG em Produção Vegetal, Universidade Federal de Goiás. Campus Samambaia - Rodovia Goiânia / Nova Veneza, Km 0 - Caixa Postal 131, Goiânia, GO. CEP 74001-970

160 g ha⁻¹), totalizando 12 tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, com quatro repetições.

Como substrato para o crescimento das plantas, utilizou-se amostras de solo classificado como Latossolo Vermelho eutrófico. Antes do preenchimento dos vasos com capacidade para 8 dm³, o solo foi corrigido com calcário, e adubado com a fórmula 08-20-18.

Após o preenchimento e umedecimento dos vasos, procedeu-se à aplicação do herbicida picloram, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado com CO₂, acoplado de barra contendo duas pontas de pulverização TT 110.02, aplicando volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

Após 48 horas da aplicação do herbicida foi realizada a semeadura da espécie vegetal fitorremediadora. Dez dias após a emergência das plantas realizou-se um desbaste, deixando-se 14 plantas por vaso.

Ao término do tempo estabelecido de atuação das espécies fitorremediadoras, de acordo com os tratamentos, elas foram dessecadas com glyphosate (1.800 g ha⁻¹ de equivalente ácido), e cinco dias após, as plantas foram cortadas na altura do coleto, sendo a parte aérea descartada. A seguir, em todos os vasos, amostras de solo foram retiradas e analisadas quimicamente. De posse dos resultados e tendo como base as necessidades da cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), procedeu-se à nova adubação de plantio, específica para cada tratamento. Terminada essa etapa, efetuou-se a semeadura das espécies bioindicadoras da presença do picloram, tomate (cultivar Santa Clara) e soja (*Glycine max* L.) (cultivar Monsoy 6101), distribuindo-se 10 sementes de cada espécie por vaso, efetuou-se dias após a germinação um desbaste deixando-se três plantas de cada espécie por vaso.

Aos 15 e 40 dias após a emergência (DAE) das plantas bioindicadoras avaliou-se a fitotoxicidade de forma visual, utilizando-se escala percentual, onde 0 (zero) significa ausência de sintomas, e 100% morte de todas as plantas; e a altura de plantas, utilizando-se régua graduada, tendo como referência o meristema apical. Aos 40 DAE as plantas bioindicadoras foram cortadas rente ao solo, sendo o material vegetal imediatamente colocado em estufa de circulação forçada de ar (70 ± 2 °C) por 72 horas, e pesados em balança analítica, determinando-se assim a massa seca da parte aérea (MSPA).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e teste F a 5% de significância. Os efeitos das doses do picloram, em cada período de cultivo, foram comparados por meio do teste de Tukey a 5% de significância, devido ao número insuficiente de níveis para a determinação das equações de regressão. A análise dos efeitos significativos do período de cultivo da espécie fitorremediadora dentro de cada dose do herbicida não foi apresentada neste trabalho.

Resultados

A presença do herbicida picloram no solo causou elevada intoxicação às plantas de soja, seja aos 15 como aos 40 dias após a emergência (DAE), nos solos onde não foi realizado nenhum procedimento remediador utilizando plantas de *Eleusine coracana*. Os valores de fitotoxicidade nesses tratamentos superaram 98%, sendo que no tratamento onde a aplicação prévia do picloram foi de 160 g ha⁻¹, nenhuma planta de soja sobreviveu (40 DAE) (Tabela 1).

O cultivo prévio de *E. coracana* fez com que os sintomas fitotóxicos verificados nas plantas de soja, fossem reduzidos a patamares inferiores, não diferindo significativamente das parcelas contaminadas (Tabela 1).

A altura das plantas de soja foi reduzida drasticamente, aos 15 e 40 DAE, quando cultivada em solo onde se aplicou previamente o herbicida picloram, nas doses de 80 e 160 g ha⁻¹ e não se efetuou o cultivo prévio de *E. coracana* (Tabela 2). O cultivo dessa forrageira anterior à semeadura da soja foi suficiente para garantir o crescimento pleno das plantas de soja, anulando parte dos efeitos fitotóxicos dos resíduos desse herbicida presentes no solo.

A avaliação da MSPA das plantas de soja acompanhou a mesma tendência dos resultados verificados nas avaliações de altura de plantas. A atividade residual do picloram promoveu queda acentuada do acúmulo de fitomassa das plantas de soja, quando não se realizou anteriormente a fitorremediação do herbicida (Tabela 3).

O tempo de permanência das plantas de *E. coracana* de 60 dias foi suficiente para proporcionar o máximo acúmulo de MSPA das plantas de soja.

O tomate também mostrou ser uma planta bioindicadora da presença do picloram no solo, sendo observado acentuado nível de sintomas de intoxicação nas plantas de tomate, quando cultivadas em solo que recebeu o herbicida e não foi efetuada a fitorremediação com *E. coracana* (Tabela 4).

A fitorremediação com *E. coracana* reduziu os sintomas fitotóxicos nas plantas de tomate. Apesar desses níveis de injúrias ainda constatados, o cultivo prévio com as plantas de *E. coracana*, mostrou ser técnica promissora na remediação dos resíduos de picloram remanescentes em solos, pois a fitotoxicidade observada nas plantas de tomate foi reduzida significativamente (Tabela 4).

Foi observada redução significativa do porte das plantas de tomate, quando cultivadas em solo que recebeu o herbicida e não foi efetuada a fitorremediação com *E. coracana* (Tabela 5). Nas duas avaliações da altura das plantas de tomate (15 e 40 DAE), observou-se que todos os tratamentos com a remediação de *E. coracana* garantiram o pleno crescimento das plantas, independentemente da dose

de picloram previamente aplicada e do tempo de atuação dessas plantas (60, 80 e 100 dias).

A atividade residual plena do picloram (sem fitorremediação) acarretou queda significativa da massa seca da parte aérea das plantas de tomate, sendo esta de 18,10 g quando as plantas foram cultivadas em solo sem herbicida e de 3,18 g quando o solo havia recebido 160 g ha⁻¹ desse composto (Tabela 6). Quando a contaminação prévia do herbicida foi de 80 ou 160 g ha⁻¹, 60 dias de remediação das plantas de *E. coracana* já conseguiu impedir a queda no acúmulo de massa seca da parte aérea das plantas de tomate (Tabela 6).

Discussão

A ação do picloram sobre espécies sensíveis foi avaliada por Scifres et al. [6], os quais registram que plantas de feijão e girassol podem exibir sintomas de intoxicação quando cultivadas em solos que contêm menos de 10 ppb de picloram. Essa informação contribui para validar as inferências biológicas deste trabalho, atestando a eficiência da ação fitorremediadora de *E. coracana* para soja e tomate. Quando a contaminação prévia do herbicida foi de 80 ou 160 g ha⁻¹, 60 dias de remediação das plantas de *E. coracana* já conseguiu impedir a queda no acúmulo de massa seca da parte aérea das plantas de tomate. Analisando a fitotoxicidade e a altura de plantas, parece desnecessária a continuação do procedimento fitorremediador após 60 dias, porém, com base na massa seca, uma maior permanência pode ser interessante, pois, de acordo com Cunningham et al. [2], quanto maior o acúmulo de fitomassa da parte aérea, maior o crescimento radicular, maior a absorção do contaminante e mais eficaz a fitorremediação. Esses dados mostram que apenas um cultivo de *E. coracana* por 60 dias é suficiente para possibilitar um crescimento adequado das plantas sucedâneas, não necessitando, apenas com base no critério acúmulo de fitomassa das plantas de tomate, de um outro cultivo fitorremediador para completar essa operação.

Conclusão

Tanto a soja como o tomate demonstraram alta sensibilidade à presença do picloram no solo, sendo inviável o cultivo dessas culturas em áreas contaminadas com esse herbicida sem a execução de algum procedimento remediador, sob o risco de perda total da área cultivada. O cultivo prévio de *E. coracana* por 60 dias pode garantir um crescimento inicial satisfatório das plantas de soja e de tomate quando o nível de contaminação inicial não for maior que 160 g ha⁻¹ de picloram, em solos com características físicas e químicas semelhantes ao empregado no presente estudo, contudo, ainda apresentando sintomas visíveis de intoxicação, os quais necessitam ser investigados quanto aos reflexos na produtividade de grãos (soja) e de frutos (tomate).

Agradecimento

Agradeço a todos que se empenharam no desenvolvimento desse trabalho.

Referencias

- [1] WILSON, P.C.; WHITWELL, T. & KLAINE, S.J. 2000. Phytotoxicity, uptake, and distribution of ¹⁴C-simazine in *Acorus gramineus* and *Pontederia cordata*. *Weed Science*, 48: 701-70.
- [2] CUNNINGHAM, S.D.; ANDERSON, T.A. & SCHWAB, A.P. 1996. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. *Advances in Agronomy*, 56: 55-114.
- [3] RADIN, J.W. 2000. Using superplants to clean up our environment. *Agricultural Research Magazine*, 48: 2.
- [4] BECKER, H. 2000. Phytoremediation: using plants to clean up soils. *Agricultural Research Magazine*, 48: 4-9.
- [5] WOOD, M. 2000. Kenaf and canola – selenium slurpers. *Agricultural Research Magazine*, 48: 10-11.
- [6] SCIFRES, C.J.; BOVEY, R.W. & MERKLE, M.G. 1972. Variation in bioassay attributes as quantitative indices of picloram in soils. *Weed Research*, 12: 58-64.

Tabela 1. Fitotoxicidade em plantas de soja semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana*, em quatro períodos de permanência, em solo contaminado com três níveis do herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007

| Doses de picloram (g ha ⁻¹) | Tempo de cultivo de <i>Eleusine coracana</i> (dias) | | | |
|---|---|----------|---------|----------|
| | 0 | 60 | 80 | 100 |
| | Fitotoxicidade (%) em plantas de soja aos 15 DAE* | | | |
| 0 | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 b |
| 80 | 98,00 a | 24,50 ab | 27,75 a | 22,33 ab |
| 160 | 98,67 a | 26,75 a | 33,75 a | 32,00 a |
| | Fitotoxicidade (%) em plantas de soja aos 40 DAE | | | |
| 0 | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 b |
| 80 | 98,75 a | 37,50 a | 35,50 a | 41,00 a |
| 160 | 100,00 a | 43,75 a | 42,00 a | 54,67 a |

Médias não seguidas de mesma letra na vertical diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *DAE = dias após a emergência.

Tabela 2. Altura de plantas de soja semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana*, em quatro períodos de permanência, em solo contaminado com três níveis do herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007

| Doses de picloram (g ha ⁻¹) | Tempo de cultivo de <i>Eleusine coracana</i> (dias) | | | |
|---|---|---------|---------|---------|
| | 0 | 60 | 80 | 100 |
| | Altura de plantas de soja (cm) aos 15 DAE* | | | |
| 0 | 11,38 a | 14,23 a | 13,40 a | 12,08 a |
| 80 | 1,58 b | 11,60 b | 12,30 a | 11,98 a |
| 160 | 1,85 b | 12,28 b | 12,38 a | 11,75 a |
| | Altura de plantas de soja (cm) aos 40 DAE | | | |
| 0 | 33,93 a | 42,23 a | 44,88 a | 39,73 a |
| 80 | 2,50 b | 40,13 a | 34,48 b | 29,95 b |
| 160 | 0,53 b | 35,40 a | 33,53 b | 27,05 b |

Médias não seguidas de mesma letra na vertical diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *DAE = dias após a emergência.

Tabela 3. Massa seca de plantas de soja semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana*, em quatro períodos de permanência, em solo contaminado com três níveis do herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007

| Doses de picloram (g ha ⁻¹) | Tempo de cultivo de <i>Eleusine coracana</i> (dias) | | | |
|---|--|----------|---------|---------|
| | 0 | 60 | 80 | 100 |
| | Massa seca da parte aérea de plantas de soja (g) aos 40 DAE* | | | |
| 0 | 15,67 a | 25,38 a | 22,30 a | 20,35 a |
| 80 | 1,70 b | 20,47 ab | 18,70 a | 16,30 a |
| 160 | 1,55 b | 19,38 b | 19,75 a | 15,10 a |

Médias não seguidas de mesma letra na vertical diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *DAE = dias após a emergência.

Tabela 4. Fitotoxicidade em plantas de tomate semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana*, em quatro períodos de permanência, em solo contaminado com três níveis do herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007

| Doses de picloram (g ha ⁻¹) | Tempo de cultivo de <i>Eleusine coracana</i> (dias) | | | |
|---|---|---------|---------|---------|
| | 0 | 60 | 80 | 100 |
| | Fitotoxicidade (%) em plantas de tomate aos 15 DAE* | | | |
| 0 | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 b |
| 80 | 98,00 a | 12,25 a | 13,33 a | 14,00 a |
| 160 | 98,00 a | 16,33 a | 14,89 a | 13,75 a |
| | Fitotoxicidade (%) em plantas de tomate aos 40 DAE | | | |
| 0 | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 b |
| 80 | 98,25 a | 29,50 a | 29,50 a | 33,25 a |
| 160 | 98,75 a | 42,00 a | 33,78 a | 39,25 a |

Médias não seguidas de mesma letra na vertical diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *DAE = dias após a emergência.

Tabela 5. Altura de plantas de tomate semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana*, em quatro períodos de permanência, em solo contaminado com três níveis do herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007

| Doses de picloram (g ha ⁻¹) | Tempo de cultivo de <i>Eleusine coracana</i> (dias) | | | |
|---|---|---------|---------|---------|
| | 0 | 60 | 80 | 100 |
| | Altura de plantas de tomate (cm) aos 15 DAE* | | | |
| 0 | 8,97 a | 9,35 a | 11,10 a | 9,03 a |
| 80 | 3,87 b | 8,60 a | 8,98 a | 9,35 a |
| 160 | 3,70 b | 9,18 a | 9,98 a | 10,05 a |
| | Altura de plantas de tomate (cm) aos 40 DAE | | | |
| 0 | 44,10 a | 33,50 a | 36,48 a | 33,10 a |
| 80 | 1,18 b | 40,07 a | 32,63 b | 33,30 a |
| 160 | 3,37 b | 33,23 a | 34,62 b | 33,50 a |

Médias não seguidas de mesma letra na vertical diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*DAE = dias após a emergência.

Tabela 6. Massa seca de plantas de tomate semeadas após o cultivo prévio de *Eleusine coracana*, em quatro períodos de permanência, em solo contaminado com três níveis do herbicida picloram. Rio Verde, GO. 2006/2007

| Doses de picloram (g ha ⁻¹) | Tempo de cultivo de <i>Eleusine coracana</i> (dias) | | | |
|---|--|---------|---------|---------|
| | 0 | 60 | 80 | 100 |
| | Massa seca da parte aérea de plantas de tomate (g) aos 40 DAE* | | | |
| 0 | 18,10 a | 14,47 a | 14,27 a | 14,07 a |
| 80 | 3,18 b | 17,19 a | 13,83 a | 13,67 a |
| 160 | 3,18 b | 15,63 a | 14,77 a | 13,10 a |

Médias não seguidas de mesma letra na vertical diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *DAE = dias após a emergência.