

Efeito da aplicação de glifosato e zinco na avaliação de extratores em solo cultivado com soja

Pereira L. E.²; Moreira, A.²; Moraes, L. A. C.²

¹Unifil, Londrina, Paraná; ²Embrapa Soja, Londrina, PR

Introdução

A utilização da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) geneticamente modificada, resistente ao herbicida glifosato [(N-fosfometil-glicina)] por 85% dos produtores no Brasil acarretou em aumento considerável na utilização deste herbicida ou combinado com outros produtos, principalmente em pós-emergência com três a quatro aplicações durante o ciclo da cultura (Ikeda, 2013).

O glifosato é o herbicida não-seletivo de ação sistêmica mais utilizado no mundo, recomendado tanto para o controle de plantas anuais quanto perenes. O seu mecanismo de ação é baseado na inativação da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase – EPSPS, evitando a síntese dos aminoácidos (AAs) de cadeia aromática (triptofano, tirosina, fenilalanina e histidina) e efeitos adversos no metabolismo do carbono (C) fotossintético e translocação da sacarose dentro das plantas (Cakmak et al., 2009). A soja resistente ao glifosato

foi desenvolvida com a inserção de um transgene (cp4) oriundo do *Agrobacterium* sp., que codifica uma versão insensível ao EPSPS. Mesmo com esse processo, existem relatos que a aplicação do herbicida pode interferir na absorção de nutrientes (Cakmak et al., 2009). Nos AAs de cadeia aromática, como o triptofano, onde o zinco (Zn) atua, o mesmo é precursor do ácido indolilacético (AIA), hormônio vegetal necessário para expansão celular, manutenção da dominância apical, entre outros processos fisiológicos (Marschner, 1995).

O Zn juntamente com o B, são os micronutrientes que mais afetam a produção na região dos trópicos. Na planta, o Zn é absorvido, preferencialmente, como cátion bivalente, e atua como constituinte ou ativador de várias enzimas, estando diretamente envolvido no metabolismo do nitrogênio (N), fotossíntese, respiração, síntese de aminoácidos, proteínas e controle hormonal. A carência de Zn causa diminuição do florescimento e frutificação, redução da elongação das células, acarretando em internódios curtos e redução no desenvolvimento do sistema radicular (Marschner, 1995). O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da interação glifosato e Zn na fertilidade de dois tipos de solo cultivado com soja transgênia e outra convencional em duas condições edafoclimáticas.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados em Ponta Grossa, Estado do Paraná (25°05'42" LS e 50°10'43" LW) sobre um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e Três Lagoas em Neossolo Quartzarênico, em parcelas de 4 m × 8 m dispostos em delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 3 × 5, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de cinco doses de Zn (0, 3, 6, 9 e 12 kg/ha – fonte: $ZnSO_4 \times 7H_2O$) e duas cultivares parentais (BRS 133 e a essencialmente derivada BRS 245RR), sendo que a última foi dividida em duas, formando, neste caso, três tratamentos: BRS 133, BRS 245RR com glifosato (+ Gly) e BRS 245RR sem glifosato (-Gly).

Em área total, foi incorporado a 0-20 cm de profundidade o calcário para elevar a saturação por bases a 60%. Exceto o N e Zn, os micronutrientes

(B, Cu, Fe e Mn) e as doses de Zn correspondente aos tratamentos foram misturados com gesso e incorporados com enxada rotativa. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium elkanii*. No estágio V4, metade das plantas com tratamento BRS 245RR receberam aplicação de glifosato na dose de 1,5 L/ha/aplicação, aplicado com pulverizador costal, a pressão constante, mantida por CO₂ comprimido de 276 kPa, com volume de pulverização equivalente a 150 L/ha. Após aplicação do herbicida as plantas foram fotografadas para acompanhamento dos sintomas visuais de deficiência ou fitotoxicidade. Foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm em cada tratamento, as quais foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2,0 mm para quantificação dos atributos químicos do solo e avaliação dos extratores Mehlich 1 (Mehlich, 1978) e DTPA-TEA, pH 7,3 (Lindsay e Norvell, 1975) para determinação do Zn disponível.

De acordo com o delineamento proposto, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis analisadas e a homogeneidade de variâncias, e posteriormente submetidas à análise de variância (ANOVA - teste F) e correlações foram feitas entre as doses de Zn com os teores disponíveis de Zn extraídos com as soluções extratoras DTPA-TEA e Mehlich 1.

Resultados e discussão

As cultivares NGM (BRS 133) e GM (BRS 245RR) sem (-Gly) e com (+ (Gly) aplicação do glifosato não apresentaram interação cultivares × doses de Zn sobre os teores dos nutrientes no solo. Dentro das doses de Zn, somente os teores de P e Zn foram significativamente influenciados. O P disponível nos tratamento -Gly na cultivar GM cultivada no Neossolo Quartzarênico distrófico e na NGM e GM (-Gly) no Latossolo Vermelho foram afetados pelas doses de Zn ($\hat{y} = 15,352 + 0,441x$, $R^2 = 0,94$, $\hat{y} = 1,666 + 0,357x$, $R^2 = 0,80$ e $\hat{y} = 2,008 + 0,269x$, $R^2 = 0,76$, $P \leq 0,05$). Tais resultados demonstram os efeitos de interação negativa do Zn × P descritos Moreira e Malavolta (2001), no entanto, a aplicação do herbicida minimizou este efeito independentemente do tipo de solo. O índice pH e os teores de P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, S-SO₄²⁻, B, Cu, Fe, Mn e Zn no Neossolo Quartzarênico situaram-se dentro ou próximos dos níveis de interpretação de

suficiência, enquanto no Latossolo Vermelho Amarelo, somente os teores de P disponível ficaram abaixo dos adequados para o cultivo da soja nas condições de clima e solo dos trópicos.

Os extratores Mehlich 1 (M1) e DTPA-TEA apresentaram alto coeficiente de correlação na determinação do Zn disponível, independentemente do tipo de solo e aplicação ou não de glifosato (Figura 1). O extrator M1 apresentou, na média, maior taxa de recuperação de Zn que o DTPA-TEA (superior a 63,9%). Este resultado também corrobora Moreira et al. (2015), que ao compararem estes dois extratores, observaram que a maior capacidade de extração da solução de M1 se deve à acidez elevada do meio ($0,0625 \text{ mol H}^+ \text{ L}^{-1}$), solubilizando formas oclusas de Zn no solo indisponíveis para as plantas, enquanto a solução de DTPA-TEA, por apresentar reação alcalina ($\text{pH} = 7,3$), não solubilizou.

As correlações entre o teor foliar de Zn e o teor disponível no solo com os extratores M1 e DTPA-TEA foram semelhantes aos observados por Moreira et al. (2015), com correlação significativa, o mesmo foi observado com os teores de Zn no tecido foliar, no entanto, a solução extratora DTPA-TEA, apresentou os maiores coeficientes de correlação ($r = 0,78, 0,81 \text{ e } 0,78, P \leq 0,05$), nos dois tipos de solo e diferentes cultivares e manejo adotado.

Os dois extratores tiveram relações lineares semelhantes, com significância positiva com as doses aplicadas, sendo as seguintes equações para as cultivares BRS 133, BRS 245RR (-Gly), BRS 245RR (+ Gly) e a média dos três tipos de manejo nas duas localidades. x = dose de Zn em kg/ha e \hat{y} = estimativa do teor no solo em mg dm^{-3} :

a) Três Lagoas, MS - Neossolo Quartzarênico

Extrator Mehlich 1

BRS 133 – $\hat{y} = 0,529 + 0,201 * x, R^2 = 0,40, P \leq 0,05;$

BRS 245RR (-Gly) – $\hat{y} = 0,389 + 0,195 * x, R^2 = 0,48, P \leq 0,05;$

BRS 245RR (+ Gly) – $\hat{y} = 0,555 + 0,151 * x, R^2 = 0,66, P \leq 0,05;$

Total – $\hat{y} = 0,491 + 0,182 * x, R^2 = 0,41, P \leq 0,05.$

Extrator DTPA-TEA, pH 7,3

BRS 133 – $\hat{y} = 0,488 + 0,115*x$, $R^2 = 0,44$, $P \leq 0,05$;

BRS 245RR (-Gly) – $\hat{y} = 0,416 + 0,126*x$, $R^2 = 0,50$, $P \leq 0,05$;

BRS 245RR (+Gly) – $\hat{y} = 0,561 + 0,092*x$, $R^2 = 0,57$, $P \leq 0,05$;

Total – $\hat{y} = 0,489 + 0,111*x$, $R^2 = 0,48$, $P \leq 0,05$.

b) Ponta Grossa, PR - Latossolo Vermelho Amarelo

Extrator Mehlich 1

BRS 133 – $\hat{y} = 0,515 + 0,263*x$, $R^2 = 0,58$, $P \leq 0,05$;

BRS 245RR (-Gly) – $\hat{y} = 0,919 + 0,185*x$, $R^2 = 0,40$, $P \leq 0,05$;

BRS 245RR (+Gly) – $\hat{y} = 1,019 + 0,123*x$, $R^2 = 0,55$, $P \leq 0,05$;

Total – $\hat{y} = 0,817 + 0,190*x$, $R^2 = 0,44$, $P \leq 0,05$.

Extrator DTPA-TEA, pH 7,3

BRS 133 – $\hat{y} = 0,361 + 0,125*x$, $R^2 = 0,51$, $P \leq 0,05$;

BRS 245RR (-Gly) – $\hat{y} = 0,386 + 0,103*x$, $R^2 = 0,40$, $P \leq 0,05$;

BRS 245RR (+Gly) – $\hat{y} = 0,403 + 0,082*x$, $R^2 = 0,70$, $P \leq 0,05$;

Total – $\hat{y} = 0,383 + 0,104*x$, $R^2 = 0,47$, $P \leq 0,05$.

Os valores nas duas condições edafoclimáticas indicam que os dois extratores (Mehlich 1 e DTPA-TEA) forneceram informações semelhantes na avaliação do nível de Zn disponível no solo. Deve-se levar em consideração que na escolha do método, o extrator M1, mesmo com coeficientes inferiores ao DTPA-TEA, além de extrair o Zn disponível, também pode ser utilizado para determinação de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn no mesmo extrato.

Conclusão

Os extratores Mehlich 1 e DTPA-TEA foram eficientes na determinação do Zn disponível. Exceto o P e Zn disponível, os atributos químicos do solo não foram influenciados pelos tratamentos.

Referências

CAKMAK, I.; YAZICI, A.; TUTUS, Y.; OZTURK. L. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium, and iron in non-glyphosate resistant soybean. **European Journal of Agronomy**, v.31, p.114–119. 2009.

IKEDA, F. S. Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário**, v. 34, p.1-8, 2013.

LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society of America Journal**, v.42, p.421–428, 1978.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MEHLICH, A. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.9, p.477–492, 1978.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Sources, rates and extractants of phosphorus on alfalfa and centrosema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1519-1527, 2001.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; FAGERIA, N. K. Zinc and amino-acids on the yield and nutritional state of alfalfa grown in the tropical soil. **Journal of Plant Nutrition**, v.38, p.780–794, 2015.

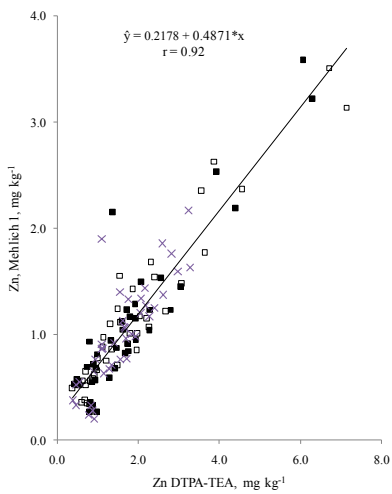
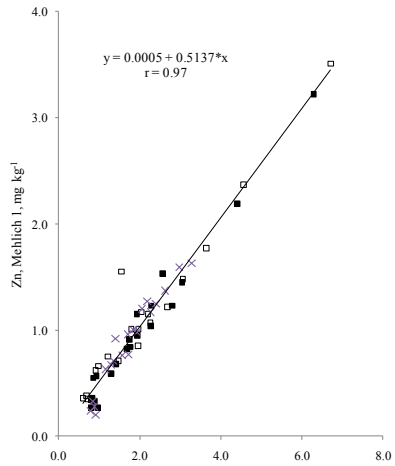
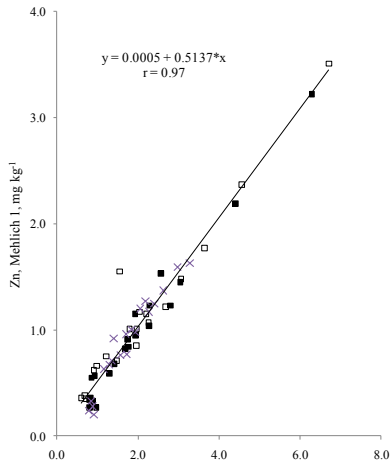


Figura 1. Correlação do Zn disponível obtido com os extratores Mehlich 1 e DTPA-TEA para os solos de Três Lagoas - MS (a) e Ponta Grossa - PR (b) e na média das duas áreas (c).