

MARCHA DE ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES POR CULTIVARES DE SOJA COM TECNOLOGIA RR® E INTACTA®

QUAREZEMIN, M.A.K.^{1*}; TRIGOLO, A.L.M.^{2*}; SILVA, R.P.C.³; CASTRO, C. de⁴; OLIVEIRA, F.A. de⁴; FOLONI, J.S.S.⁴; OLIVEIRA JUNIOR, A. de⁴

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Londrina, PR, melinakaizerutfpr@gmail.com; ² Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR; ³Eng. Agrônomo; ⁴Embrapa Soja, Londrina-PR.* Bolsista PIBIC-CNPq/Brasil

No Brasil, 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 fenológicos e metabólicos de cultivares de soja com Tipo de Crescimento Determinado (TCD), estando estas práticas/indicações muito bem estabelecidas, fundamentadas e validadas (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2014). Entretanto, a partir de 2000 ocorreu um significativo aumento da área cultivada com variedades de soja com Tipo de Crescimento Indeterminado (TCI), que se caracterizam por apresentarem simultaneamente crescimento vegetativo e reprodutivo (CÂMARA, 1998). Associado ao tipo de crescimento, essas variedades apresentavam na maioria dos casos a inserção do gene com a Tecnologia Roundup Ready (RR®) e, mais recentemente, a tecnologia Intacta® (BtRR2).

Dessa forma, o aumento do cultivo dessas variedades trata-se de uma importante mudança no sistema de produção da soja. Todavia, são poucos os trabalhos na literatura que aborda sobre os aspectos nutricionais dessas variedades, principalmente quanto à dinâmica de acúmulo e as quantidades absorvidas dos micronutrientes. Assim, o objetivo do estudo foi determinar a marcha de absorção de zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cobre (Cu) e boro (B) por três cultivares de soja com TCI, sendo duas RR® e uma Intacta® visando obter os parâmetros relacionados à exigência nutricional e potencial de exportação dos micronutrientes por estes materiais.

O experimento foi conduzido na safra 2013/2014, na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina, PR. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, com 780 g kg⁻¹ de argila e fertilidade adequada para o desenvolvimento da cultura da soja segundo os resultados da análise, na camada 0-20 cm: pH_{CaCl2} = 5,3; Al³⁺ = 0,0 cmol/dm³; K = 0,65 cmol/dm³; P = 7,9 mg/dm³; C = 11,9 g/dm³ e V = 65%. Os teores disponíveis dos micronutrientes no solo eram os seguintes: Zn, 6,5 mg/dm³; Mn, 250 mg/dm³; Cu, 20,5 mg/dm³; Fe, 55 mg/dm³ e B, 0,45 mg/dm³.

As cultivares BRS-378RR (GMR 5.3), Syn 1059 RR (V-TopRR, GMR 5.9) e DM 6563 Ipro (GMR 6.3) foram semeadas no dia 20 de Outubro de 2013, em faixas de 50 metros com 8 linhas espaçadas de 0,50 cm (200 m² / cultivar). Esses materiais apresentam TCI, ciclos distintos, sendo duas com a tecnologia RR® e uma com a tecnologia Intacta®.

Para avaliar a extração e acúmulo de nutrientes foram realizadas 12 coletas de plantas, na área durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. Até a 8ª amostragem eram coletadas as plantas de um metro linear, aleatoriamente na faixa de cultivo. A partir da 9ª amostragem, optou-se por coletar 10 plantas em sequência de cada cultivar, visando diminuir o volume de material analisado. Após cada coleta era feita a separação em folhas, pecíolos, hastes e quando existentes, vagens e grãos, seguidos de pesagem e determinação da concentração de nutrientes nas amostras.

Foram ajustados modelos de regressão para o acúmulo de cada micronutriente nas folhas, nos grãos e total em função do tempo, e a partir dessas equações foi possível estimar as quantidades absorvidas e exportadas por cada cultivar. Os modelos que melhor se ajustaram ao acúmulo de Zn, Mn, Cu e B nas folhas e total foram o Gaussiano ou o Lorentziano. Especificamente para o acúmulo total de Fe para a cv. BRS-378RR, o modelo ajustado foi o Weibull. Já para os grãos, o modelo ajustado foi o Sigmoidal. Os ajustes foram feito com o software SigmaPlot® e as equações dos modelos estão descritas em OLIVEIRA JUNIOR et al., (2014).

Na Figura 1 estão apresentadas as curvas de acúmulo de Massa Seca Total (MST) e de Grãos das três cultivares. A cv. BRS-378 RR obteve produtividade de grãos próxima a

3000 kg/ha e MST de aproximadamente 8000 kg/ha no ponto de máximo acúmulo, com ciclo de 106 dias, caracterizando-se com um material precoce quando cultivado na Macrorregião Sojícola 2 (MRS-2). Para a BRS-378RR o potencial produtivo foi comprometido pelo déficit hídrico durante parte do florescimento, ocorrido em dezembro de 2013. A cv. V-TopRR, com ciclo de 120 dias alcançou produtividade de 4000 kg/ha e MST de 12 t/ha enquanto, a cv. DM 6563 Ipro, também com ciclo de 120 dias e apesar do maior GMR (grupo de maturação relativa) obteve produtividade de 3000 kg/ha e MST de 7000 kg/ha. A diferença entre as produtividades das cultivares está diretamente associada ao ciclo de cada uma, isso porque, em fevereiro de 2014 ocorreu um longo período sob déficit hídrico e a cv. DM 6563 Ipro acabou tendo tanto o ciclo quanto a produtividade reduzida pela falta de água disponível no solo.

As equações ajustadas para o acúmulo dos micronutrientes nas folhas, nos grãos e total, para as cultivares, estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Em todas as cultivares, a ordem de acúmulo total foi: Fe > Mn > Zn = B > Cu. Para as quantidades exportadas, a ordem foi: Fe > Zn = Mn = B > Cu. A magnitude nos valores acumulados variou com a produtividade das cultivares, uma vez que, a cv. V-TopRR foi a que apresentou maior rendimento de grãos, consequentemente a maior extração e maior exportação de nutrientes. Este comportamento evidencia a importância do adequado manejo nutricional para a obtenção de altas produtividades. Entretanto, considerando a extração e exportação por tonelada de grãos (Tabela 3), os valores foram semelhantes entre as cultivares, indicando que materiais de ciclo precoce aparentemente não são mais exigentes em termos nutricionais. O mais importante para cultivares de ciclo precoce é a adequada distribuição hídrica de forma a permitir a absorção dos nutrientes num período menor que o disponível para as cultivares de ciclo dito normal.

O estágio para amostragem de folhas, caracterizado pelo ponto de inflexão da curva (Tabelas 1 e 2), variou principalmente em função do ciclo das cultivares, mas a amostragem no estágio R2-R3 é adequada para a maioria dos micronutrientes.

Com base nos resultados pode-se concluir:

- A exigência nutricional das cultivares de soja, em relação aos micronutrientes, está muito mais relacionada ao potencial produtivo, do que outras características como ciclo ou à tecnologia inserida via transgenia.

Referências

CÂMARA, G.M. de S. Fenologia da Soja. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.2, Junho/1998.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; FOLONI, J. S. S. Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado. In: **REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA**, 34., 2014, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 133-136.

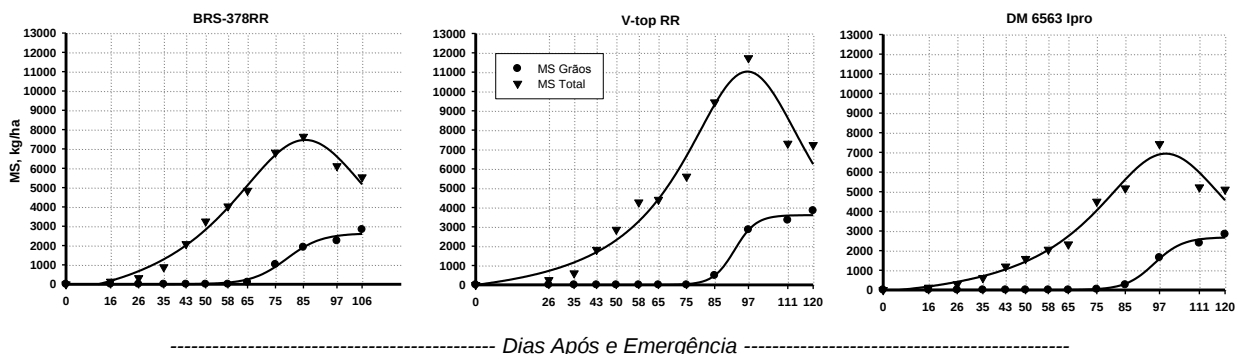


Figura 1. Acúmulo de Matéria Seca Total e de Grãos (kg/ha) nas três cultivares avaliadas. Londrina, PR. Safra 2013/2014.

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

Cultivar	Parte da Planta	Modelo Matemático	Estimativa dos parâmetros do modelo				PI ⁽⁵⁾	Estádio PI	R ²
			y ₀ ou c ⁽¹⁾	a ⁽²⁾	x ₀ ⁽³⁾	b ⁽⁴⁾			
			-----kg ha ⁻¹ -----	---Dias após a emergência---					
----- Zinco -----									
BRS-378RR	Folha	Gaussiano	----	124,0	62,7	19,4	43	R3	0,98
	Grãos	Sigmoidal	----	117,7	79,1	5,97	79	R5.5	0,99
	Total	Gaussiano	----	210,8	80,3	28,0	52	R4	0,99
V-TopRR	Folha	Gaussiano	----	182,1	78,7	20,2	59	R2	0,92
	Grãos	Sigmoidal	----	140,0	90,6	3,29	91	R5.3	0,99
	Total	Lorentziano	-28,0	365,6	91,0	26,3	65	R4	0,97
DM 6563 Ipro	Folha	Gaussiano	----	93,4	77,5	23,6	54	R2	0,91
	Grãos	Sigmoidal	----	108,5	93,9	4,24	94	R5.3	0,99
	Total	Lorentziano	-19,5	233,4	94,2	29,1	65	R4	0,98
----- Manganês -----									
BRS-378RR	Folha	Gaussiano	----	386,9	68,8	22,5	46	R3	0,98
	Grãos	Sigmoidal	----	200,0	89,8	7,83	90	R6	0,94
	Total	Gaussiano	----	600,0	78,9	26,0	53	R4	0,97
V-TopRR	Folha	Gaussiano	-----	607,3	83,2	20,2	63	R3	0,87
	Grãos	Sigmoidal	-----	133,8	85,6	5,00	86	R5.3	0,98
	Total	Lorentziano	-3,8	1059,4	89,1	17,3	72	R4	0,96
DM 6563 Ipro	Folha	Lorentziano	----	452,5	80,9	23,3	58	R3	0,90
	Grãos	Sigmoidal	----	95,7	87,9	5,10	88	R5.3	0,93
	Total	Lorentziano	-28,5	961,7	88,0	20,3	68	R4	0,98
----- Ferro -----									
BRS-378RR	Folha	Gaussiano		650,1	78,0	25,3	53	R4	0,95
	Grãos	Sigmoidal	----	170,0	74,6	3,22	75	R5.5	0,99
	Total	Weibull	6,96	1102,9	81,5	121,1	61	R3	0,97
V-TopRR	Folha	Lorentziano	----	2001,4	97,0	19,5	78	R5.1	0,65
	Grãos	Sigmoidal	----	250,0	90,0	5,24	90	R5.3	0,93
	Total	Lorentziano		2763,8	97,0	17,5	80	R5.1	0,79
DM 6563 Ipro	Folha	Lorentziano	----	2105,2	94,8	13,2	82	R5.1	0,89
	Grãos	Sigmoidal	----	143,3	90,7	3,15	91	R5.3	0,99
	Total	Lorentziano	----	2701,0	94,0	15,9	78	R5.1	0,93

⁽¹⁾ y₀: Parâmetro do Modelo Lorentziano; c: Parâmetro do Modelo Weibull; ⁽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.

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de Cobre e Boro, em função do tempo e os respectivos valores do ponto de inflexão (PI).

Cultivar	Parte da Planta	Modelo Matemático	Estimativa dos parâmetros do modelo				PI ⁽⁴⁾	Estádio PI	R ²
			y ₀	a ⁽¹⁾	x ₀ ⁽²⁾	b ⁽³⁾			
			-----kg ha ⁻¹ -----	---Dias após a emergência---					
-----Cobre-----									
BRS-378RR	Folha	Gaussiano	----	16,9	62,7	20,0	43	R2	0,93
	Grãos	Sigmoidal	----	23,7	75,9	3,84	76	R5.5	0,99
	Total	Gaussiano	----	45,4	84,1	26,4	58	R5.1	0,97
V-TopRR	Folha	Gaussiano	----	36,0	79,2	19,6	60	R3	0,82
	Grãos	Sigmoidal	----	36,7	89,7	2,58	90	R5.3	0,99
	Total	Gaussiano	----	90,0	94,9	25,2	70	R4	0,88
DM 6563 Ipro	Folha	Gaussiano	----	14,7	82,1	19,7	62	R3	0,79
	Grãos	Sigmoidal	----	24,7	94,3	4,07	94	R5.3	0,99
	Total	Gaussiano	----	38,6	99,8	25,6	74	R5.1	0,96
-----Boro-----									
BRS-378RR	Folha	Gaussiano	----	80,0	67,7	20,1	47	R3	0,98
	Grãos	Sigmoidal	----	78,3	75,5	3,87	76	R5.5	0,99
	Total	Gaussiano	----	225,0	84,1	22,9	61	R5.3	0,98
V-TopRR	Folha	Gaussiano	----	125,0	78,1	22,8	55	R2	0,92
	Grãos	Sigmoidal	----	123,8	89,7	4,35	78	R5.1	0,99
	Total	Gaussiano	----	375,0	96,5	25,0	72	R4	0,93
DM 6563 Ipro	Folha	Lorentziano	-4,81	99,0	85,7	22,9	63	R3	0,90
	Grãos	Sigmoidal	----	73,2	93,2	3,99	93	R5.3	0,99
	Total	Lorentziano	-9,47	225,0	98,2	25,9	72	R5.1	0,98

⁽¹⁾ valor de máximo acúmulo do nutriente; ⁽²⁾ corresponde ao DAE que proporciona o máximo de acúmulo; ⁽³⁾ constante de ajustamento; ⁽⁴⁾ ponto de inflexão.

Tabela 3. Quantidades absorvidas e exportadas dos micronutrientes por três cultivares de soja

Cultivar ¹	Parte da Planta	Zn	Mn	Fe	Cu	B
----- g/t de grãos -----						
BRS-378RR	Grãos	39	67	57	8	26
	Restos Culturais	31	133	311	7	49
	Total	70	200	368	15	75
	% Exportada	0,56	0,33	0,15	0,52	0,35
V-TopRR	Grãos	34	33	61	9	30
	Restos Culturais	55	226	613	13	61
	Total	89	258	674	22	91
	% Exportada	0,38	0,13	0,09	0,41	0,33
DM 6563 Ipro	Grãos	36	32	48	8	24
	Restos Culturais	42	289	853	5	51
	Total	78	321	900	13	75
	% Exportada	0,46	0,10	0,05	0,64	0,33

¹ Produtividades consideradas nos cálculos: 3000 kg/ha para as cvs. BRS-378RR e DM 6563Ipro e 4000 kg/ha para V-TopRR.