



## Formas de aplicação e fontes de manganês na soja em solo de cerrado

Brunno Elias Vendruscolo<sup>1</sup>, Crislaine Borges Raimundo<sup>1</sup> e Evandro Luiz Schoninger<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, MT, Brasil

\* Autor Correspondente: schoningerel@gmail.com

Recebido: 16/06/2020; Aceito: 15/10/2020

**Resumo:** A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa exigente em nutrição equilibrada para alcançar elevadas produtividades. Dados relatando a eficiência da adubação mangânica na cultura da soja no cerrado são escassos, sobretudo porque esse elemento, depois do ferro, é o micronutriente com maior amplitude de teores considerados adequados. Desta forma o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade de grãos na soja em função da aplicação de manganês via solo e foliar, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico com elevado teor do nutriente e alto pH do solo de cerrado. O experimento foi realizado no município de Nova Mutum – MT, na fazenda Porta do Céu, no ano agrícola 2017/18. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados e os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 4x2, sendo o primeiro fator representado por fontes para aplicação foliar de Mn (Testemunha – sem aplicação de Mn, Ubyfol Mn 300<sup>®</sup>, Inquima Manganês Plus<sup>®</sup> e MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O) e o segundo fator a aplicação ou não de Mn via solo (com e sem MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O), com 4 repetições, totalizando 32 parcelas. A aplicação de manganês via solo foi realizada 6 dias após a emergência das plântulas com 6 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e a aplicação foliar foi realizada quando as plantas apresentavam 3 trifólios completamente desenvolvidos com a dose de 400 g ha<sup>-1</sup> de Mn (exceto testemunha). As características avaliadas foram o número de legumes por planta, número de grãos por legume, massa de cem grãos e a produtividade de grãos. Não houve diferença entre os tratamentos pelo teste F a 5 % de significância para as variáveis analisadas, portanto as fontes de manganês utilizadas e a aplicação via solo ou foliar não influenciaram nas características produtivas da soja.

**Palavras-chave:** Adubação foliar; *Glycine max* L. Merrill; micronutriente.

## Application forms and sources of manganese in soybean in Cerrado soil

**Abstract:** The soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is a legume demanding in balanced nutrition to reach high yield. Data on the efficiency of manganese application in the soybean crop in the Cerrado are scarce, especially since this element, after iron, is the micronutrient with the greatest range of contents considered adequate. So, this work aimed to evaluate the grain yield in soybean as a function of the application of manganese via soil and foliar, in Dystrophic Red-Yellow Latosol (Oxisoil) with high nutrient content and high pH. The experiment was carried out in the municipality of Nova Mutum, State of Mato Grosso, at the Porta do Céu farm, during 2017/2018 growing season. The experiment was conducted in a randomized block design and the treatments were arranged in a 4x2 factorial scheme, where the first factor was the sources for Mn foliar application (control – no Mn application, Ubyfol Mn 300<sup>®</sup>, Inquima Manganese Plus<sup>®</sup> and MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O) and the second factor was the application or not of Mn via soil (with and without MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O), with 4 replications, totaling 32 plots. The application of manganese via soil was performed 6 days after the emergence of seedlings with 6 kg ha<sup>-1</sup> of Mn and foliar application was performed when the plants had 3 fully developed leaves with the rate of 400 g ha<sup>-1</sup> of Mn. The evaluated characteristics were the number of vegetables per plant, number of grains per legume, mass of one hundred grains and grain yield. To analyzed variables was not difference among treatments by F at 5% of significance. Therefore, it was possible to conclude that the different sources of manganese used and the application via soil or foliar did not influence the productive characteristics of the soybean.

**Key-words:** Foliar fertilization; *Glycine max* L. Merrill; micronutrient.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é uma cultura anual bastante exigente em nutrientes. Para que os nutrientes sejam eficientemente aproveitados pela cultura devem estar presentes no solo em quantidades suficientes e em relações equilibradas. A baixa concentração ou desequilíbrio pode resultar em absorção desequilibrada (SFREDO, 2008). De acordo com a lei do mínimo, também conhecida pela lei de Liebig, o potencial produtivo da planta está limitado por aquele nutriente que se encontra em menor proporção em relação a necessidade das plantas (RAIJ, 1981).

Devido à baixa quantidade exigida pelas plantas, os micronutrientes acabam ficando em segundo plano nas pesquisas relacionadas a adubação. Entretanto, com o aumento da produtividade das culturas, as reservas desses nutrientes no solo foram se extinguindo, sendo necessária sua aplicação ao solo para não afetar o potencial produtivo. Assim, devido à falta de critérios corretos para avaliar e quantificar sua aplicação, vem ocorrendo falta ou excesso desses para a nutrição das plantas. Em solos bem supridos de micronutrientes (região Sul) os problemas podem ocorrer por indução, mas em solos como os de Cerrado a deficiência pode ocorrer por causas naturais (SFREDO, 2008).

Dentro os micronutrientes de plantas, o manganês é absorvido predominantemente como  $Mn^{2+}$ , apresenta propriedades químicas semelhante as do Ca, Mg, Fe e Zn, podendo esses cátions inibirem a sua absorção e transporte nas plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Em solos ácidos é mais comum a toxicidade por  $Mn^{2+}$  (FAGERIA & STONE, 2008). No entanto, sua carência é fato mais recente, provavelmente devido a utilização de áreas de baixa fertilidade no processo produtivo e o uso de cultivares com elevado potencial produtivo (ABREU et al., 1994).

O manganês tem baixa mobilidade no floema e sua deficiência aparece inicialmente nas folhas mais novas. Sua deficiência causa clorose em tons amarelo-esverdeados nas folhas mais novas entre as nervuras e as nervuras de cor verde-escura. Em nível metabólico, a deficiência de Mn causa danos aos cloroplastos, afetando a fotólise da água no fotossistema II, que fornece os elétrons necessários para a fotossíntese (FERNANDO & LYNCH, 2015).

Em solos que apresentam baixa concentração de manganês esperam-se resultados positivos para aplicação via solo ou foliar. Entretanto, em solos cujos teores se encontram adequados não se espera ganhos de produtividade através dessa prática (BROCH & RANNO, 2011). No entanto, em cultivares de soja Roundup Ready® (RR) a utilização do herbicida glifosato vem crescendo, sendo realizada sua aplicação em pós-emergência, durante a fase vegetativa da cultura. Alguns autores têm relatado que o gene resistente ao glifosato adicionado a soja possa ter alterado algum processo fisiológico da planta, retardando a absorção e translocação do manganês, sendo, dessa forma, necessária a fertilização de manganês suplementar, visando eliminar a possível deficiência e comprometimento da produtividade (GORDON, 2007). Outros, porém, relatam que a simples utilização de glifosato (independentemente da transgenia da soja) interfere na nutrição mineral da cultura, afetando a absorção e/ou redistribuição de Mn e outros nutrientes (OZTURK et al., 2008; ZOBIOLE et al., 2010).

No entanto, alguns trabalhos demonstram que a soja RR, quando manejada com o uso do glifosato não sofre influência na absorção de manganês (ANDRADE & ROSELEM, 2011), mesmo que em condição de campo, é visualmente notável certo amarelecimento da soja tolerante ao glifosato após a aplicação desse herbicida e muitos produtores e técnicos tenham associado esse sintoma visual a possível deficiência de manganês (BASSO et al., 2011), mesmo que os teores deste nutriente no solo estejam adequados.

Assim, como existem vários relatos distintos na literatura, objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade de grãos da soja em função da aplicação de manganês via solo e/ou foliar em solo com pH corrigido.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola 2017/18, em condições de campo na fazenda Porta do Céu (latitude 13°17'25" Sul e longitude 56°24'33" Oeste), a 390 metros de altitude, localizada no município de Nova Mutum, Mato Grosso. A pluviosidade média anual é de 2200 mm e umidade relativa do ar próximo a 80% durante a época das chuvas, podendo cair a 35% na estiagem. O clima é classificado, segundo Koppen-Geiger, como "Aw" (clima tropical com estação seca no inverno) (ALVARES et al., 2013).

O solo do local de cultivo foi classificado, segundo critérios da Embrapa (2013), como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura média, sendo manejado há vinte anos sob plantio direto, cultivando a soja sempre como cultura principal e alternando entre os anos as culturas de milho, milheto, feijão, sorgo e braquiária na segunda safra. As principais características químicas e físicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, e os tratamentos foram arrançados num esquema fatorial 4x2, sendo o primeiro fator representado por fontes para aplicação foliar de Mn (Testemunha – sem aplicação de Mn, Ubyfol Mn 300®, Inquima Manganês Plus® e  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ ) e o segundo fator a presença ou ausência de Mn via solo, utilizando como fonte o  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ , com quatro repetições.

Cada parcela experimental continha cinco linhas de cultivo com espaçamento entre linhas de 0,50 m por quatro metros de comprimento, correspondendo a área total de 10 m<sup>2</sup>. Foi considerada como área útil da parcela as três fileiras centrais desconsiderando um metro em cada extremidade (3 m<sup>2</sup>).

A cultivar utilizada no experimento foi a Soytech 797 IPRO com ciclo médio em torno de 105 a 110 dias da semeadura à colheita, e a população final utilizada foi de 11 plantas por metro linear (220 mil plantas por hectare).

No dia 05 de outubro de 2017 as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, dose de 60 mL para 50 kg de sementes, do produto comercial Biomax®10 líquido, estirpes Semia 5079 e Semia 5080. Para o tratamento de sementes (TS) foram utilizados os seguintes ingredientes ativos: fipronil, piraclostrobina, tiofanato-

metílico, carbendazim, thiram, cobalto e molibdênio. As sementes encontravam-se com alta qualidade fisiológica, apresentando germinação de 94%. A semeadura foi realizada no dia 08 de outubro de 2017 sob palhada de milho (*Zea mays* L.) com semeadora mecânica.

**Tabela 1.** Análise química dos macronutrientes, micronutrientes, acidez trocável (Al) e potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica potencial (CTC), saturação de bases (V), matéria orgânica (MO) e caracterização granulométrica do solo na camada amostrada de 0 - 20 cm.

Camada de solo	pH H <sub>2</sub> O	P <sup>1</sup>	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	MO <sup>2</sup>
cm	---mg dm <sup>-3</sup> ---				-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----				-----%-----			
0 - 20	6,8	24,5	45	8	3,5	1,6	0,0	2,00	5,22	7,22	72	2,5
	B <sup>3</sup>	Cu <sup>1</sup>	Fe <sup>1</sup>	Mn <sup>1</sup>	Zn <sup>1</sup>	Areia	Argila	Silte				
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----					-----g kg <sup>-1</sup> -----						
0 - 20	0,18	0,9	35	12,8	5,0	650	275	75				

(1) Extrator Mehlich 1

(2) Matéria orgânica

(3) Água quente

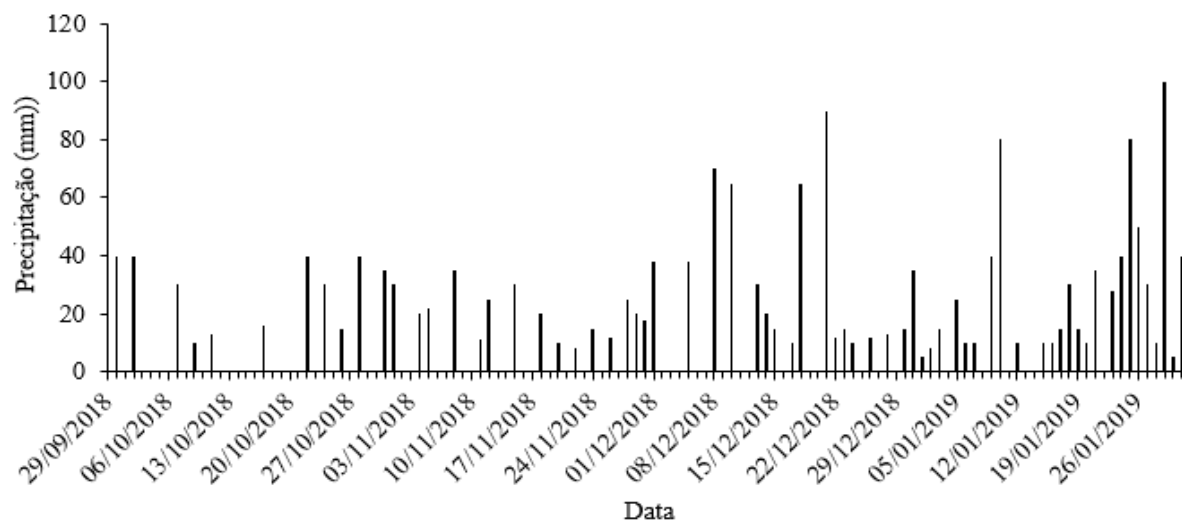
A adubação com macronutrientes primários seguiu o padrão da Fazenda com 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O utilizando-se como fontes, respectivamente, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, sendo ambos distribuídos a lanço numa única aplicação. A distribuição do superfosfato simples e cloreto de potássio ocorreu 15 dias antes da semeadura e 20 dias após a semeadura, respectivamente.

A adubação de micronutriente via solo (nos tratamentos em que foi necessário) foi de 6 kg ha<sup>-1</sup> de Mn na forma de MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O (24,35 % de Mn), sendo este dissolvido em 1,5 litros de água e realizando aplicação única com o auxílio de um pulverizador costal, diretamente no solo, próximo à linha de semeadura (5 a 8 cm ao lado do colo da planta), seis dias após a emergência das plântulas (SFREDO, 2008; SOUZA & LOBATO, 2004).

A adubação foliar foi realizada com a mesma dose de 400 g ha<sup>-1</sup> de Mn para todos os tratamentos (exceto testemunha) e aplicadas em uma única vez, no estádio V4 (três trifólios formados). Para evitar a deriva dos produtos, a aplicação foi realizada do período inicial da manhã, horário em que a velocidade do vento era menor, além de utilizar proteção de lona plástica entre as parcelas.

O campo foi vistoriado semanalmente e o manejo de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado de acordo com as necessidades encontradas a campo.

A precipitação do local foi monitorada com pluviômetro convencional, diariamente. O pluviômetro foi instalado a 1,5 metro de altura, longe de qualquer superfície ou obstáculo que fosse capaz de influenciar na coleta de dados. No início do ciclo da cultura as chuvas foram irregulares, fato este que prejudicou a emergência e o estabelecimento das plântulas. Entretanto, a partir do dia 22 de outubro a precipitação se tornou frequente e uniforme (Figura 1). A regularidade das chuvas resultou na ausência de déficit hídrico no decorrer do ciclo e possibilitou absorção da solução do solo pelas plantas de forma normal sem que houvesse limitação, não prejudicando a produtividade. A precipitação pluviométrica observada durante o período de condução do experimento (da semeadura a colheita) apresentou volume total de 1.764mm (Figura 1).



**Figura 1.** Dados da precipitação pluviométrica ocorrida no ciclo da cultura da soja em Nova Mutum-MT.

A colheita do experimento foi realizada de forma manual no estágio fenológico R9 (ponto de maturação de colheita), sete dias após a dessecação, no dia 01 de fevereiro quando as plantas apresentavam hastes secas, legumes com coloração madura, não exibiam mais folhas e os grãos apresentavam umidade próxima a 14%. Em todas as parcelas foram colhidas 10 plantas dentro da área útil (três linhas centrais de cada parcela, desprezando-se um metro em cada extremidade das linhas). Nessas foram quantificados os legumes e debulhados manualmente mensurando o número de grãos. O restante da área útil de cada parcela foi trilhado com o auxílio de uma trilhadora estacionária, movida a motor elétrico. A umidade foi mensurada através de aparelho elétrico portátil Motomco 999 FR®. Após isso, a massa dos grãos foi corrigida para 130 g kg<sup>-1</sup>, e extrapolando-se para kg ha<sup>-1</sup>.

As variáveis analisadas foram: massa de cem grãos, número de legumes por planta, número de grãos por legume e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) a 5% de significância, utilizando o programa Sisvar® (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se neste ensaio que a fertilização com manganês via solo e/ou foliar na cultura da soja não alterou a massa de cem grãos, o número de legumes por planta, o número de grãos por legume e a produtividade de grãos (Tabela 2). No trabalho de Enderson et al. (2015) foi verificado que a aplicação de vários micronutrientes, incluindo Mn, também não aumentou a produtividade de grãos da soja. De modo semelhante, Sutradhar et al. (2017) não verificaram efeitos significativos da aplicação de diversos micronutrientes sobre a produtividade de grãos da soja, embora tenham sido observados sintomas de amarelecimento internerval de folhas novas após a aplicação de glifosato. Ainda corroborando com os resultados do presente trabalho, Gordon (2007) e Rosolem et al. (2010) observaram que a aplicação de glifosato não afetou o crescimento da soja, a acumulação de Mn e a distribuição deste nutriente dentro das plantas.

A deficiência de Mn é mais comum de ocorrer em solos com baixa umidade, alto pH e baixo teor de matéria orgânica (GRAHAM et al., 1994; BORING & THELEN, 2009; MUELLER & RUIZ-DIAZ, 2011). No entanto, de acordo com a interpretação proposta por Souza & Lobato (2004), o solo do presente experimento apresentava elevado teor inicial de manganês, mesmo apresentando pH em água de 6,8 e médio teor de matéria orgânica. É provável que este elevado teor de Mn no solo tenha suprido suficientemente a cultura, pois como já relatado, não houve incremento em nenhuma das variáveis analisadas com a aplicação de Mn e, mesmo nas parcelas sem adubação manganês, a produtividade foi razoável (de 3365 a 3461 kg ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 2.** Massa de cem grãos (MCG), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por legume (NGL) e produtividade de grãos (PROD) em função de formas de aplicação e fontes de manganês na cultura da soja em Nova Mutum – MT.

FATOR	MCG	NLP	NGL	PROD
Mn via solo (1)	(g)			(kg ha <sup>-1</sup> )
Presente (MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O)	12,1	55,5	2,39	3455
Ausente (MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O)	12,0	55,6	2,40	3365
Valor de F	0,247 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,170 <sup>ns</sup>	0,295 <sup>ns</sup>
Mn via foliar (2)				
Testemunha	12,0	56,1	2,40	3461
MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	11,9	56,8	2,39	3188
Inquima Mn Plus	12,0	56,0	2,40	3520
Ubifol Mn 300	12,3	53,3	2,41	3472
Valor de F	0,946 <sup>ns</sup>	0,348 <sup>ns</sup>	0,062 <sup>ns</sup>	0,837 <sup>ns</sup>
Interação 1x2	0,068 <sup>ns</sup>	0,593 <sup>ns</sup>	1,468 <sup>ns</sup>	1,421 <sup>ns</sup>
CV (%)	4,1	13,3	2,9	13,7

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Basso et al. (2011) também constataram que em solo com teor elevado de Mn, a adição deste nutriente em aplicação foliar não alterou significativamente a estatura de plantas, a altura de inserção do primeiro legume e a produtividade de grãos da soja. Porém, quando aplicado o fertilizante foliar juntamente com o herbicida glifosato a concentração foliar de manganês foi inferior. Esta interação entre Mn e glifosato também foi relatada por Bernards et al. (2005) em plantas de *Abutilon theophrasti*, os quais observaram que a presença de Mn na solução com glifosato causou a formação de complexos estáveis de glifosato com Mn, e reduziu a penetração e translocação de glifosato nas folhas.

Diversos trabalhos relatam que a aplicação de glifosato, tanto em culturas tolerantes ou não a este herbicida, diminui a concentração de micronutrientes (principalmente Mn e Fe) na parte aérea das plantas (EKER et al., 2006; BOTT et al., 2008). Neste sentido, Bott et al. (2008) observaram maior demanda por Mn em plantas RR após

aplicação de glifosato, e segundo Cakmak et al. (2009), isto ocorre por causa da alta afinidade do glifosato em complexar e imobilizar cátions divalentes, reduzindo assim a concentração de Mn nas plantas, independentemente de a cultura ser ou não tolerante ao glifosato. No entanto, Gordon (2007) demonstrou que a concentração de Mn nas folhas de soja tolerante ao glifosato foi menor do que em folhas de soja não tolerante a esse herbicida, levantando a hipótese de que plantas RR requerem a aplicação de Mn para atingirem altas produtividades. O rápido amarelecimento de folhas novas de soja RR após a aplicação de glifosato é atribuído à imobilização de cátions divalentes (principalmente Fe e Mn) (FRANZEN et al., 2003; HANSEN et al., 2004; JOLLEY et al., 2004; EKER et al., 2006), e a duração destes sintomas visuais é dependente da habilidade das plantas em manter adequada absorção destes nutrientes pelas raízes, principalmente quando a adubação foliar não é realizada (CAKMAK et al., 2009).

No presente trabalho não foi avaliado o teor de Mn na parte aérea das plantas. No entanto, se houve alguma diminuição no teor de Mn após a aplicação de glifosato, esta não foi suficientemente severa a ponto de alterar a produtividade de grãos. Assim, assumindo que possa haver redução nos teores de Mn nas folhas de soja e que não há alteração na produtividade, é provável que, antes da deficiência de Mn afetar a produção de grãos, haja outro fator limitando-a. Este fato é descrito através da “Lei do mínimo”, a qual descreve que a produtividade das culturas é limitada pelo nutriente e/ou fator que está disponível em menor quantidade em relação ao seu ideal. Desta forma, o incremento dos demais elementos que não estão sendo limitantes não proporcionará acréscimos de produtividade. Ou seja, as adubações com Mn foliar e/ou via solo realizadas no decorrer do experimento não resultaram em acréscimos na produtividade porque, provavelmente este não era o elemento/fator limitante no momento. Contudo, não são só fatores nutricionais que podem limitar o rendimento da cultura, em que o manejo da cultura, fatores climáticos e bióticos podem também atuar como limitantes.

#### 4. CONCLUSÕES

Em solo com alto teor de manganês, mesmo com alto pH do solo, a aplicação de Mn via solo e/ou foliar em soja RR, não altera a produtividade da cultura.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Mato Grosso – Câmpus de Nova Mutum e à Fazenda “Porta do Céu” pelo auxílio na condução do experimento.

#### REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; NOVAIS, R.F.; RAIJ, B. Van; RIBEIRO, A.C. Influência da reação do solo na extração de manganês por diferentes extratores químicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.91-99, 1994.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANDRADE, G.J.M.; ROSOLEM, C.A. Absorção de manganês em soja RR sob efeito do glifosato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.961-968, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000300030>
- BASSO, C.J.; SANTI, A.L.; LAMENGO, F.P.; GIROTTI, E. Aplicação foliar de manganês em soja transgênica tolerante ao glyphosate. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p.1726-1731, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001000008>
- BERNARDS, M.L.; THELEN, K.D.; PENNER, D.; MUTHUKUMARAN, R.B.; MCCRACKEN, J.L. Glyphosate interaction with manganese in tank mixtures and its effect on glyphosate absorption and translocation. **Weed Science**, v.53, p.787-794, 2005. <https://doi.org/10.1614/WS-05-043R.1>
- BORING, T.J.; THELEN, K.D. Soybean foliar manganese recommendations on chronically Mn deficient soils. In: **Proceedings 39th North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference**, Des Moines, IA. 18-19 Nov. 2009. International Plant Nutrition Institute, Brookings, SD. p.55-63, 2009.
- BOTT, S.; TEFAMARIAM, T.; CANDAN, H.; CAKMAK, I.; ROEMHELD, V.; NEUMANN, G. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Plant and Soil**, v.312, p.185-194, 2008. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9760-8>
- BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. In: **Tecnologia e produção: Soja e Milho 2011/2012**. Fundação MS, Maracaju/MS, 2011.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.07.001>
- EKER, S.; OZTURK, L.; YAZICI, A.; ERENOGLU, B.; ROEMHELD, V.; CAKMAK, I. Foliar applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p.10019-10025, 2006. <https://doi.org/10.1021/jf0625196>

- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 353 p.2013.
- ENDERSON, J.T.; MALLARINO, A.P.; HAQ, M.U. Soybean yield response to foliar-applied micronutrients and relationships among soil and tissue tests. **Agronomy Journal**, v.107, p.2143-2161, 2015. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0536>
- FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Micronutrient deficiency problems in South America. In: ALLOWAY, B.J. (Eds.). **Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production**. Springer, Dordrecht, p.24-266. 2008.
- FERNANDO, D.R.; LYNCH, J.P. Manganese phytotoxicity: new light on an old problem. **Annals of Botany**, v.116, p.313-319, 2015. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv111>
- FERREIRA, D. F. **Sisvar**: um sistema de análise estatística computacional. Lavras, MG. 2011. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em: 15 mar. 2019.
- FRANZEN, D.W.; O'BARR, J.H.; ZOLLINGER, R.K. Interaction of a foliar application of iron HEDTA and three postemergence broadleaf herbicides with soybeans stressed from chlorosis. **Journal of Plant Nutrition**, v.26, p.2365-2374, 2003. <https://doi.org/10.1081/PLN-120025465>
- GORDON, B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybean. **Better Crops**, v.4, p.12-13, 2007.
- GRAHAM, M.J., NICKELL, C.D.; HOEFT, R.G. Effect of manganese deficiency on seed yield of soybean cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, p.1333-1340, 1994. <https://doi.org/10.1080/01904169409364809>
- HANSEN, N.C.; JOLLEY, V.D.; NAEVE, S.L.; GOOS, R.J. Iron deficiency of soybean in the North Central U.S. and associated soil properties. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.50, p.983-987, 2004. <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408564>
- JOLLEY, V.D.; HANSEN, N.C.; SHIFFLER, A.K. Nutritional and management related interactions with iron-deficiency stress response mechanisms. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.50, p.973-981, 2004. <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408563>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 319p. 1997.
- MUELLER, N.D.; RUIZ-DIAZ, D.A. Micronutrients as starter and foliar application for corn and soybean. In: SCHARF, P. (Ed), **Proceedings 41st North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference**, Des Moines, IA. 16-17 November. International. Plant Nutrition Institute, Brookings, SD. p.36-41, 2011.
- OZTURK, L.; YAZICI, A.; EKER, S.; GOKMEN, O.; ROEMHELD, V.; CAKMAK, I. Glyphosate inhibition of ferric reductase activity in iron deficient sunflower roots. **New Phytologist**, v.17, p.899-906, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02340.x>
- RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 142p. 1981.
- ROSOLEM, C.A.; ANDRADE, G.J.M.; LISBOA, I.P.; ZOCCA, S.M. Manganese uptake and redistribution in soybeans as affected by glyphosate. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1915-1922, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000600016>
- SFREDO, G.J. **Soja no Brasil**: calagem, adubação e nutrição mineral. Documento 305. Embrapa Soja, Londrina, 148p. 2008.
- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 416p. 2004.
- SUTRADHAR, A.K.; KAISER, D.E.; BEHNKEN, L.M. Soybean response to broadcast application of boron, chlorine, manganese, and zinc. **Agronomy Journal**, v.109, p.1048-1059, 2017. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.07.0389>
- ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR., R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JR., A. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate resistant soybean. **Plant and Soil**, v.328, p.57-69, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0081-3>