

MARCA DE ABSORÇÃO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES 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 em cultivares 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 formação de flores, vagens e grãos (CÂMARA, 1998). Entretanto, a inserção dessas cultivares no sistema de produção não foi acompanhada de estudos da dinâmica nutricional e de crescimento desses genótipos, bem como da taxa e o ponto de inflexão para o acúmulo de nutrientes, o que dificulta a interpretação adequada da análise foliar e a posterior tomada de decisão para correção dos desequilíbrios nutricionais. Assim, o objetivo do estudo foi determinar a marcha de absorção dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em cultivar de soja com TCI para obter os parâmetros relacionados às exigências nutricionais, bem como definir o estágio fenológico para amostragem das folhas para diagnose nutricional.

Plantas de soja foram coletadas, nas safras 2010/2011 e 2011/2012, em experimento de longa duração para calibração da adubação potássica, 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_cdm⁻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 mes-

mo 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) e, em função da fertilidade e dos teores de potássio no solo, a adubação de base foi restrita a aplicação 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 macronutrientes para posterior cálculo do acúmulo de nutrientes 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:

$$\hat{y} = \frac{\text{---}}{\text{---}},$$

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. A maior produtividade foi observada na safra 2010/2011, em função das condições climáticas mais adequadas, com 3300 kg ha⁻¹, quando comparada com a safra 2011/12, em que ocorreram veranicos, alcançando 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 nutrientes foi: N > K > Ca > Mg > P > S, com as quantidades totais: 250; 105; 50; 32; 22,5 e 14 kg ha⁻¹, respectivamente. A exportação nos grãos seguiu a seguinte ordem: N > K > P > Ca = S = Mg, com as quantidades médias de: 200; 60; 18; 10; 9,4 e 8,8 kg ha⁻¹, respectivamente.

Na Tabela 2 são apresentadas as quantidades de macronutrientes necessárias para a produção de uma tonelada de grãos. Ao compararmos as quantidades totais de nutrientes para a produção de 1000 kg de grãos (exigência nutricional) obtidas para a cultivar de soja de TCI, com os valores de referência descritos nas Tecnologias de Produção de Soja (TECNOLOGIAS..., 2013), obtidos com soja de TCD, não são observadas grandes variações, com exceção do enxofre, 30% inferior na soja de TCI.

Fazendo-se a mesma comparação para os valores exportados via grãos, observa-se aumento nas quantidades exportadas de N, de P e de K (Tabela 2), sendo que para o N, o incremento foi de 30% (de 50 para 65 kg/t de grãos), para o P, de 32% (de 4,4 para 5,8 kg/t grãos) e, para o K, de 21% (16,5 para 20 kg / t grãos). Estas observações indicam a necessidade de especial atenção para o ajuste da adubação com P e K em cultivares de soja de TCI, já que o N provém da fixação biológica.

Além disso, os maiores percentuais exportados de N (80%), P (80%), K (58 %) e S (66 %), evidenciam que os grãos se tornaram fortes drenos para a translocação desses nutrientes, reforçando a necessidade de melhorar o manejo nutricional da cultura.

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. Entretanto, observa-se que para o K, Ca e Mg, houve maior diferença entre as curvas de acúmulos quando se considerou a amostragem na folhas, (trifólio + pecíolo), uma vez que a há maior concentração destes nutrientes nos pecíolos.

Por outro lado, a alta correlação entre as curvas de acúmulo nas folhas (trifólio+pecíolo) e nos trifólios indica que a coleta de folhas sem pecíolos reflete adequadamente o acúmulo de nutrientes, e conseqüentemente, o estado nutricional da planta.

O ponto de inflexão das curvas de acúmulo nas folhas (com ou sem pecíolo) variou entre 49 e 65 DAE, dependendo do nutriente e da safra, o que corresponde ao estágio fenológico R2-R3 (Tabela 1). Como a dinâmica de desenvolvimento da soja com TCI pode dificultar a identificação do estágio R2¹ é recomendável que a amostragem de folhas seja realizada também com base no estágio vegetativo (V8-V10).

O máximo acúmulo diário (PI) nos grãos ocorreu em média aos 90 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.

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. Na coleta de folhas com pecíolo é essencial que seja utilizado uma tabela de interpretação de análise específica para este tipo de amostragem, para não incorrer em equívocos na avaliação do estado nutricional da planta.

Além disso, a quantidade total dos macronutrientes necessárias para a produção de 1000

¹ Florescimento pleno: Uma flor aberta num dos 2 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida.

kg de grãos não varia significativamente quando comparado com os valores de referências já publicados. O padrão nutricional dos grãos de soja TCI apresenta concentrações mais elevadas de N, P e K, gerando a necessidade de ajustes nas adubações de manutenção com P e K. Por fim, a maior taxa de acúmulo de nutrientes pela planta ou nos grãos ocorre, respectivamente, nos estádios R3-R4 e R5.3.

Referências

CÂMARA, G.M. de S. Fenologia da Soja. **Informações Agronômicas**, 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).

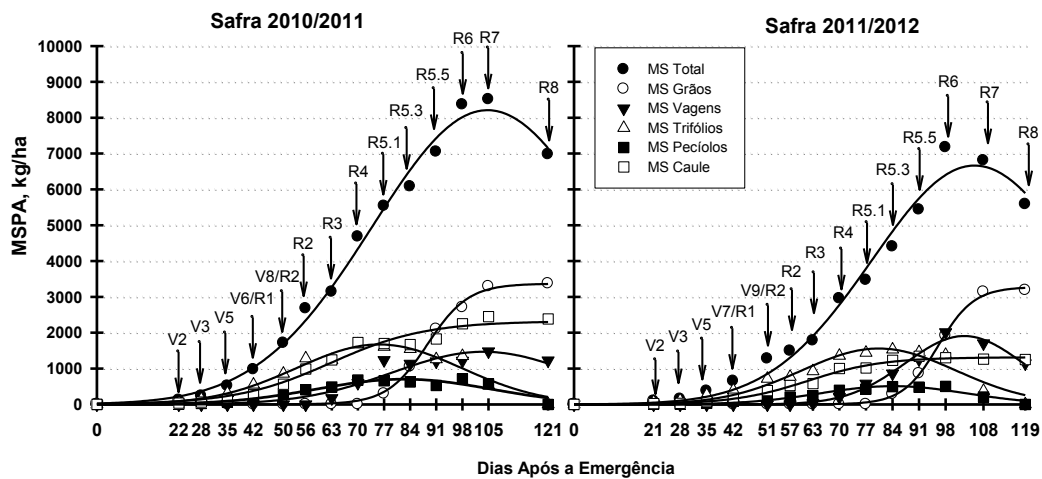


Figura 1. Acúmulo de Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), nas safras 2010/2011 e 2011/2012.

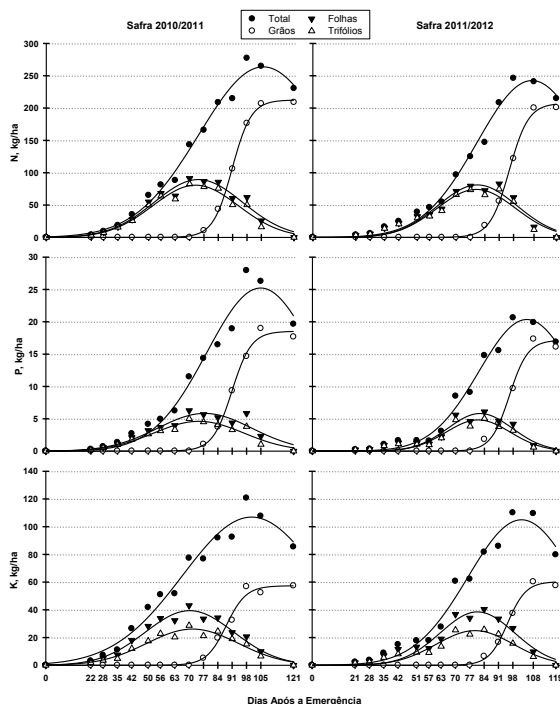


Figura 2. Acúmulo de Nitrogênio, de Fósforo e de Potássio. Safras 2010/2011 e 2011/2012.

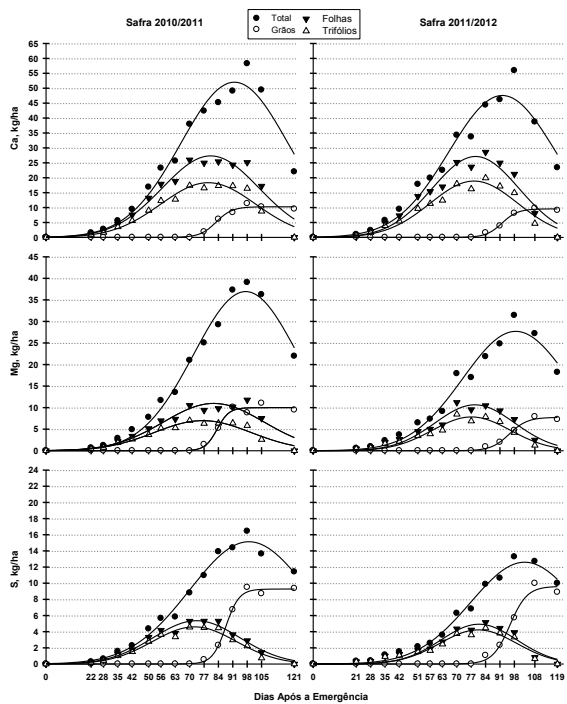


Figura 3. Acúmulo de Cálcio, de Magnésio e de Enxofre. Safras 2010/2011 e 2011/2012.

Tabela 1. Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de macronutrientes 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⁾ ---kg ha ⁻¹ ---	x ₀ ⁽³⁾ -----Dias após a emergência-----	b ⁽⁴⁾			
<i>Nitrogênio</i>							
Folhas	2010/2011	89,4**	74,3**	21,6**	53	R2	0,96
	2011/2012	81,2**	80,4**	19,3**	61	R2	0,93
Trifólios	2010/2011	80,7**	72,9**	20,9**	52	R2	0,96
	2011/2012	74,2**	79,8**	19,2**	61	R2	0,92
Grãos	2010/2011	212,5**	90,8**	4,6**	91	R5.5	0,99
	2011/2012	207,6**	95,9**	4,7**	96	R5.5	0,99
Total	2010/2011	263,7**	106,0**	31,3**	75	R4	0,99
	2011/2012	242,6**	107,1**	26,8**	80	R5.1	0,99
<i>Fósforo</i>							
Folhas	2010/2011	5,8**	77,6**	23,1**	55	R2	0,90
	2011/2012	5,8**	81,9**	15,8**	66	R3	0,91
Trifólios	2010/2011	4,6**	74,7**	22,0**	53	R2	0,93
	2011/2012	4,8**	81,0**	15,7**	65	R3	0,90
Grãos	2010/2011	18,5**	90,9**	4,7**	91	R5.5	0,99
	2011/2012	17,2**	96,2**	4,5**	96	R5.5	0,99
Total	2010/2011	25,2**	104,9**	26,2**	79	R5.1	0,97
	2011/2012	20,3**	104,7**	23,3**	81	R5.1	0,99
<i>Potássio</i>							
Folhas	2010/2011	39,4**	70,2**	21,6**	49	R2	0,96
	2011/2012	38,5**	80,7**	18,2**	63	R3	0,92
Trifólios	2010/2011	26,1**	71,7**	22,4**	49	R2	0,95
	2011/2012	25,0**	79,5**	18,9**	61	R2	0,92
Grãos	2010/2011	57,4**	88,1**	4,8**	88	R5.5	0,99
	2011/2012	60,3**	95,4**	4,5**	95	R5.5	0,99
Total	2010/2011	106,9**	100,5**	33,7**	67	R3	0,97
	2011/2012	105,0**	102,3**	26,1**	76	R4	0,98
<i>Cálcio</i>							
Folhas	2010/2011	27,3**	80,2**	23,6**	57	R2	0,95
	2011/2012	27,1**	79,1**	21,1**	58	R2	0,95
Trifólios	2010/2011	18,3**	79,0**	23,2**	56	R2	0,95
	2011/2012	18,9**	78,4**	21,3**	57	R2	0,94
Grãos	2010/2011	10,3**	82,9**	3,9**	83	R5.3	0,99
	2011/2012	9,6**	92,0**	3,8**	92	R5.3	0,99
Total	2010/2011	52,0**	91,8**	26,1**	66	R3	0,97
	2011/2012	47,6**	92,2**	25,9**	66	R3	0,96
<i>Magnésio</i>							
Folhas	2010/2011	10,9**	81,7**	24,5**	57	R2	0,91
	2011/2012	10,7**	78,8**	19,4**	59	R2	0,94
Trifólios	2010/2011	7,0**	76,3**	23,6**	53	R2	0,95
	2011/2012	7,8**	77,1**	19,0**	58	R2	0,93
Grãos	2010/2011	9,9**	83,4**	2,9**	83	R5.3	0,99
	2011/2012	7,7**	95,6**	4,4**	96	R5.5	0,99
Total	2010/2011	36,9**	97,3**	25,3**	72	R4	0,99
	2011/2012	27,7**	98,7**	25,8**	73	R4	0,97
<i>Enxofre</i>							
Folhas	2010/2011	5,4**	73,3**	21,2**	52	R2	0,97
	2011/2012	4,9**	80,8**	18,5**	62	R2	0,92
Trifólios	2010/2011	4,6**	72,3**	20,4**	52	R2	0,96
	2011/2012	4,2**	80,4**	18,7**	62	R2	0,92
Grãos	2010/2011	9,3**	87,6**	3,2**	88	R5.3	0,99
	2011/2012	9,6**	95,8**	4,2**	96	R5.5	0,99
Total	2010/2011	15,1**	98,9**	28,8**	70	R4	0,99
	2011/2012	12,6**	103,0**	26,3**	77	R5.1	0,99

(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 N, P, K, Ca, Mg e S absorvida e exportada pela cultivar de soja BRS360RR. Média das duas safras

Parte da Planta	N	P	K	Ca	Mg	S
			kg / t de grãos			
Grãos	65	5,8 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	3,2	2,8	3,0
Restos Culturais	17	1,5	14	12,8	7,2	1,5
Total	82	7,3	34	16,0	10,0	4,5
% exportada	80	80	58	20	28	66

os valores correspondem à 13 kg/ha de P₂O₅ e 25 kg/ha de K₂O exportados em cada tonelada de grãos produzida