



PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO MILHO (*Zea mays L.*) SOB DIFERENTES DOSES DE RESÍDUOS DA GALVANOPLASTIA

Marina Menin¹; Patrícia dos Santos²; Ivan Granemann de Souza Junior³, Antonio Carlos Saraiva da Costa⁴

RESUMO: A galvanoplastia é uma atividade industrial que consiste no tratamento de superfícies, ocorrendo a deposição de um metal mais nobre sobre outro, com diversos objetivos. No entanto, gera resíduos altamente poluentes, ricos em metais pesados, não podendo ser descartados ao ambiente sem tratamento específico. Uma alternativa viável de reciclagem destes resíduos é sua utilização na agricultura, visto que metais pesados como zinco e níquel são micronutrientes, sendo essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi verificar a produção de matéria seca do milho (*Zea mays L.*) sob diferentes doses de resíduos provenientes da galvanoplastia, em especial da zincagem (zinco sólido, zinco líquido) e niquelagem (vibro e níquel líquido). Para atingir este objetivo, foram realizados 2 experimentos na Universidade Estadual de Maringá, conduzidos em bandejas de isopor, em casa de vegetação durante 43 dias cada um. O primeiro consistiu na adição de doses crescentes dos resíduos isolados (1; 10; 100; 1.000; 10.000 e 100.000 mg Kg⁻¹) e o segundo na combinação do resíduo sólido de níquel com o de zinco, e assim também para o resíduo líquido, em diferentes proporções, de uma dose pré-estabelecida de 500 mg Kg⁻¹ (1:1; 2:1; 3:1; 4:1 e 5:1 v/v). Após análise dos dados, verificou-se que as doses que resultaram nas maiores produções de matéria seca no milho foram: 63,09 mg Kg⁻¹ de zinco sólido, 10,96 µL Kg⁻¹ de zinco líquido, 10.000 mg Kg⁻¹ de vibro e 63,09 µL Kg⁻¹ de níquel líquido. A melhor proporção foi a 2:1, independente do resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: metais pesados; micronutrientes; resíduos industriais.

1 INTRODUÇÃO

A galvanoplastia consiste em um processo de tratamento de superfícies, onde ocorre a deposição de uma fina camada de um metal mais nobre e conseqüentemente mais resistente, sobre outro, com o objetivo principal de protegê-lo contra a corrosão ou ainda a fim de ornamentá-lo. É amplamente utilizada em diversos setores da economia, desde a indústria automobilística à construção civil.

Pode ser realizada tanto quimicamente quanto eletroliticamente, através de banhos (Amaral, 2001). O problema é que, durante todo o processo, são originados

¹ Acadêmica do Curso de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – Paraná. Bolsista PIBITI /CNPq. meninmarina@gmail.com.

² Pós graduando do curso de Doutorado do Programa de pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá -PR. Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). patriciasantos2007@gmail.com.

³ Engenheiro agrônomo dos Laboratórios de Química e Mineralogia de Solos (LQMS) e de Caracterização e Reciclagem de Resíduos (LCRR) do Depto de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá -PR. ivangsjunior@gmail.com

⁴ Orientador, Professor Doutor do Curso de Agronomia a Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá -PR. accscosta@uem.br

efluentes líquidos e resíduos sólidos ricos em metais pesados, como cobre, zinco, níquel e cromo, que não podem ser descartados ao ambiente sem tratamento específico.

Uma alternativa viável é a utilização desses resíduos na agricultura (Embrapa, 2008), pois metais como zinco e níquel estão presentes e são micronutrientes, portanto, são essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi, então, testar e definir a dose de quatro resíduos, provenientes da zincagem e da niquelagem (zinco sólido, zinco líquido, vibro e níquel líquido, respectivamente), que proporcionaram máxima produção de matéria seca do milho (*Zea mays* L.).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir o objetivo proposto, foram realizados dois experimentos sucessivamente, em uma casa de vegetação localizada na Universidade Estadual de Maringá. Utilizou-se bandejas de isopor de 72 células, com volume aproximado de 139 cm³ cada, preenchidas com um substrato pobre em zinco e níquel principalmente. O milho (*Zea mays* L.), híbrido da empresa Pioneer (P30F53) foi semeado e mantido por 43 dias em cada um, sendo irrigado em média três vezes ao dia. Cada tratamento foi posicionado aleatoriamente nas bandejas e bancadas, com 10 repetições, e com uma fileira espaçando cada um para evitar possível contaminação.

No primeiro, cujo objetivo foi testar doses crescentes de cada resíduo isolado (1; 10; 100; 1.000; 10.000 e 100.000 mg ou $\mu\text{L Kg}^{-1}$ de substrato), 55,5 gramas de substrato necessárias para preencher as células das 10 repetições foram inseridas em sacos plásticos, e posteriormente adicionou-se a quantidade de resíduo estabelecida para cada tratamento, uniformizando-os.

Já para o segundo, que visou avaliar a mistura dos resíduos (sólido com sólido e líquido com líquido) em diferentes proporções (1:1; 2:1; 3:1; 4:1; 5:1 v/v), estabeleceu-se uma dose de 500 mg ou $\mu\text{L Kg}^{-1}$, que ao ser adequada para o volume das células e substrato, ficou 280 mg ou $\mu\text{L Kg}^{-1}$. Assim como no anterior, os resíduos foram previamente misturados com o substrato e deixados em repouso por 5 dias em sacos plásticos, a fim de se obter maior homogeneidade, e só então foram inseridos nas células.

Além da reciclagem dos resíduos, foi feita uma quantificação dos teores totais e disponíveis de ferro, zinco, cobre, manganês, chumbo, níquel e cromo nos mesmos, seguindo metodologia da EMBRAPA (1997), com adaptações relacionadas à quantidade de resíduo e solução utilizados.

Para os teores totais, as amostras foram digeridas em solução Água Régia na proporção 3:1, cuja composição continha 9 mL de ácido clorídrico e 3 mL de ácido nítrico 65%, e mantidas por três horas e meia em bloco digestor a 200°C. Ao final deste processo, foram filtradas e avolumadas, de forma a formar um extrato com volume total de 100 mL.

Em relação ao teor disponível, apenas os resíduos sólidos foram selecionados. Um grama de cada foram pesados em balança de precisão e inseridos em um erlenmeyer de 125 mL, com posterior acréscimo de 50 mL do extrator (Mehlich 1) e mantidos em repouso por 16 horas. Por fim, foram filtrados e colocados em frasco âmbar de 50 mL.

A leitura destes teores foi realizada através da espectrometria de absorção atômica, no equipamento GBC 932 AA. Após a realização de todos os procedimentos habituais de regulagem, as leituras foram iniciadas e quando não foi possível fazê-las diretamente, pela alta concentração do elemento, diluições foram realizadas a fim de tornar isto possível.

Os critérios avaliados foram peso verde aéreo, peso verde radicular, peso seco aéreo, peso seco radicular e peso seco total, sendo que para estes, as repetições foram secas através da sua permanência por 48 horas em uma estufa a 45°C. Os dados foram inseridos no programa Excel para análise estatística, através das curvas de regressão do tipo polinomiais de segunda ordem e também o programa SISVAR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de respostas às doses aplicadas dos resíduos isolados podem ser representadas por um modelo polinomial de segunda ordem. A derivada destas equações (Tabela 1) informa a dose de resíduo para a máxima produção de massa verde total foram de: 63,09 mg Kg⁻¹ de zinco sólido, 10,96 µL Kg⁻¹ de zinco líquido, 10.000 mg Kg⁻¹ de vibro e 63,09 µL Kg⁻¹ de níquel líquido. De todos os tratamentos, a dose de 100.000 µL Kg⁻¹ de solo do resíduo de zinco líquido foi o único tóxico ao milho, não possibilitando a germinação das sementes.

Tabela 1. Doses ótimas dos resíduos industriais aplicados determinadas a partir dos modelos polinomiais de regressão obtidos nos diferentes tratamentos com resíduos.

Resíduos	Equação polinomial	R ²	'Dose Ótima'
Ni	$y = -0,133x^2 + 0,5207x + 2,2118$	0,7644	63,09
Vibro	$y = -0,0483x^2 + 0,3983x + 2,2094$	0,6899	10.000
ZnS	$y = -0,091x^2 + 0,3271x + 2,288$	0,6248	63,09
ZnL	$y = -0,2116x^2 + 0,4425x + 2,3872$	0,8007	10,96

Já para a combinação dos resíduos, como o objetivo era comparar as médias entre a combinação dos resíduos sólidos e posteriormente dos líquidos, e não definir uma dose destes, o teste estatístico realizado foi o Scott-Knott, através do programa SISVAR, com 5% de significância. Com isto, observou-se que os melhores tratamentos da combinação entre os resíduos sólidos e entre os resíduos líquidos foram: 1 vibro: 2 ZnS; 2 vibro: 1 ZnS; 1 Ni: 2 ZnL; 2 Ni: 1 ZnL.

Através da análise dos dados da espectrometria de absorção atômica (Tabela 2), foi possível concluir que o resíduo sólido de níquel é tolerável em maior quantidade quando comparado com o resíduo rico em zinco, ainda que possua maior teor disponível dos elementos de interesse. Esta situação pode ser provocada por diversas razões, como no caso do pH, que pode interferir reduzindo a disponibilidade de tais nutrientes.

Tabela 2. Teores totais (Água régia) e disponíveis (Mehlich 1) de ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), chumbo (Pb), níquel (Ni) e cromo (Cr) dos resíduos de galvanoplastia.

Resíduo	Extrator	Unidade	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Ni	Cr
Vibro	Disponível	mg Kg ⁻¹	553	75.047	63	8	44	210	44
	Total	mg Kg ⁻¹	1.684	89.806	2.250	14	124	402	45
ZnS	Disponível	mg Kg ⁻¹	0	131.775	1	102	4	10	0
	Total	mg Kg ⁻¹	79.800	440.059	22	602	866	56	34
Ni	Total	mg L ⁻¹	10	21	68	0	0	295	0
	Total	mg L ⁻¹	64.321	201.589	14	474	189	54	31

O vibro é o resíduo que possui os maiores teores de ferro, zinco, cobre, chumbo, níquel e cromo disponíveis, sendo que 33 % do total do primeiro elemento encontra-se nesta forma, assim como 83, 3, 55, 52 e 99 % dos outros, respectivamente. Porém, isto não significa que é o que possui os maiores teores totais, como no caso do zinco sólido, que apresenta aproximadamente 80.000,00 mg Kg⁻¹ de ferro e nada disto na forma

disponível. Outra observação importante é que os resíduos sólidos são mais concentrados do que os líquidos, e por isto devem possuir maiores restrições quanto ao seu uso.

4 CONCLUSÃO

O resíduo que possui os maiores teores de ferro, zinco, cobre, chumbo, níquel e cromo disponíveis é o vibro;

O tratamento $100.000 \mu\text{L Kg}^{-1}$ do zinco líquido foi o único tóxico ao milho;

As “doses ótimas” dos resíduos, que provocam maior acúmulo de matéria seca no milho, do primeiro experimento foram: $63,09 \text{ mg Kg}^{-1}$ de zinco sólido, $10,96 \mu\text{L Kg}^{-1}$ de zinco líquido, $10.000 \text{ mg Kg}^{-1}$ de vibro e $63,09 \mu\text{L Kg}^{-1}$ de níquel líquido;

Os melhores tratamentos da combinação entre os resíduos sólidos e entre os resíduos líquidos foram: 1 vibro:2 ZnS; 2 vibro:1 ZnS; 1 Ni:2 ZnL; 2 Ni:1 ZnL. De maneira geral, o trabalho mostra que é possível se utilizar tais resíduos na Agricultura quando se objetiva maior produção de matéria seca, especialmente nas doses definidas por ele. No entanto, mais estudos se fazem necessários de forma a explicar o efeito desta aplicação na nutrição mineral de plantas, assim como a sua interação com as características químicas do solo.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Cristina V. Aplicação do Protocolo de Avaliação de Resíduos Solidificados aos Lodos de Galvanoplastia Incorporados em Matrizes de Cimento Portland. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2001.

EMBRAPA, **Manual de Métodos de Análise de Solos**, 2ª edição. CNPS-Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA, Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura, **Circular Técnica 19**. Jaguariúna, 2008. 9p.