

Academicth

INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION TOWARDS A SUSTAINABLE TRANSITION”

Avaliação do Desempenho de *Cajanus cajan* na Fitoextração e Translocação de Chumbo

CUNHA, D. N.^{a*}, DAMATO NETO, J.^a, SOUZA, C. M.^a, SILVA, M. L.^a

a. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG

*Darlan Nascentes Cunha, darlannc@yahoo.com.br

Abstract

Heavy metals are high molecular weight elements that, in high concentrations, put in risk all biodiversity. Lead (Pb) is one of the most soil contaminant heavy metals and one of the biggest environmental problems of the modern world. Hence, the development of methods and techniques are required for controlling the harmful effects resulting from contamination, especially in the soil. The technique that stands out most is the phytoremediation, which aims to decontaminate the soil and water through the use of plants. *Cajanus cajan*, also known as pigeon pea, is an annual or semi-perennial shrub legume with several uses, among them, as improving plant soil, due to its phytoremediation capacity, mainly through phytoextraction technique, since its potential in removing metals from soil by absorption and accumulation in roots and aerial part. The objective of this study was to evaluate the performance of *Cajanus cajan* in phytoextraction and translocation of lead. We selected 50 *Cajanus cajan* seeds and put to germinate in a container containing chemically analyzed soil. The samples were dried in an oven and stored in identified paper bags. The dry matter production of root, aerial part and whole plant (root + aerial part) were determined using analytical scale. In laboratory the levels of lead in roots and aerial part were determined by atomic absorption spectrophotometry. The experimental design was completely randomized and the results were submitted to analysis of variance, applying the Scott-Knott test at 5 % significance level. Comparing the averages of fresh and dry weight of *Cajanus cajan*, in general, it was observed that they decreased, both aerial part and root, as increased the lead contents the samples were exposed to. The concentration of Pb in these compartments increased with increasing concentration of the solution added to the soil. Phytotoxicity symptoms were observed in some samples, such as yellowing and leaf drop. There was also a reduction in the growth of plants exposed to 1000 $\mu\text{mol L}^{-1}$ of lead acetate in comparison with the other samples and the amount of Pb present in the roots was much higher than that amount translocated to the aerial part. As the roots showed a higher amount of lead, it is recommended that in the case of the process being used at larger scales, they must be incinerated or disposed of in appropriate trenches in landfills. The specie *Cajanus cajan* showed good efficiency in lead phytoextraction, proving its considerable importance and practical applicability in the recovery of areas contaminated by that element.

Keywords: phytoremediation, pigeon pea, heavy metals, contaminated sites, bioremediation.

1. Introdução

Os metais pesados são elementos de alto peso molecular que, em altas concentrações, oferecem riscos a toda biodiversidade. Eles têm sua origem natural na desagregação das rochas, como resultado do intemperismo que age sobre as mesmas, estando, sua ocorrência nos solos, vinculada ao seu material de origem e a sua formação. Assim, nestas condições naturais, não oferecem perigo ao meio ambiente nem à biota.

“CLEANER PRODUCTION TOWARDS A SUSTAINABLE TRANSITION”

São Paulo – Brazil – May 20th to 22nd - 2015

O desenvolvimento econômico e tecnológico que os países têm experimentado ao longo dos anos tem ligações diretas com as atividades realizadas pelas indústrias, que, em praticamente todos os seguimentos, degradam o ambiente de alguma maneira. Assim, a intensificação da atividade industrial tem implicado, diretamente, no aumento da geração de resíduos que impactam o meio, causando poluição do solo, do ar e das águas, seja principalmente, pela negligência no seu tratamento antes da disposição final ou pela ocorrência de acidentes.

Dos 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos, gerados anualmente no Brasil, somente 850 mil toneladas recebem tratamento adequado, conforme estimativa da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais. Os 72 % restantes são depositados indevidamente em lixões ou descartados em cursos d'água sem qualquer tipo de tratamento (Furtado, 2003).

Entre os poluentes, os metais pesados representam o maior contaminante industrial de solos, corpos d'água, plantas e animais no ecossistema (Ghoshroy et al., 1998) e, desta forma, tornou-se necessário o estudo e a adoção de medidas mitigadoras para diminuir este impacto nas áreas contaminadas.

O chumbo (Pb) é um dos metais pesados mais conhecidos pelo ser humano, consolidando-se como um dos maiores contaminantes do solo e um dos maiores problemas ambientais do mundo moderno (Shen et al., 2002). Suas principais fontes estão relacionadas às indústrias de pilhas e baterias, chapas de metal semiacabado, canos de metal, aditivos em gasolina, munição, indústrias de reciclagem de sucata de bateria automotivas, indústrias de tintas, soldagem, dentre outras fontes.

Sua ação no organismo humano é bioacumulativa, provocando alterações no sangue e na urina (ocasionando doenças graves e, até mesmo, irreversíveis), problemas respiratórios, alterações renais e neurológicas, além de se depositar nos ossos, músculos e nervos, resultando em quadros de agitação, tremores, epilepsia e anemia. A exposição ao chumbo produz efeitos em longo prazo que persistem mesmo após o desaparecimento dos sintomas clínicos, sendo as crianças as mais susceptíveis, causando sérios danos ao seu sistema nervoso central e, conseqüentemente, reduzindo sua capacidade de aprendizado.

Diante da problemática do chumbo como elemento de potencial toxicidade ao meio ambiente, é necessário o desenvolvimento de métodos e técnicas para controle dos malefícios resultantes de sua contaminação, principalmente no solo. Para tal, é preciso ter acesso a tecnologias que sejam eficazes e, sobretudo, econômicas para viabilizar o processo de descontaminação. Segundo Pires et al. (2005), as técnicas para despoluir áreas contaminadas por diversos compostos devem possuir: eficiência na descontaminação, simplicidade da execução, baixo tempo de demanda pelo processo e baixo custo. Desta forma, a técnica que mais se destaca é a fitorremediação, que promove a extração do metal ou remove os elementos contaminantes do solo (Accioly & Siqueira, 2000). A fitorremediação tem como objetivo descontaminar o solo e a água utilizando-se plantas como agente descontaminador.

No Brasil, a fitorremediação pode alcançar grande êxito devido ao clima tropical, em que os fatores contribuem positivamente para o cultivo vegetal durante quase todo o ano, sendo que a taxa de fotoconversão, a atividade de microrganismos e a evapotranspiração são elevadas, favorecendo o processo, tornando possível a obtenção de resultados favoráveis mais rápidos do que em regiões de clima temperado.

Uma cultura para ser utilizada com sucesso na recuperação de áreas contaminadas deve ser eficiente na acumulação de metais e capaz de se adaptar às condições do ambiente contaminado. O *Cajanus cajan*, também conhecido como feijão guandu, é uma leguminosa arbustiva anual ou semiperene, pertencente à família Fabaceae, subfamília Faboideae, com utilização diversificada como: planta melhoradora dos solos, na recuperação de áreas degradadas, na renovação de pastagens, na alimentação de animais domésticos e na pecuária, além de largamente utilizado na alimentação humana (Nene & Sheila, 1990; Van Der Maesen, 1990). A este trabalho interessa a capacidade fitorremediadora do *Cajanus cajan*, principalmente através da técnica de fitoextração, processo de fitorremediação em que a espécie vegetal age removendo, armazenando, transferindo, estabilizando e tornando inofensivo o metal pesado presente no solo. É uma tecnologia promissora tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, partindo-se do potencial do feijão guandu na remoção de metais do

solo pela absorção e pelo acúmulo nas raízes e na parte aérea, e na posterior destinação a aterros sanitários ou para a reciclagem, visando à recuperação do metal.

A remediação de áreas contaminadas tornou-se uma exigência legal e um compromisso social que necessitam ser executados diante da dimensão que a preocupação de se preservar o meio ambiente e mantê-lo saudável para as próximas gerações tomou nos últimos anos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do *Cajanus cajan* na fitoextração e translocação de chumbo, tornando possível a verificação da aplicabilidade desta tecnologia na manutenção do equilíbrio da biodiversidade.

2. Materiais e Métodos

O experimento foi realizado sob condições naturais de luz e temperatura. Foram selecionadas 50 sementes de *Cajanus cajan*, que foram colocadas para germinar em um recipiente contendo solo quimicamente analisado. As análises químicas do solo consistiram de determinação de umidade, matéria orgânica, pH, acidez trocável e CTC.

Após a emissão da folha primária, foi feito o desbaste e 12 plantas foram selecionadas e transferidas para recipientes com capacidade de 250 mL preenchidos com o mesmo solo analisado. Após uma semana do transplante, foi adicionado a estes recipientes 120 mL de acetato de chumbo de diferentes concentrações (0, 200, 500 e 1.000 $\mu\text{mol L}^{-1}$). Os volumes foram fracionados e adicionados em três dias seguidos. O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado e em regime de triplicata.

Depois de 30 dias, as plantas foram coletadas e devidamente higienizadas com um chumaço de algodão limpo embebido em água destilada. A seguir, o mesmo procedimento foi realizado com solução de 0,1 % de detergente neutro e, posteriormente com água destilada. Terminado o processo de remoção de impurezas, a água remanescente sobre a superfície das amostras foi retirada com algodão seco.

Em seguida, as amostras foram submetidas à secagem em estufa com temperatura controlada, variando entre 60 e 70 °C, até peso constante e armazenadas em sacos de papel manteiga devidamente identificados. As produções de matéria seca da raiz, parte aérea e planta inteira (raiz + parte aérea) foram determinadas utilizando balança analítica de precisão. Logo após, as amostras foram encaminhadas para os laboratórios de análise de plantas e espectrofotometria atômica, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa para posteriores análises químicas. Procedeu-se à digestão nitro-perclórica, conforme os procedimentos descritos por Tedesco et al. (1995), para a determinação dos teores de chumbo por espectrofotometria de absorção atômica, na raiz e na parte aérea. Com base nos teores de chumbo e na produção de matéria seca, determinou-se o conteúdo deste elemento na raiz e na parte aérea das plantas analisadas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Scott-Knott a 5 % de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAEG - Sistema para Análises Estatísticas (SAEG, 2000).

3. Resultados e Discussão

Comparando-se as médias das massas fresca e seca de *Cajanus cajan*, em geral, observa-se que houve um decréscimo das mesmas, tanto da parte aérea quanto da raiz, à medida que aumentaram os teores de chumbo aos quais as amostras foram expostas. Kosobrukhov et al. (2004), em trabalho avaliando o efeito do incremento do teor de Pb no solo sobre o crescimento de plantas de *Plantago major*, constataram reduções na matéria seca da planta inteira de 30 e 46 %, em relação à testemunha, em solo contaminado com 500 e 2.000 mg kg⁻¹ de Pb, respectivamente.

Sintomas de fitotoxidez também foram observados em algumas amostras, como amarelecimento e queda de folhas, resultados que, segundo Punz & Sieghardt (1993), são provocados pelas altas concentrações de metais pesados nas plantas, que podem interferir no crescimento e na produção e causar sintomas de fitotoxicidade como murchamento, amarelecimento e mesmo queda das folhas.

Algumas amostras apresentaram tais sintomas conforme indicam as fotos na metodologia.

Observou-se uma redução do crescimento nas plantas expostas a $1.000 \mu\text{mol L}^{-1}$ de acetato de chumbo, em comparação com as demais amostras. Neste caso, a presença de chumbo no solo pode ter perturbado o desenvolvimento da espécie impedindo o transporte de alguns elementos essenciais ao seu crescimento. Tal resultado está em conformidade com o que afirmaram Barceló & Poschenrieder (1992), segundo os quais a contaminação com metais pesados afeta o crescimento, a distribuição e o ciclo biológico das espécies vegetais, ao passo que os sintomas e os prejuízos causados dependem da natureza do elemento.

Foi verificado, também, através das análises químicas da raiz e da parte aérea das amostras, que a quantidade de Pb presente nas raízes foi muito maior do que a quantidade translocada para a parte aérea, de forma que o índice de translocação para as plantas de *Cajanus cajan* neste experimento foi baixo, demonstrando que o Pb teve baixa mobilidade para a parte aérea. Verkleij & Prast (1989), afirmam que as espécies tolerantes ao Pb acumulam maiores concentrações nas raízes, mostrando que essas plantas não evitam a absorção do metal, mas limitam sua translocação para a parte aérea. Resultados semelhantes foram encontrados por Alves et al. (2008), ao analisarem a absorção e a distribuição de chumbo em plantas de jureminha, vetiver e algaroba, verificando intenso acúmulo do metal nas raízes, nas três espécies estudadas, quando comparado à parte aérea.

Seregin et al. (2004) explicam que o intenso acúmulo de chumbo na raiz está relacionada com a alta afinidade deste elemento com as cargas negativas resultantes da dissociação dos grupos carboxílicos dos ácidos galacturônicos e glucurônicos da parede celular das células das raízes, o que pode-se chamar de CTC radicular, presente, principalmente, nos tecidos exteriores, bem como à existência de barreira fisiológica promovida pelas estrias de Caspary e pelo plasmalema das células da endoderme, que restringem o acesso do Pb ao xilema, dificultando a sua translocação. O maior acúmulo de metais pesados nos tecidos das raízes e a baixa translocação para a parte aérea são mecanismos utilizados pelas plantas para evitar a toxidez causada por estes elementos (Soares et al., 2001; Seregin et al., 2004).

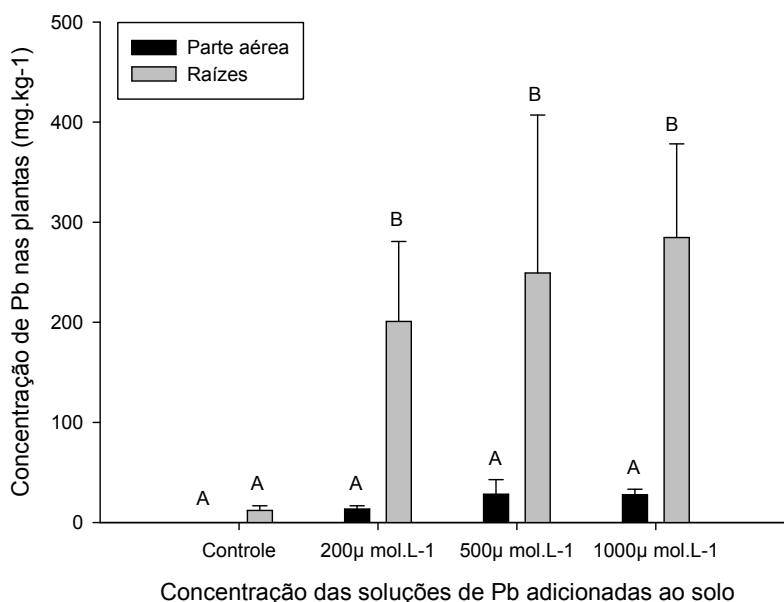


Fig. 1. Concentração de Pb na parte aérea e raízes das plantas de *Cajanus cajan* versus concentração das soluções de Pb adicionadas ao solo.

A concentração de Pb na raiz e na parte aérea aumentou com o aumento da concentração da solução adicionada ao solo, indicando que o acúmulo e a concentração de Pb nos tecidos das plantas também depende da disponibilidade do metal no solo, bem como demonstra que as plantas que se desenvolveram em tais condições, não conseguiram evitar a absorção do metal, mas limitaram a sua translocação (Figura 1).

Tais resultados apontam o *Cajanus cajan* como uma espécie promissora para uso em fitorremediação em áreas contaminadas com chumbo, devido à sua tolerância e capacidade de absorção desse metal do solo, sendo baixa a translocação do mesmo para a parte aérea da planta.

4. Conclusão

Como as raízes do feijão guandu apresentaram maior quantidade de chumbo, recomenda-se que, em caso do processo ser usado em escalas maiores, as mesmas sejam incineradas ou dispostas em valas apropriadas em aterros sanitários.

Quanto à parte aérea, pode ser feita uma análise rigorosa da quantidade de Pb translocada para a mesma para que se possa analisar as possibilidades de uso até mesmo na alimentação humana ou animal, desde que os limites do metal não excedam os estabelecidos pela Secretária Nacional de Vigilância Sanitária.

A espécie *Cajanus cajan* apresentou boa eficiência na fitoextração de chumbo, comprovando a sua considerável importância e aplicabilidade prática na recuperação de áreas contaminadas por aquele elemento. Existe grande possibilidade de um melhor desempenho da planta referente ao seu potencial fitoextrator e translocador em áreas em que o tempo de contato com o solo contaminado seja maior que o apresentado neste trabalho.

5. Referências Bibliográficas

ACCIOLY, A.M.A.; SIQUEIRA, J.O., 2000. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ, V; SCHAEFER, C.E.G.R (Ed.). Tópicos em Ciências do Solo. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1, 299-352.

ALVES, J.C.; SOUZA, A. P.; PÔRTO, M.L.; ARRUDA, J. A.; TOMPSON JUNIOR, U. A.; SILVA, G. B.; ARAÚJO, R. C. ; SANTOS, D., 2008. Absorção e distribuição de chumbo em plantas de vetiver, jureminha e algaroba. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32, 1329-1336.

BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. , 1992. Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. Suelo y Planta. 2, 345-361.

FURTADO, M., 2003. Química e Derivados. 412, 15.

GHOSHROY, S.; Freedman, K.; Lartey, R.; Citovsky, V., 1998. Inhibition of plant viral systemic infection by non-toxic concentrations of cadmium. The plant Journal. 12, 591 – 602.

KOSOBROUKHOV, A.; KNYAZEVA, I. & MUDRIK, V. Plantago major plants responses to increase content of lead in soil: Growth and photosynthesis. Plant Growth Regul., 42:145-151, 2004.

NENE, Y. L. & SHEILA, V. K., 1990. Pigeonpea: geography and importance. In: NENE, Y. L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K. (Eds.). The Pigeonpea. Cambridge: CAB International/ ICRISAT. 1-14.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; CECON, P.R.; PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, L.R., 2005. Fitorremediação de solos contaminados com tebutiuron utilizando-se espécies cultivadas para adubação verde. Planta Daninha, Viçosa. 23,711-717.

PUNZ, W.F.; SIEGHARDT, H., 1993. The response of roots of herbaceous plant-species to heavy metals. Environmental and Experimental Botany, Paris. 33, 85-98.

- SEREGIN, I.V.; SHPIGUN, L.K. & IVANOV, V.B., 2004. Distribution and toxic effects of cadmium and lead on maize roots. *Russ. J. Plant Physiol.* 51:525-533.
- SHEN, Z.G.; LI, X.D.; WANG, C.C.; CHEN, H.M.; CHUA, H., 2002. Lead phytoextraction from contaminated soil with high-biomass plant species. *Journal of Environmental Quality.* 31, 1893-1900.
- SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS - SAEG, 2000. Versão 8.0. Viçosa, MG, Fundação Arthur Bernardes.
- SOARES, C.R.F.S.; ACCIOLY, A.M.A.; MARQUES, T.C.L.S.M.; SIQUEIRA, J.O. & MOREIRA, F.M.S., 2001. Acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeito de indústria de zinco. *Revista Brasileira de Fisiol. Vegetal.* 13:302-315.
- TEDESCO, M.J.; GIANELO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H. & VOLKWEISS, S.J., 1995. Análise de solo, planta e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174p. (Boletim Técnico 5).
- VAN DER MAESEN, L.J.G., 1990. Pigeonpea: origin, history, evolution and taxonomy. In: Nene, Y. L.; HILL, S.H. and SHEILA, V. K. *The Pigeonpea.* CAB Internacional. Wellingford, UK. P. 15-46.
- VERKLEIJ, J.A.C.; PRÄST, J.E., 1989. Cadmium tolerance and co-tolerance in *Silene vulgaris* (Moench.) Garcke [*S. cucubalus* (L.) wilb.]. *The New Phytologist*, London, 111, 637-645.