

MARCA DE ABSORÇÃO E ACÚMULO DE ZINCO, MANGANÊS, FERRO, COBRE E BORO EM SOJA COM TIPO DE CRESCIMENTO INDETERMINADO

OLIVEIRA JUNIOR, A. DE¹; CASTRO, C. DE¹; OLIVEIRA, F.A. DE¹; FOLONI, J.S.S.¹

¹Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina-PR, adilson.oliveira@embrapa.br

No Brasil, todas as práticas de manejo relacionadas à nutrição mineral da soja, desde a adubação de base até à adubação foliar foram definidas com base nos princípios metabólicos de cultivares de soja com Tipo de Crescimento Determinado (TCD). Contudo, têm aumentado a área cultivada com cultivares de soja com Tipo de Crescimento Indeterminado (TCI), que se caracterizam por apresentarem simultaneamente crescimento vegetativo e reprodutivo (CÂMARA, 1998). Entretanto, a inserção dessas cultivares no sistema de produção da soja não foi acompanhada de estudos da dinâmica nutricional e de crescimento desses genótipos, o que dificulta a tomada de decisão quanto à avaliação do estado nutricional. Outro fator de destaque é a importância dos micronutrientes em sistemas de produção tecnificados, exigindo o melhor refinamento do manejo da adubação. Assim, o objetivo do estudo foi determinar a marcha de absorção dos micronutrientes Zinco (Zn), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Boro (B) em cultivar de soja com TCI para obter os parâmetros relacionados às exigências nutricionais e definir o estágio fenológico para amostragem das folhas para diagnóstico nutricional.

Plantas de soja foram coletadas, nas safras 2010/2011 e 2011/2012, em experimento de longa duração para calibração da adubação potássica, em área com histórico de plantio direto, utilizando como padrão o tratamento que recebia anualmente 80 kg ha⁻¹ de K₂O. O experimento está instalado na área experimental da Embrapa Soja, em Londrina, PR, em Latossolo Vermelho distroférrico, com 780 g kg⁻¹ de argila e fertilidade adequada para o desenvolvimento da cultura da soja, com teor de K disponível de 0,40 cmol_c dm⁻³. Os teores disponíveis dos micronutrientes no solo (Mehlich-1) estavam em níveis adequados para o desenvolvimento da cultura, apresentando os seguintes valores: Zn, 6,0 mg dm⁻³; Mn, 110 mg dm⁻³; Fe, 68 mg dm⁻³; Cu, 16 mg dm⁻³ e B, 0,34 mg dm⁻³.

Nas duas safras, o experimento foi conduzido com a cultivar BRS 360RR (TCI), grupo

de maturidade 6.2, indicada para cultivo nas macrorregiões sojícolas 201; 202; 203 e 204 (CARNEIRO et al., 2013). Na safra 2010/11, a semeadura foi realizada em 02/11 em espaçamento de 0,50m entre as fileiras e 240 mil plantas ha⁻¹. Na safra 2011/12, a semeadura foi realizada em 01/11, mantendo-se o mesmo espaçamento e 300.000 plantas ha⁻¹. Nas duas safras, as sementes foram inoculadas e tratadas com fungicidas e inseticidas de acordo com TECNOLOGIAS...2013. A adubação de base foi restrita a aplicação anual de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para o acompanhamento da dinâmica de desenvolvimento das plantas, foram realizadas coletas de cinco plantas, nas quatro repetições do tratamento “dose de K = 80”. A primeira coleta ocorreu aos 20 dias após a emergência das plantas (DAE), as demais coletas realizadas a cada sete dias e a última coleta das plantas foi feita na maturação plena (R8). As plantas foram separadas em folhas, pecíolo, caule, vagens e grãos. Após as coletas, os materiais foram secos, pesados e determinados a concentração dos micronutrientes para posterior cálculo do acúmulo em cada parte da planta.

Os ajustes para determinação do acúmulo de nutrientes em função do tempo foi realizado com auxílio de modelos de regressão Sigmoidal ou Gaussiano, que permitem calcular o Ponto de Inflexão (PI) da curva. O PI representa o maior acúmulo diário do nutriente ou a maior taxa de absorção do nutriente, que na prática, indica o estágio fenológico mais indicado para realizar a amostragem de folhas.

Para o modelo Gaussiano com três parâmetros, a equação é:

$$\hat{y} = a e [-0,5(\frac{x-x_0}{b})^2],$$

sendo: \hat{y} = acúmulo de nutrientes; a = valor de máximo acúmulo; x_0 = valor de x , em DAE, que proporciona o máximo em \hat{y} ; e b = à amplitude no valor de x , em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo. Portanto, o PI é obtido pela diferença entre os valores de x_0 e b (PI = $x_0 - b$).

Já o modelo Sigmoidal com três parâmetros apresenta a seguinte equação genérica:

$$\hat{y} = \frac{a}{x-x_0},$$

sendo: \hat{y} = acúmulo de nutrientes; a = estimativa do acúmulo máximo de nutrientes; x = os dias de crescimento; b e x_0 são constantes de ajuste e x_0 corresponde ao valor do PI da curva, em dias após a emergência.

O ajuste dos modelos foi realizado para o acúmulo dos nutrientes nos grãos, nas folhas (trifólio + pecíolo), nos trifólios (limbo foliar) e para o acúmulo total. Com base nestes ajustes, foi possível definir os estádios para amostragem foliar, bem como a exigência nutricional e o potencial de exportação das cultivares de TCI.

Na Figura 1 encontram-se as curvas de acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) total e para cada parte das plantas, nas duas safras. A maior produtividade foi observada na safra 2010/2011, em função das condições climáticas terem sido mais adequadas, com 3300 kg ha⁻¹, quando comparada com a safra 2011/12, em que ocorreram veranicos, alcançando, ainda assim, 3000 kg ha⁻¹.

O acúmulo dos nutrientes nas folhas, nos trifólios, nos grãos e total é apresentado nas Figuras 2 e 3, e as estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados na Tabela 1. A ordem de absorção dos micronutrientes foi: Fe > Mn > Zn = B > Cu, com as quantidades médias totais: 628; 565; 237; 229 e 65 g ha⁻¹, respectivamente. A exportação nos grãos teve a seguinte ordem: Fe > Zn = Mn > B > Cu, com as quantidades médias de: 202; 170; 152; 100 e 45 g ha⁻¹, respectivamente.

Em relação às quantidades totais necessárias para a produção de uma tonelada de grãos (Tabela 2), não foram observadas grandes discrepâncias entre os valores definidos para a cultivar de TCI e os valores de referência (TECNOLOGIAS...2013), com exceção do Fe, que foi em torno de 43% inferior na soja de TCI.

Contudo, quando se compara os valores exportados via grãos, observa-se o ligeiro aumento nas quantidades exportadas de Zn (40 para 55 g ha⁻¹), de Mn (30 para 50 g ha⁻¹), de Cu (10 para 15 g ha⁻¹) e de B (20 para 30 g ha⁻¹), que são os principais micronutrientes aplicados via fertilizantes na cultura da soja (Tabela 2), indicando uma possível necessidade de ajuste da adubação com esses micronutrien-

tes em cultivares de soja de TCI.

O acúmulo de nutrientes nas folhas (trifólio+pecíolo) e nos trifólios seguiu a mesma dinâmica de absorção (Figuras 2 e 3), não havendo diferença nos valores do PI (Tabela 1), que indica o estágio fenológico mais indicado para realizar a amostragem de folhas. A estreita correlação (sinergia) entre as curvas de acúmulo dos micronutrientes nas folhas (trifólio+pecíolo) e nos trifólios indica que a coleta de folhas sem pecíolos reflete adequadamente o acúmulo de nutrientes, e consequentemente, o estado nutricional da planta.

O ponto de inflexão das curvas de acúmulo nas folhas (com ou sem pecíolo) variou entre 47 e 64 DAE, dependendo do nutriente e da safra, o que corresponde ao estágio fenológico R2-R3 (Tabela 1). O máximo acúmulo diário (PI) nos grãos ocorreu em média aos 91 DAE, correspondendo ao estágio R5.3 (Tabela 1), ao passo que para o acúmulo total, o PI ocorre entre os estádios R3-R4, sendo, portanto, as fases de maior demanda nutricional das plantas.

Portanto, conclui-se que a amostragem para diagnose foliar em cultivar com TCI deve ser realizada no estágio R2, desde que a planta possua entre 8 e 10 nós desenvolvidos (V8-V10/R2), independentemente da coleta ser realizada com ou sem pecíolo. A quantidade total dos micronutrientes necessárias para a produção de 1000 kg de grãos não varia significativamente quando comparado com os valores de referências já publicados. Contudo, o padrão nutricional dos grãos de soja TCI apresenta concentrações mais elevadas de Zn, Mn, Cu e B.

Referências

- CÂMARA, G.M. de S. Fenologia da Soja. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.2, 1998.
- CARNEIRO, G.E. de S.; PIPOLO, A.E.; MELO, C.L.P. de; LIMA, D. de; MIRANDA, L.C.; PETEK, M.R.; BORGES, R. de S.; GOMIDE, F.B.; DALBOSCO, M.; DENGLER, R.U. **Cultivares de soja: macrorregiões 1, 2, e 3 Centro-Sul do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 55 p. (Embrapa Soja. Catálogo, 04).
- TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – REGIÃO CENTRAL DO BRASIL 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16).

Tabela 1. Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo dos micronutrientes em função do tempo e os respectivos valores do ponto de inflexão (PI)

Parte da Planta ⁽¹⁾	Safrá	Estimativa dos parâmetros do modelo			PI ⁽⁵⁾	Estádio PI	R ²
		a ⁽²⁾ --- g ha ⁻¹ ---	x ₀ ⁽³⁾ -----Dias após a emergência-----	b ⁽⁴⁾			
-----Zinco-----							
Folhas	2010/2011	104,5	72,6	21,3	51	R2	0,99
	2011/2012	101,0	79,4	18,6	61	R2	0,92
Trifólios	2010/2011	94,0	72,8	21,0	52	R2	0,98
	2011/2012	90,4	79,4	18,4	61	R2	0,91
Grãos	2010/2011	165,2	87,0	2,7	87	R5.3	0,99
	2011/2012	174,6	95,5	4,4	96	R5.5	0,99
Total	2010/2011	250,4	98,8	29,2	70	R4	0,99
	2011/2012	223,8	102,9	28,2	75	R4	0,99
-----Manganês-----							
Folhas	2010/2011	357,1	73,1	23,0	50	R2	0,97
	2011/2012	363,9	79,5	19,9	60	R2	0,94
Trifólios	2010/2011	319,9	72,7	22,9	50	R2	0,97
	2011/2012	321,4	78,6	20,2	58	R2	0,93
Grãos	2010/2011	137,7	84,0	2,1	84	R5.3	0,97
	2011/2012	165,9	94,6	4,9	95	R5.5	0,99
Total	2010/2011	558,5	86,9	27,1	60	R2	0,97
	2011/2012	571,0	92,3	25,2	67	R3	0,98
-----Ferro-----							
Folhas	2010/2011	339,1	73,4	23,1	50	R2	0,95
	2011/2012	462,4	80,9	18,8	62	R2	0,93
Trifólios	2010/2011	307,1	73,7	22,4	51	R2	0,95
	2011/2012	397,8	80,4	18,9	62	R2	0,92
Grãos	2010/2011	170,6	88,2	4,9	88	R5.3	0,99
	2011/2012	233,1	95,0	4,4	95	R5.5	0,99
Total	2010/2011	592,3	88,7	28,5	60	R2	0,96
	2011/2012	663,4	90,8	25,7	65	R3	0,98
-----Cobre-----							
Folhas	2010/2011	14,4	71,8	24,4	47	R1	0,91
	2011/2012	18,4	81,0	17,4	64	R3	0,93
Trifólios	2010/2011	12,9	71,9	23,5	48	R1	0,93
	2011/2012	15,7	81,2	17,6	64	R3	0,92
Grãos	2010/2011	47,5	89,4	4,3	89	R5.3	0,99
	2011/2012	43,2	95,2	4,3	95	R5.5	0,99
Total	2010/2011	70,4	108,2	29,7	78	R5.1	0,97
	2011/2012	59,4	104,8	25,6	79	R5.1	0,99
-----Boro-----							
Folhas	2010/2011	85,4	76,0	22,8	53	R2	0,97
	2011/2012	104,4	82,4	19,2	63	R3	0,93
Trifólios	2010/2011	70,1	75,0	22,2	53	R2	0,97
	2011/2012	87,6	82,0	19,4	63	R3	0,92
Grãos	2010/2011	107,0	86,7	4,4	87	R5.3	0,99
	2011/2012	94,4	93,8	4,5	94	R5.5	0,99
Total	2010/2011	236,4	99,4	27,5	72	R4	0,98
	2011/2012	222,2	98,7	24,0	75	R4	0,98

(¹) Modelo Gaussiano: Folhas, Trifólios e Total; Modelo Sigmoidal: Grãos. (²) valor de máximo acúmulo do nutriente; (³) corresponde ao DAE que proporciona o máximo de acúmulo; (⁴) constante de ajustamento; (⁵) ponto de inflexão; ** significativo a 1% pelo teste t.

Tabela 2. Quantidades de Zn, Mn, Fe, Cu e B absorvida e exportada pela cultivar de soja BRS-360RR. Média das duas safras de avaliação

Parte da Planta	Zn	Mn	Fe	Cu	B
	g / t de grãos				
Grãos	55	50	65	15	30
Restos Culturais	20	130	135	5	45
Total	75	180	200	20	75
% exportada	72	28	33	75	40

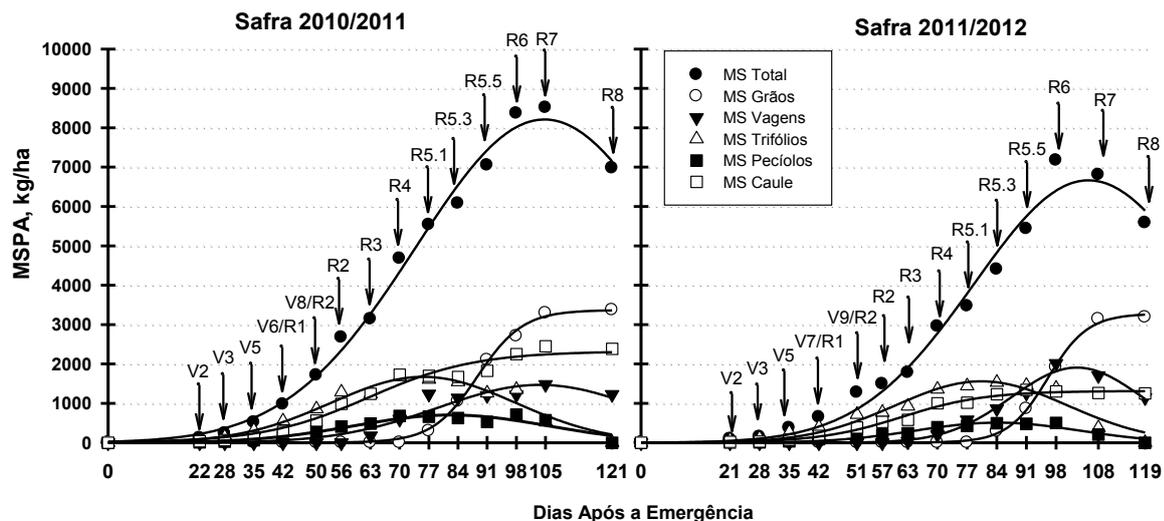


Figura 1. Acúmulo de Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), nas safras 2010/2011 e 2011/2012.

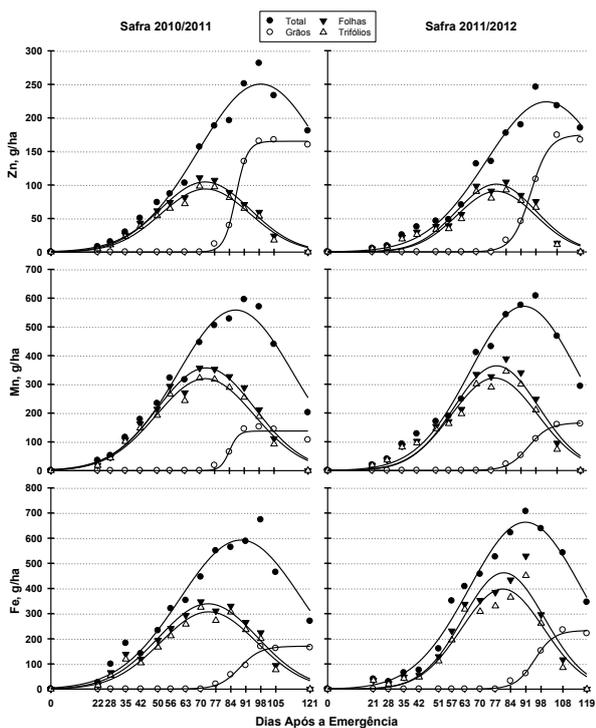


Figura 2. Acúmulo de Zinco, de Manganês e de Ferro. Safras 2010/2011 e 2011/2012

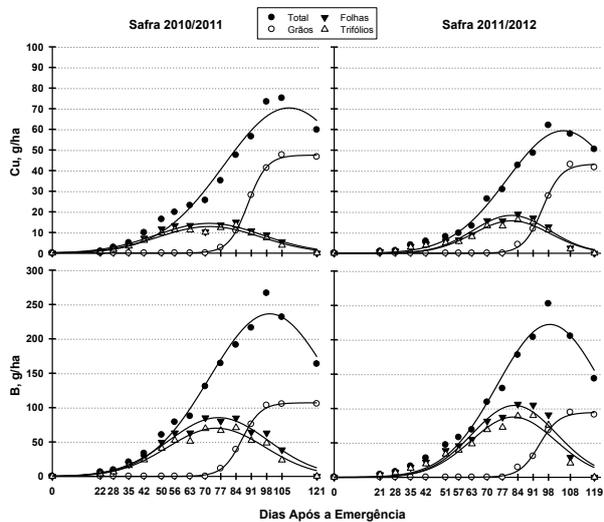


Figura 3. Acúmulo de Cobre e de Boro. Safras 2010/2011 e 2011/2012