



XXXIII

Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

EXPORTAÇÃO E TEORES DE MACRONUTRIENTES EM GRÃOS DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO COM ZINCO

Maykom Ferreira Inocêncio⁽¹⁾; **Antonio Eduardo Furtini Neto**⁽²⁾; **Álvaro Vilela de Resende**⁽³⁾; **Matheus Peres Veloso**⁽⁴⁾ e **Fernanda Moreira Ferraz**⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Doutorando em Ciência do Solo e Bolsista do CNPq, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. maykomagronomia@yahoo.com.br; ⁽²⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo e Bolsista do CNPq, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG; ⁽³⁾ Pesquisador da EMBRAPA Milho e Sorgo - CNPMS, Sete Lagoas, MG; ⁽⁴⁾ Graduandos do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Resumo – O aumento do nível tecnológico tem sido uma eficiente alternativa para a elevação da produtividade de grãos. A remoção dos nutrientes na forma de produto colhido, sem a devida reposição, é uma das formas de empobrecimento do solo. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar os teores e a exportação de macronutrientes via grãos da soja submetida à fertilização com zinco em plantio de alta tecnologia. O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho Distroférico na Embrapa Milho e Sorgo - CNPMS, no qual foram utilizadas diferentes estratégias de adubação de zinco. O delineamento foi inteiramente casualizado, composto por 16 tratamentos, com quatro repetições. A soja foi semeada com espaçamento entre linhas de 0,50 m, com um estande de 240 mil plantas ha⁻¹. Na maturidade fisiológica foram colhidos os grãos, que foram secos, mensurados quanto à biomassa e triturados para a determinação dos teores de macronutrientes. A exportação foi calculada pelo teor e biomassa seca dos grãos. Os teores absolutos de macronutrientes não foram afetados pela adubação com zinco, enquanto que a exportação foi dependente das diferentes estratégias de restituição do micronutriente.

Palavras-Chave: *Glycine max*; Remoção de nutrientes; Latossolo, Nível tecnológico.

INTRODUÇÃO

Devido à tecnificação das lavouras, buscam-se alternativas que elevem a produtividade das culturas. No caso do Brasil, a principal espécie cultivada é a soja, que é produzida em larga escala na região do cerrado, cujos solos são de baixa fertilidade natural (Lopes, 1999). Além da calagem, a aplicação de zinco nesses solos é um aspecto muito importante para o aumento da produtividade das culturas (Galvão, 1986). Isso porque, o zinco é um dos principais micronutrientes limitantes da agricultura do cerrado (Abreu et al., 2007), e o manejo das fontes e formas de aplicação pode ser uma alternativa que interfere no rendimento produtivo das culturas.

Para a obtenção de uma produtividade média de grãos de soja é necessário que o teor de zinco no solo seja no mínimo de 1,0 mg dm⁻³ em solos argilosos (Fageria,

2000), desde que os outros nutrientes não limitem a produtividade. No entanto, alguns estudos com alto nível tecnológico de produção, apontaram que a cultura avaliada aumentou a produtividade mesmo com teores de zinco acima do nível crítico.

Como os solos apresentam baixos teores de zinco, o seu uso na agricultura é indispensável. Assim, esse micronutriente é encontrado sob diversas fontes, como sais, quelatos, fritas, coquetéis de micronutrientes, formulações NPK, e de fontes consideradas “modernas”, que podem conter além de zinco, outros nutrientes. No entanto, há carências de estudos sobre essas novas fontes de zinco, o que limita o manejo correto do micronutriente na agricultura.

A aplicação de zinco nas lavouras pode ser realizada de diversas formas, como via adubações NPK, a lanço e sulco de semeadura, via foliar e via semente (Galvão, 2002). As quantidades aplicadas variam de acordo com a forma de aplicação, e de maneira geral, aumentam na seguinte ordem: via semente, via foliar e via solo.

Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo avaliar os teores e a exportação de macronutrientes pelos grãos de soja em função da fertilização com zinco.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

O experimento foi realizado com a soja (*Glycine max* L.) em um Latossolo Vermelho Distroférico de textura muito argilosa da Embrapa Milho e Sorgo - CNPMS. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 16 tratamentos (Tabela 1), quatro repetições e com parcelas de 6 x 4 m.

A correção do solo foi realizada com 1,1 t ha⁻¹ de calcário (12% de magnésio), para elevar a saturação por bases a 55%, gesso agrícola (300 kg ha⁻¹), fósforo (22,9 kg ha⁻¹ de P₂O₅), potássio (98,4 kg ha⁻¹ de K₂O) e boro (3 kg ha⁻¹). A adubação corretiva foi incorporada com grade aradora + arado de disco + grade niveladora na profundidade de 0-20 cm. A adubação básica da soja foi de 450 kg ha⁻¹ de 02-20-20 (NPK), com ou sem Zn, dependendo do tratamento.

Semeadura da soja e tratamentos culturais

O genótipo utilizado foi o BRS Valiosa RR (Carol) com estande de cerca de 240 mil plantas ha⁻¹, com espaçamento de 0,50 m entre linhas. As sementes foram tratadas com fungicida, inseticida, cobalto (3 g ha⁻¹), molibdênio (30 g ha⁻¹) e inoculante e, quando pertinente, com o uso de zinco. Nos estádios V5 e R1, foram aplicados os tratamentos foliares, com um volume de calda de 400 l ha⁻¹. No estádio V5 foi aplicado um fungicida preventivo (Opera) para o controle da ferrugem asiática da soja e um lagartocida (Match). Na época de enchimento de grãos, foi realizada novamente a aplicação do fungicida (Opera) e de um inseticida (Tracer). As orientações de manejo foram voltadas para a obtenção de altas produtividades de soja, uma vez que nestas condições é possível resposta à adubação com zinco. A irrigação foi realizada quando necessário, de forma a suprir a demanda hídrica durante o ciclo da cultura.

Teores e exportação de macronutrientes

Após a maturação fisiológica da cultura foram colhidos apenas os grãos de três fileiras centrais de cada parcela, deixando-se meio metro em cada extremidade e as duas fileiras externas como bordadura de cada lado. Os teores de nutrientes nos grãos de soja foram determinados segundo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). A exportação de macronutrientes foi calculada pelo teor e biomassa seca de grãos.

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variância e teste de média a 5% de probabilidade (Scott-Knott) pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de macronutrientes nos grãos de soja não variaram com as fontes e formas de aplicação de zinco (Tabela 2).

A ausência de resposta pode estar relacionada com as boas condições químicas do solo, nos quais, os nutrientes encontravam-se com teores acima dos níveis críticos registrados na literatura. No entanto, em condições de desequilíbrio entre os nutrientes no solo, a absorção de um ou mais nutrientes pode ser afetada (Moreira et al., 2003; Oliveira et al., 2003). Portanto, a aplicação de zinco em solos com teores adequados de macronutrientes parece não interferir nos teores desses nos grãos de soja.

Apenas as quantidades exportadas de cálcio através dos grãos não variaram com a aplicação de zinco nas plantas de soja (Tabela 3).

Como os teores de macronutrientes nos grãos de soja não diferiram entre si (Tabela 2), as diferenças na exportação se devem às variações na produtividade de grãos. Mesmo antes da aplicação dos tratamentos, o teor do micronutriente no solo era de 3,6 mg dm⁻³, valor superior ao nível crítico estabelecido para a cultura da soja que é de 1,0 mg dm⁻³ (Fageria, 2000). Esse aumento da exportação de macronutrientes em relação à testemunha pode indicar a necessidade de revisão dos teores dos níveis críticos. Isso por que, esses teores foram

estabelecidos há mais de uma década e nesse período, surgiram tecnologias para uma maior produção de soja e com isso o aumento da demanda por nutrientes pelas plantas. Entretanto, mesmo a partir da estimativa das quantidades exportadas, não se sabe ainda qual deve ser a variação nas doses a serem aplicadas em função dos tetos de produtividade das culturas (Lopes, 1999).

De modo geral, os tratamentos que aumentaram a produtividade e, consequentemente, a exportação de macronutrientes foram o NPK + Zn, Broad Zn fol, ZnSO₄ fol, Znito e Bioz, com quantidades de zinco aplicadas de 5,25; 0,27; 0,80; 0,08 e 0,02 kg ha⁻¹ de zinco. No entanto, a quantidade de zinco aplicada não foi o fator mais importante (Tabela 1), mas sim, a forma e a época de aplicação (Inocêncio, 2010) que garantiram maior produtividade de grãos de soja. Com exceção do NPK + Zn, que foi aplicado via solo que é uma alternativa de restituição de zinco utilizada de maneira rotineira pelos agricultores (Galvão, 2002), todos os outros tratamentos foram aplicados via foliar e proporcionaram maior exportação de macronutrientes. Nesse sentido, pode ser observado que os “novos” produtos (Broad Zn fol, Znito e Bioz) e a forma de aplicação de produtos convencionais (ZnSO₄ fol) apresentaram-se como boas estratégias de restituição de zinco em condições de elevado nível tecnológico.

Assim, os “novos” produtos que contém zinco, podem ser alternativas viáveis para adubação do micronutriente para soja, cultivada com alto nível tecnológico. Porém, ainda há necessidade de mais estudos sobre essas e outras fontes de zinco em diversas culturas e tipos de solo para possibilitar um correto manejo da fertilização com zinco.

CONCLUSÕES

1. Os teores absolutos de macronutrientes não foram afetados pela adubação com zinco.
2. A exportação de macronutriente pelos grãos de soja foi dependente dos tratamentos aplicados nas plantas de soja.
3. A forma de aplicação de zinco parece ser mais importante do que a quantidade aplicada em relação à exportação de macronutrientes pela cultura.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor. À FAPEMIG, pelo apoio financeiro. À Embrapa Milho e Sorgo – CNPMS, pelo apoio para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; LOPES, A.L. e SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. e NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Soc. Bras. Ci. Solo, 2007. p. 645-736.

- FAGERIA, N.K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. *Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.*, 4:390-395, 2000.
- FERREIRA, D.F. SISVAR, Sistema de Análise de Variância. Lavras: UFLA, 2000. Software.
- GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D.M.G. e LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2002, p. 185-226.
- GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: GOEDERT, W.J. (Ed.). Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1986. p. 237-259
- INOCÊNCIO, M.F. Respostas da soja a diferentes alternativas de adubação de restituição de zinco em solo de cerrado. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 68 p. 2010.
- LOPES, A.S. Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma. São Paulo: ANDA, 1999. 72 p. (Boletim Técnico, 8).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. e OLIVEIRA, S.A Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; HEINRICH, R. e TANAKA, R.T. Influência do magnésio na absorção de manganês e zinco por raízes destacadas de soja. *Pesq. Agr. Bras.*, 38:95-101, 2003.
- OLIVEIRA, S.C.; COSTA, M.C.G.; CHAGAS, R.C.S.; FENILLI, T.A.B.; HEINRICH, R.; CABRAL, C.P. e MALAVOLTA, E. Resposta de duas cultivares de arroz a doses de zinco aplicado como oxissulfato. *Pesq. Agr. Bras.* 38:387-396, 2003.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos sobre estratégias de restituição de zinco na soja (Sete Lagoas, MG).

Tratamento	Zn (kg ha ⁻¹)	Descrição dos tratamentos
TEST	0,00	Testemunha absoluta
ZnSO ₄	3,00	3,0 kg ha ⁻¹ de Zn na forma de ZnSO ₄ (20% de Zn e 9% de S), a lanço e sem incorporação
NPK + ZnSO ₄	5,25	450 kg ha ⁻¹ de NPK (02-20-20) + 0,5% de Zn no sulco de plantio + 3,0 kg ha ⁻¹ de ZnSO ₄ , a lanço e sem incorporação
NPK + Zn	2,25	450 kg ha ⁻¹ de NPK (02-20-20) + 0,5% de Zn no sulco de plantio
NPK + Zn lan	2,25	450 kg ha ⁻¹ de NPK (02-20-20) + 0,5% de Zn a lanço e sem incorporação
ZnO sem	0,04	0,04 kg / 50 kg de sementes, óxido de zinco (72,3% de Zn), via semente
Broad Zn	0,11	0,3 L ha ⁻¹ Broadacre Zn Moli (35% de Zn e 6% de Mo), via semente
Broad Zn fol	0,27	0,45 L ha ⁻¹ de Broadacre Zn Moli (60% de Zn e 6% de Mo), via foliar aos 30 DAE
ZnSO ₄ fol	0,80	2 kg ha ⁻¹ de ZnSO ₄ da Multizinc (20% de Zn e 9% de S), via foliar aos 30 DAE e R1
Trad Zn	0,06	0,4 kg ha ⁻¹ de Tradecorp Zn-EDTA (14 p/p), via foliar aos 30 DAE
Znitro	0,08	0,5 L ha ⁻¹ de Znitro (15% de Zn e 10%), via foliar aos 30 DAE
Phyt Zn	0,40	2,0 L ha ⁻¹ de Phytogard Zn (10% de Zn e 40% de P ₂ O ₅), via foliar aos 30 DAE e R1
Phyt K	0,00	2,0 L ha ⁻¹ de Phytogard K (20% de K ₂ O e 40% de P ₂ O ₅), via foliar aos 30 DAE e R1
Bioz	0,02	0,45 L ha ⁻¹ de Biozyme TF (2,43% de Zn; 1,73% de N; 5% de K ₂ O; 0,08% de B; 0,49% de Fe; 1% de Mn; e 2,1% de S), via foliar em R1
Água	0,00	Apenas água
Coquetel	2,81	Coquetel de micronutrientes (Tratamentos 4, 7, 13 e 14)

Tabela 2. Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em grãos de soja sob alternativas de restituição de zinco (Sete Lagoas, MG)

Tratamento	Zinco	Teor nos grãos (g kg ⁻¹)					
	kg ha ⁻¹	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
TEST	0,00	70,5 a	6,0 a	17,0 a	2,4 a	2,3 a	3,2 a
ZnSO ₄	3,00	71,8 a	6,3 a	17,5 a	2,4 a	2,3 a	3,3 a
NPK + ZnSO ₄	5,25	71,3 a	6,0 a	17,3 a	2,3 a	2,3 a	3,3 a
NPK + Zn	2,25	70,5 a	6,0 a	17,5 a	2,5 a	2,3 a	3,4 a
NPK + Zn lan	2,25	72,3 a	6,1 a	17,2 a	2,2 a	2,3 a	3,3 a
ZnO sem	0,04	69,8 a	6,0 a	17,3 a	2,3 a	2,2 a	3,3 a
Broad Zn	0,11	71,8 a	6,1 a	17,0 a	2,5 a	2,2 a	3,2 a
Broad Zn fol	0,27	69,0 a	6,4 a	17,8 a	2,3 a	2,4 a	3,4 a
ZnSO ₄ fol	0,80	72,0 a	6,5 a	17,5 a	2,6 a	2,4 a	3,4 a
Trad Zn	0,06	70,8 a	6,5 a	17,5 a	2,6 a	2,4 a	3,6 a
Znitro	0,08	70,5 a	6,5 a	17,5 a	2,4 a	2,4 a	3,4 a
Phyt Zn	0,40	70,3 a	6,4 a	18,0 a	2,3 a	2,5 a	3,4 a
Phyt K	0,00	69,5 a	6,0 a	17,2 a	2,5 a	2,3 a	3,3 a
Bioz	0,02	70,5 a	6,4 a	17,6 a	2,4 a	2,4 a	3,4 a
Água	0,00	71,2 a	6,4 a	17,6 a	2,5 a	2,4 a	3,4 a
Coquetel	2,81	69,5 a	6,3 a	17,6 a	2,5 a	2,4 a	3,5 a
C.V. (%)		4,4	7,9	5,1	17,7	4,8	5,3

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em grãos de soja sob alternativas de restituição de zinco (Sete Lagoas, MG)

Tratamento	Zinco	Exportação (kg ha ⁻¹)					
	kg ha ⁻¹	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
TEST	0,00	152 b	13,0 b	36,8 b	5,3 a	5,0 b	7,0 b
ZnSO ₄	3,00	175 a	15,8 a	42,8 b	6,0 a	5,8 b	7,8 b
NPK + ZnSO ₄	5,25	192 a	16,0 a	46,8 a	6,0 a	6,0 a	8,5 a
NPK + Zn	2,25	169 b	14,3 b	42,0 b	5,8 a	5,5 b	8,3 b
NPK + Zn lan	2,25	177 a	15,0 b	42,0 b	5,5 a	5,8 b	8,0 b
ZnO sem	0,04	149 b	12,5 b	36,8 b	5,0 a	4,8 b	7,0 b
Broad Zn	0,11	160 b	13,8 b	38,3 b	5,5 a	4,8 b	7,3 b
Broad Zn fol	0,27	185 a	17,3 a	48,0 a	6,3 a	6,3 a	9,3 a
ZnSO ₄ fol	0,80	200 a	18,0 a	48,3 a	7,0 a	6,5 a	9,3 a
Trad Zn	0,06	172 b	16,0 a	43,5 b	6,3 a	5,8 b	8,8 a
Znitro	0,08	188 a	17,0 a	46,0 a	6,5 a	6,8 a	9,0 a
Phyt Zn	0,40	157 b	14,3 b	40,0 b	5,0 a	5,5 b	7,5 b
Phyt K	0,00	168 b	14,5 b	41,8 b	5,8 a	6,0 a	8,0 b
Bioz	0,02	198 a	18,0 a	49,5 a	6,8 a	6,8 a	9,8 a
Água	0,00	172 b	15,5 b	42,8 b	6,3 a	5,8 b	8,3 b
Coquetel	2,81	143b	13,0 b	36,3 b	5,3 a	5,0 b	7,3 b
C.V. (%)		10,9	13,1	11,4	21,0	11,7	12,6

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.