

Fitorremediação de solos salinos em sistema de cultivo protegido

Raquel Zanhola da Silva¹; Flávio Marcel Ferreira Gonçalves¹; Dayane Aparecida Souza¹;
Josiane Aparecida dos Santos Berti¹; Amanda Silveira Reis¹; Thiago Henrique Arruda
Vieceli¹; Ana Maria Conte²

Resumo: Algumas particularidades da produção agrícola, como o cultivo em ambiente protegido, a aplicação de produtos que se usados continuamente podem comprometer a qualidade do solo, podem ser um entrave à produção agrícola, por salinizar o solo, lixiviar para o lençol freático. Assim o uso de plantas fitorremediadoras pode ser uma opção para tratar esses ambientes. O objetivo do trabalho foi determinar espécies vegetais com potencial fitoextrator no solo. O experimento foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com 4 tratamentos e 5 repetições, foram utilizados milho, feijão-de-porco, alfaça e um tratamento sem cultura, os vasos com capacidade de 5 litros foram mantidos sob cultivo protegido. O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo vermelho eutrófico e foi coletado de uma área de cultivo protegido (estufa) cultivado com pimentão, no município de Bandeirantes (PR), na profundidade de 0-20 cm em 15 pontos por linha em 12 linhas de plantio na fase de reforma, no período de março a julho de 2014. O solo foi avaliado inicialmente e aos 45 dias após emergência das plantas foi novamente avaliado para análise química de rotina. Os dados foram avaliados pelo programa SASM-agri, com nível de probabilidade de 5% pelo teste de Tukey. Concluiu-se que nas condições experimentais o milho pode ser indicado como planta fitorremediadora desse solo.

Palavras-chave: Remediação de solos; estufa; salinização.

Phytoremediation of saline soil in greenhouse

Abstract: Some specific features of agricultural production, such as cultivation in a protected environment, the application of products that are used continuously can compromise the quality of the soil, can be an obstacle to agricultural production by salify the soil, leach into the water table. Thus the use of phytoremediator plants may be an option to treat these environments. The objective was to determine plant species with fitoextrator potential in the soil. The experiment was used the design in blocks with 4 treatments and 5 repetitions, millet were used, *Pennisetum americanum*, *Canavalia ensiformis*, *Medicago sativa* and treatment without culture, the vessel with 5 liters capacity were kept under protected cultivation. The soil used in the experiment is classified as Oxisol and was collected from a protected cultivation a cultivated with *Capsicum annuum* in the city of Bandeirantes, state of Paraná/Brazil, at a depth of 0-0.20 m at 15 points per line on 12 lines planting in the reform phase, from march to july 2014. The soil was evaluated initially and 45 days after emergence of the plants was again evaluated for routine chemical analysis. The data were evaluated by the SASM-agri program, with probability level of 5% by Tukey test. It was concluded that the experimental conditions *Pennisetum americanum* can be indicated as phytoremediation plant that soil.

¹ Pós graduandos do Curso de Mestrado em Agronomia da UENP - Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel/Bandeirantes/Brasil.

² Profa. Dra. do Centro de Ciências Agrárias da UENP - Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel/Bandeirantes/Brasil.

*Autor para contato: E-mail: acastro@uenp.edu.br, Centro de Ciências Agrárias - UENP, BR-369 km 54, Vila Maria, Cx. Postal 26, Bandeirantes, PR, 86360-000, 055-43-3542 8048, Brasil.

Keywords: soil remediation; greenhouse; salinization.

Introdução

A salinidade do solo é um dos principais entraves à produção agrícola, e ocorre devido à presença de sais dissolvidos na água de irrigação que podem ser incorporadas ao solo, tornando-os salinos (Medeiros, 2001). Ocasiona sério impacto ambiental, pelos danos às propriedades do solo e ao desenvolvimento vegetal (SOUZA *et al.* 2008, ASHRAF, 2009, ASHRAF e AKRAM, 2009).

O excesso de sais ocasiona redução da produção, o que ocorre em grande parte das áreas irrigadas (Keiffer e Ungar 2002, Horney *et al.* 2005). Os problemas são encontrados principalmente em regiões áridas e semi-áridas, sendo que no Brasil, os maiores danos são observados na região Nordeste, onde são observados 25% de áreas irrigadas salinizadas (Gheyi, 2000). Devido a isso, práticas de recuperação e manejo eficientes devem ser adotadas, visto que o uso desses solos na agricultura não pode ser negligenciado (QADIR *et al.*, 2007).

Diversas técnicas físicas, químicas e biológicas podem ser utilizadas para solucionar o problema, cabendo ao produtor a escolha da melhor opção, considerando o custo-benefício (MARQUES *et al.*, 2011).

Uma das opções é a fitorremediação, que é uma técnica que utiliza plantas e comunidades de microrganismos associados à rizosfera para degradar, isolar ou imobilizar poluentes do solo, promovendo sua reabilitação estrutural e ecológica (Marques *et al.*, 2011), é uma técnica emergente e de baixo custo para que as áreas contaminadas retornem ao equilíbrio (MELO *et al.*, 2009).

O Brasil tem potencial para a utilização da fitorremediação, por possuir grande biodiversidade (MARQUES *et al.*, 2011).

Plantas como a crotalária júncea (*Crotalaria juncea* L.) e o milheto (*Pennisetum glaucum* L.) são espécies que podem ser utilizadas com a finalidade fitoextratora em sistemas de cultivo protegido, devido ao rápido crescimento vegetativo em apenas 60 e 90 dias, com estabelecimento de adequada quantidade de fitomassa (Wutke *et al.*, 2008).

Em trabalho realizado por Purquerio *et al.* (2011), foi constatado após três ciclos de cultivo, que as plantas de alface produzidas em estufa com solo salinizado remediado com crotalária e milheto, apresentaram melhor produtividade em relação ao solo em pousio.

O milheto é uma gramínea muito cultivada na entressafra, constituindo-se como a principal cobertura vegetal usada no sistema de plantio direto, caracterizando sua grande importância na ciclagem de nutriente e conservação do solo. Seu sistema radicular vigoroso e sua alta capacidade de absorção de nutrientes são as principais características que fazem com que esta espécie sobressaia às outras coberturas verdes, possui ampla adaptação e boa produção de massa, além de crescimento rápido, raízes vigorosas e boa capacidade de ciclagem de nutrientes (SILVA *et al.*, 2003).

A eficiência do feijão de porco como adubo verde é comprovada pois ela produz grande quantidade de biomassa e recicla elevada quantidade de nutrientes, sua maior biomassa promove aumento na cobertura do solo e, em contrapartida, também maior teor de matéria orgânica com os benefícios por ela proporcionados (SUZUKI e ALVES, 2006).

A alfafa possui vasto sistema radicular pivotante, que penetra de 2 a 5 metros de profundidade no solo, que pode recuperar nutrientes à grande profundidade. Nos primeiros 30 a 60 centímetros da superfície do solo ocorrem muitas ramificações da raiz e estas estruturas secundárias constituem a parte do sistema radicular que são responsáveis pela maior parte do suprimento de nutrientes à planta, segundo Rassini *et al.*, (2008), interessante do ponto de vista de extração de nutrientes.

O objetivo do trabalho foi determinar a espécie vegetal que promovesse maior extração dos elementos minerais em excesso no solo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado entre março e julho de 2014, em ambiente protegido na fazenda experimental da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel de Bandeirantes/Paraná/Brasil cujas coordenadas geográficas são 23°06' Latitude Sul e 50°21' Longitude Oeste, com 440 m de altitude. O clima predominante na região é subtropical úmido, baseado na classificação climática de Köppen.

O solo classificado como Latossolo Vermelho eutrófico proveniente de uma propriedade agrícola em sistema de cultivo protegido (Figura 1) cuja cultura instalada era pimentão (*Capsicum annuum*), no município de Bandeirantes (PR). A amostragem foi realizada na profundidade de 0-20 cm, em 15 pontos por linha em 12 linhas de plantio e o resultado da análise química esta apresentada na Tabela 1 e granulométrica.

Tabela 1 - Resultado da análise química do Latossolo Vermelho eutroférico, no início do experimento/ Bandeirantes/Paraná/Brasil.

Prof . (cm)	pH CaCl ₂	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+ Al	Soma bases	CTC	V %
		g dm ⁻³	MG dm ⁻³	-----cmol de cargas dm ⁻³ -----							
0-20	6,1	32,2	589,10	1,90	21,50	3,90	0,0	2,41	27,30	29,71	92
Granulometria (g kg ⁻¹)											
Areia				Silte				Argila			
69,80				73,40				856,80			

Figura 1 - Local da coleta solo



O experimento foi instalado em vasos de 5L e o delineamento experimental em blocos ao acaso foi composto por T1 testemunha (sem planta), T2 milheto (*Pennisetum americanum*), T3 feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e T4 alfafa (*Medicago sativa*), o experimento recebia irrigação diária inclusive no tratamento onde o solo foi mantido descoberto. (Figura 2)

Figura 2 – Aspecto da instalação experimental (A) e aos 30 dias após emergência (B)

A

B



Aos 45 dias após a emergência das plantas foram coletadas amostras de solo para análise dos atributos químicos de rotina e os resultados foram comparados por análise de variância, programa SASM-agri, (CANTERI *et al.*, 2001) com nível de probabilidade de 5% pelo teste de Tukey.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de pH, MO, P, K, Ca, Mg, e na Tabela 3, acidez trocável (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V%) aos 45 DAE.

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que não houve diferenças estatísticas significativas quando se determinou o fósforo (P), embora se comparar os resultados iniciais do solo se observa uma redução, pois inicialmente o solo apresentava 589,10 mg dm⁻³ ou seja uma redução de 70% se observar o P no solo após cultivo do milho, embora estatisticamente não tenha diferido dos outros tratamentos.

Para os demais atributos químicos do solo apresentados na Tabela 2, houve diferenças estatísticas significativas. O pH no solo cultivado com o feijão de porco foi inferior e variou de 0,1 em relação aos demais tratamentos, que foram estatisticamente semelhantes, porém esses resultados foram superiores ao pH do solo amostrado inicialmente. Observa-se ainda que quando o solo foi cultivado com feijão de porco, houve o menor poder de extração de MO.

Tabela 2 - pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aos 45 dias após emergência das plantas/Bandeirantes/Paraná/ Brasil.

Tratamentos	pH	MO	P	K	Ca	Mg
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	
Sem planta	6,4 a	24,68 c	318,54 a	1,30 a	17,48 b	2,68 a

Milheto	6,4 a	25,76 bc	270,30 a	1,04 b	16,00 c	2,14 c
Feijão de porco	6,3 b	29,24 a	325,16 a	1,28 a	18,02 a	2,26 bc
Alfafa	6,4 a	27,36 ab	330,76 a	1,16 ab	16, 26 c	2,52 ab
DMS	0,10	2,53	64,39	0,21	0,31	0,33
CV(%)	0,00	5,08	11,02	9,36	0,96	7,22
F	1,43 *	10,87*	3,27 ns	5,80*	175,25*	10,00*

ns = não significativo; * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Na determinação de K nota-se que o milho foi a planta que mais fitoextraiu esse elemento, e estatisticamente ficou semelhante a alfafa, isso pode ser atribuído a absorção preferencial de íons monovalente pelas gramíneas/poaceas (Malavolta *et al.*, 1989) e também pela cultura da alfafa, já que esse nutriente é o mais requerido pela alfafa e é de fundamental importância para essa cultura em termos de produção, qualidade e longevidade do “stand” e, após alguns cortes, aparentemente, esse é o nutriente que mais limita a sua produção (RANDO e SILVEIRA, 1995). .

No caso do Ca e o Mg a maior extração também ocorreu quando o solo foi cultivado com o milho e a alfafa, demonstrando o grande poder de extração dessas culturas.

Quando o solo foi mantido descoberto e irrigado diariamente, Tratamento1 se poderia esperar que perdas em profundidade poderiam ser observadas, mas o ciclo curto do experimento e o elevado teor de argila (Tabela 1), podem ter colaborado para esses resultados, excetuando os resultados de acidez potencial observados na Tabela3.

Os atributos descritos na Tabela 3 são conseqüências dos dados derivados da Tabela 2, portanto com comportamento semelhantes entre os manejo aplicados no solo, com exceção da acidez potencial.

Tabela 2 - Acidez trocável (H⁺ Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%).

Tratamentos	H+Al	SB	CTC	V%
	cmol _c dm ⁻³			
Sem planta	2,57 a	21,46 a	24,03 a	89,30 bc
Milheto	2,43 ab	19,18 c	21,61 c	88,76 c
Feijão	2,34 b	21,56 a	23,90 a	90,22 a
Alfafa	2,32 b	19,94 b	22,26 b	89,54 b
DMS	0,16	0,24	0,25	0,66
CV(%)	3,45	0,62	0,57	0,39

F	9,41*	417,99*	415,34*	15,01*
---	-------	---------	---------	--------

*significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Considerações Finais

O solo utilizado experimentalmente é de alta fertilidade onde o P por exemplo está acima de níveis considerados adequados e que esta pesquisa procurou detectar quais plantas seriam capazes de exercer o papel de fitoextratora, ou seja quais extrairiam mais os elementos do solo, numa condição de salinidade.

Conclusão

Nas condições experimentais o milheto pode ser indicada como plantas fitorremediadora desse solo.

Referências

- ASHRAF, M. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. **Biotechnology Advance**, v.27, p.84-93., 2009.
- ASHRAF, M.; AKRAM, N.A. Improving salinity tolerance of plants through conventional breeding and genetic engineering: An analytical comparison. **Biotechnology Advance**, v.27, p.744-752, 2009.
- CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n.2, p.18-24. 2001.
- FERNANDES, L.A; RAMOS, S.J; VALADARES, S.V.; LOPES, P.S.N.; FAQUIN. V. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1575-1581, 2008.
- GHEYI, HR. 2000. **Problemas de salinidade na agricultura irrigada**. In: OLIVEIRA, T; RN Assis, R.N; ROMERO, R.E; SILVA, J.R.C. Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. p.329-345. Universidade Federal do Ceará, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Fortaleza, Brasil, 2000.
- HORNEY, RD; TAYLOR,B; MUNK, D.S; ROBERTS, B.A.; LESCH, S.M. Development of practical site-specific management methods for reclaiming salt affected soil. **Comp. Electronics Agriculture**, v.46, p.379-397, 2005.
- KEIFFER, C.H; UNGAR, I.A. Germination and establishment of halophytes on brine-affected soils. **Journal Applied Ecology**, v. 39, p.402-415, 2002.

MARQUES, M; AGUIAR, C.R.C., SILVA, J.J.L.S. Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.1-11, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. ; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201p.

MEDEIROS, J.F. Salinização em áreas irrigadas: manejo e controle. Em: Folegati, MV et al. Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças. **Guaíba: Agropecuária**, v.2. p. 201-240, 2001.

MELO, R.F.D; DIAS, L.E.; MELLO, J.W .V. D; OLIVEIRA J.A.D. Potencial de quatro espécies herbáceas forrageiras para fitorremediação de solo contaminado por arsênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p.455-465, 2009.

PURQUERIO LFV; TIVELLI SW; DE MARIA IC; ANDRADE CA; WUTKE EB; ROSSE CE; OLIVEIRA AHV. 2011. Produção de alface em estufa agrícola com solo salinizado após o cultivo de plantas extratoras de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.29, n. 2 (Suplemento - CD ROM), 2011.

QADIR, M; OSTER. J.D.; SCHUBERT. S.; NOBLE, A.D.; SAHRAWAT, K.L. Phytoremediations of sodic and salinesodic soils. **Advance Agronomic**, v.96, p.197-247, 2007.

RANDO, E. M.; SILVEIRA, R. I. Desenvolvimento da alfafa em diferentes níveis de acidez, potássio e enxofre no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 235-242, 1995.

RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa* L.) sob diferentes doses de adubação potássica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 487-490, 1998.

SILVA, G. F.; ERASMO, E. A. L.; SARMENTO, R. A.; SANTOS, A. R.; AGUIAR, R. W. S. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milheto (*Pennisetum americanum* Schum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v. 19, n. 3, p.31-34, 2003.

SOUZA, R; MONTENEGRO, A.A.A; FREIRE. M.B.G. Evolução e variabilidade espacial da salinidade em Neossolo Flúvico cultivado com cenoura sob irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Paraíba. v.12, p.584-592, 2008.

WUTKE EB; CALEGARI A; WILDNER LP; AMABILE RF. Leguminosas alimentícias e adubos verdes. IN: ALBUQUERQUE ACS; SILVA AG. (EDS. TÉC.). Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. BRASÍLIA: EMBRAPA **Informação Tecnológica**. 251-274p, 2008.