

Deficiências de macronutrientes em plantas de soja cv. BRSMG 68 (Vencedora) cultivada em solução nutritiva

Renato de Mello Prado^{1*}, Claudenir Facincani Franco², Aline Peregrina Puga³

¹Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, SP, Brasil

*Autor correspondente, e-mail: rmprado@fcav.unesp.br

²Doutorando em Produção Vegetal, Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil

³Mestranda em Ciência do Solo, Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil

Resumo

A soja é uma cultura de grande importância para o Brasil, e o conhecimento de seu estado nutricional adequado possibilita produções elevadas e produtos de qualidade. Deste modo, o presente trabalho objetivou avaliar plantas de soja cv. BRSMG 68 (Vencedora), submetidas à omissão de macronutrientes no desenvolvimento, estado nutricional e a sintomatologia visual de deficiência. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos que corresponderam à solução nutritiva de Hoagland completa (macro e micronutrientes) e a omissão individual de N, P, K, Ca, Mg e S. Os tratamentos foram aplicados duas semanas após a emergência da soja. A solução nutritiva foi oxigenada constantemente e substituída semanalmente, tendo o pH monitorado diariamente mantendo-se ao redor de 5. Após seis semanas da aplicação dos tratamentos, avaliou-se a altura das plantas, o número de folhas, o diâmetro de caule, a matéria seca acumulada nas raízes, parte aérea e o estado nutricional e a caracterização dos sintomas visuais. A deficiência de macronutrientes promoveu decréscimo da produção de matéria seca de raiz e da parte aérea da soja cultivar BRSMG 68 (Vencedora) em solução nutritiva, em relação ao tratamento completo. Os nutrientes mais limitantes a produção de matéria seca das plantas de soja comparado ao tratamento completo foram N, S e K, com decréscimos de 90, 76 e 73%, respectivamente. As omissões individuais resultaram em alterações morfológicas, que foram traduzidas por sintomas visuais característicos da deficiência nutricional do respectivo nutriente.

Palavras-chave: *Glycine max*, nutrição mineral, omissão de nutrientes.

Macronutrient deficiencies in soybean cv. BRSMG 68 (Vencedora) cultivated in nutritive solution

Abstract

Soybean is a crop of great importance for Brazil, and knowledge of their nutritional status allows production and high quality products. Thus, the present work aimed to evaluate the culture of the soybean cv. BRSMG 68 (Vencedora), submitted to macronutrients omission on the development, nutritional status and the visual symptomatology of nutrient deficiency. The design used was completely randomized, with seven treatments that corresponded to the complete (macro and micronutrients) solution and the individual omission of N, P, K, Ca, Mg and S. The treatments were applied two weeks after the emergency of the soybean. The nutrient solution was constantly oxygenated and replaced weekly, and the pH monitored daily remained around 5. After six weeks of application of the treatments, the height of the plants, number of leaves, stem diameter was evaluated, matter dry accumulated in the roots, it leaves aerial and the nutritional state and the characterization of the visual symptoms. The macronutrient deficiency promoted a decrease in production of root and shoot dry mass of soybean cultivar BRSMG 68 (Vencedora) in nutrient solution, for the full treatment. The most limiting nutrient for dry matter production of soybean compared to complete treatment were N, S and K, with decreases of 90, 76 and 73%, respectively. Individual omissions resulted in morphological changes, which were translated by characteristic visual symptoms of nutritional deficiency of the respective nutrient.

Key words: *Glycine max*, plant nutrition, omission of nutrients.

Introdução

A soja é uma cultura de grande importância para o Brasil, sendo fonte de proteína vegetal tanto para o homem quanto para os animais. Na safra de 2007/08, o Brasil produziu 60.017 mil toneladas desta oleaginosa e ocupou uma área de 21.313 mil hectares (Conab, 2009). A cultivar de soja BRSMG 68 (Vencedora) é recomendada para São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, possui ciclo semi-precoce a médio, hábito de crescimento determinado, e não é recomendada em áreas de baixa fertilidade (Embrapa, 2009).

Um dos fatores principais que determinam o lucro do empreendimento agrícola é o estado nutricional adequado da cultura, então é necessário conhecer se as plantas estão ou não bem nutridas, pois é do adequado estado nutricional que depende a produção da cultura (Prado, 2008).

Os desarranjos metabólicos causados pelas deficiências de nutrientes eventualmente se manifestam em anormalidades visíveis (Epstein & Bloom, 2006). Segundo Malavolta (1980), a falta de um dado elemento provoca sempre a mesma manifestação visível de anormalidade qualquer que seja a espécie considerada visto que as funções exercidas na vida da planta são sempre as mesmas.

A aparência geral da planta e sintomas específicos localizados são ferramentas importantes para observadores treinados na identificação de deficiências (Epstein & Bloom, 2006) e deste modo, a diagnose visual permite avaliar os sintomas de deficiência ou excesso dos nutrientes, de maneira rápida, sendo possível fazer correções no programa de adubação, com certas limitações (Prado, 2008).

Os sintomas de carência dos nutrientes são característicos entre os vegetais, pelo fato de que os nutrientes exercem sempre as mesmas funções fisiológicas nas plantas (Meyer et al., 1983). Entretanto, existem respostas peculiares entre os genótipos como resultado da expressão genética, influenciando a distribuição dos elementos ou a sensibilidade de sistemas metabólicos (Vose, 1963), o que se reflete na manifestação e na severidade dos sintomas (Ramani & Kannan, 1982).

Deste modo, de acordo com Prado (2008), os sintomas de deficiência ou de toxidez são característicos para cada elemento, levando-se em consideração sua função e mobilidade na planta. Assim, os elementos móveis (macronutrientes primários N, P, K e o macronutriente secundário Mg) provocam inicialmente sintomas nas partes mais velhas da planta, enquanto os parcialmente móveis e imóveis (macronutrientes secundários Ca e S e micronutrientes) inicialmente provocam sintomas nas partes novas da planta.

Segundo Epstein & Bloom (2006), o nitrogênio e o enxofre são elementos integrais

de compostos carbônicos. O N é constituinte de todos os aminoácidos, proteínas, nucleotídeos, e outras entidades metabólicas, já o S é constituinte da cisteína, metionina, coenzima A, e outras entidades bioquímicas. Como sintomas de deficiência o nitrogênio apresenta clorose homogênea em folhas maduras e crescimento lento e retardado, enquanto que as plantas deficientes em enxofre possuem sintomas semelhantes, porém os mesmos ocorrem inicialmente em folhas jovens (Malavolta, 1980).

O fósforo é um elemento que tem papel-chave em todos os metabólitos relacionados com aquisição e utilização de energia e o potássio é capaz de ativar numerosas enzimas. Como sintomas de carência o P apresenta folhas com coloração verde-escura e aparecimento de pigmento vermelho ou purpúreo, juntamente com redução do crescimento (Epstein; Bloom, 2006), podendo ocorrer também dormência das gemas laterais e atraso no florescimento (Malavolta, 1980) e o K inicialmente nas folhas mais velhas ocorre necrose marginal ou murcha.

Segundo Epstein & Bloom (2006), o cálcio se liga a polissacarídeos na parede celular e, por consequência os sintomas em plantas sob deficiência acontecem em regiões meristemáticas, e folhas as partes jovens são mortas ou danificadas e o crescimento das raízes é severamente afetado (Malavolta, 1980).

O magnésio é constituinte da clorofila e também ativador enzimático, e como diagnose de sua carência pode ser observada clorose internerval e manchas em folhas mais velhas crescimento (Epstein & Bloom, 2006).

Na literatura existem relatos de caracterização dos sintomas visuais de desordem nutricional na cultura da soja (Malavolta et al., 1980, Meurer et al., 1981, Verneti, 1983), entretanto, com o avanço dos trabalhos de melhoramento genético, surgiram novas cultivares de soja, que podem ter comportamento característico quando submetidas a um estresse nutricional. E ainda na literatura, são escassos os trabalhos que relacionam os efeitos da omissão do nutriente no crescimento e na nutrição, acompanhando os reflexos na desordem nutricional na planta.

Neste sentido, a técnica de cultivo de plantas em solução nutritiva tem permitido avanços no conhecimento da nutrição das plantas, pois controla mais adequadamente a composição da solução e elimina a heterogeneidade e complexidade presente no solo. A hidroponia é uma ferramenta utilizada na área de nutrição de plantas na qual se pode induzir a deficiência dos nutrientes e, com isto, verificar as funções dos mesmos e suas sintomatologias (Prado, 2008)

Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar plantas de soja cultivar BRSMG 68 (Vencedora), submetidas à omissão de macronutrientes quanto ao crescimento, ao estado nutricional e a sintomatologia visual de deficiência.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na FCAV/UNESP campus Jaboticabal-SP, com coordenadas geográficas 21°15'22" Sul, 48°18'58" Oeste e altitude de 575 m. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram os seguintes: 1 - completo (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn); 2 - omissão de nitrogênio (-N); 3 - omissão de fósforo (-P); 4 - omissão de potássio (-K); 5 - omissão de cálcio (-Ca); 6 - omissão de magnésio (-Mg); 7 - omissão de enxofre (-S).

Para isto, inicialmente, foram cultivadas plantas de soja cultivar BRSMG 68 (Vencedora), em bandejas plásticas com vermiculita, aplicando-se a solução nutritiva completa diluída (1:10) por duas semanas após a emergência.

Após esse período, as plantas foram selecionadas de acordo com a uniformidade e transplantadas para os vasos (6 L), onde permaneceram por seis semanas recebendo a solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950), conforme a composição se encontra na Tabela 1. Cada vaso recebeu duas plantas de soja.

Tabela 1. Composição da solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950)

Fertilizantes/Sais da solução estoque	Concentração da solução estoque (g por L de água)	Completo - N - P - K - Ca - Mg - S					
		Volume da solução estoque por L da solução final					
mL/L							
1-KH ₂ PO ₄ (Mol L ⁻¹)	136,09	1	1	-	1	1	1
2-KNO ₃ (Mol L ⁻¹)	101,11	5	-	5	-	5	3
3-Ca (NO ₃) ₂ ·5H ₂ O (Mol L ⁻¹)	236,16	5	-	2	5	-	4
4-MgSO ₄ ·7H ₂ O (Mol L ⁻¹)	247,47	2	-	2	2	2	-
5-KCl (Mol L ⁻¹)	74,56	-	5	1	-	-	2
6-CaCl ₂ ·2H ₂ O (Mol L ⁻¹)	147,02	-	5	-	1	-	1
7-NH ₄ H ₂ PO ₄ (Mol L ⁻¹)	115,31	-	-	-	2	-	-
8-NH ₄ NO ₃ (Mol L ⁻¹)	80,04	-	-	-	-	5	-
9-(NH ₄) ₂ SO ₄ (Mol L ⁻¹)	132,14	-	-	-	-	-	2
10-MgNO ₃ ·6H ₂ O (Mol L ⁻¹)	256,43	-	-	-	-	-	2
11-Solução de micros (*)		1	1	1	1	1	1
12-Solução Fe EDTA (*)		1	1	1	1	1	1

(*) Em 1 L: 2,86 g H₃BO₃; 1,81 g MnCl₂·4H₂O; 0,10 g ZnCl₂; 0,04 g CuCl₂; 0,02 g H₂MoO₄·O.
 (**) 24,9 g FeSO₄·7H₂O ou 24,25 g de FeCl₃·6H₂O; 33,2g EDTA-Na; 89 mL NaOH 1N completar em 800 mLH₂O. Arejar uma noite ao abrigo da luz, completar a 1 L de água.

As soluções nutritivas foram substituídas semanalmente e ao longo do período de estudo, o pH foi monitorado diariamente, ajustado-se a 5,5 ± 0,5, usando-se solução NaOH ou HCl 0,1 mol dm⁻³. Para a reposição da água evapotranspirada foi utilizada água deionizada, sendo a solução nutritiva oxigenada constantemente.

Aos 42 dias após aplicação dos tratamentos, foram realizadas avaliações, tais como: a área foliar, o diâmetro de caule a 5 cm da base do colo da planta, o número de folhas e a altura. A seguir, as plantas foram divididas em raízes e parte aérea e lavadas em água destilada e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir massa constante. Após a secagem o material sofreu pesagem para determinação da massa seca e moído em moinho tipo Willey para a análise química. Para preparação dos extratos foi realizada a digestão sulfúrica (para o N) e digestão nitroperclórica (para os demais), e incineração do material (para

B). A fim de se determinar os teores dos macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea, foi utilizada metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

Realizou-se a análise estatística dos resultados a partir da análise de variância, comparando-se as médias através do teste de Tukey (p<0,05).

Resultados e Discussão

Nitrogênio (N)

As plantas submetidas à omissão de nitrogênio apresentaram menor desenvolvimento, menor número de folhas, menor altura, menor diâmetro de caule e menor matéria seca comparado as plantas cultivadas em solução nutritiva completa. Esta omissão promoveu uma redução de 90% na matéria seca total comparada ao tratamento que recebeu a solução nutritiva completa (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados de variáveis vegetativas da soja cultivar Vencedora, cultivada em solução nutritiva completa e com a omissão de macronutrientes

Tratamento	Número de Folhas	Altura de Planta (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Raiz		Matéria seca (g)		Total
				Parte aérea	Parte aérea	Parte aérea	Parte aérea	
Completo	4,4	44,0	3,5	1,87	9,56	11,23		
- N	2,5	30,6	5,4%	2,9*	-24%	0,86*	-91%	1,07
- P	2,7	39%	45,0*	-32%	3,2	-16%	0,96*	-49%
- K	2,7	39%	49,1*	-26%	2,9*	-24%	0,85*	-81%
- Ca	4,0	-9%	49,5*	-25%	3,4	-11%	0,89*	-52%
- Mg	3,9	-11%	42,2*	-36%	3,1	-18%	0,59*	-68%
- S	2,7	-39%	34,7*	-47%	2,8*	-26%	0,31*	-83%
C.V. (%)	10,5		7,8		9,0		10,6	

*Diferença significativa em relação ao tratamento com solução completa, pelo teste de Tukey (p< 0,05). Obs.: Números em itálico representam o decréscimo percentual em relação ao tratamento completo.

O menor desenvolvimento das plantas de soja no tratamento com omissão de N na solução nutritiva é explicado pelas funções deste nutriente no metabolismo das plantas como constituinte de todos os aminoácidos, proteínas e nucleotídeos (Esptein & Bloom, 2006).

Deste modo, houve inicialmente clorose uniforme da parte vegetativa, intensificando-se nas folhas mais velhas. Em seguida, as folhas mais velhas foram secando da ponta para as nervuras e o amarelecimento intenso e uniforme atingiu as folhas mais jovens. Meurer et al. (1981) também verificaram perda uniforme da coloração verde das folhas, mudando para verde pálido a amarelado. O menor desenvolvimento em plantas deficiente em N está relacionado com a participação do N em biomoléculas fundamentais, como proteínas e aminoácidos, e a clorose ocorre devido ao fato do N ser constituinte das clorofilas (Mengel & Kirby, 1987). Diante disto, é comum associar na literatura, o conteúdo de clorofila das folhas e o estado nutricional em nitrogênio das plantas (Shadchina & Dmitrieva, 1995).

Os teores de N encontrados no trabalho, tanto no tratamento completo, como na omissão de N, estão próximos daqueles encontrados por Malavolta et al. (1980), em um estudo com deficiência de macronutrientes em duas cultivares de soja (Santa Rosa e UFV-1) em solução nutritiva, que foram de 34,6 e 16,0g kg⁻¹, respectivamente, para a cv. Santa Rosa. Estes autores ainda relataram quem a deficiência de N foi a primeira

a aparecer, como no caso deste experimento e ainda há semelhança nos sintomas encontrados: menor desenvolvimento e clorose homogênea das folhas velhas das plantas de soja.

Houve diminuição significativa, em comparação com tratamento completo, respectivamente, no teor de N (37,6 até 14,7 g kg⁻¹), entretanto, houve aumento no teor de P (8,1 até 12,4 mg kg⁻¹), K (37,1 até 59,4 mg kg⁻¹) e de B (122 até 181 mg kg⁻¹) (Tabela 3).

Tabela 3. Teor de macro e micronutrientes da parte aérea da soja cultivar Vencedora, cultivada em solução nutritiva completa e com a omissão de nutrientes.

	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Completo	37,6	8,1	37,1	15,3	3,3	2,6	122	6	99	258	64
- N	14,7	12,4	59,4	13,1	3,1	3,5	181	7	80	158	68
- P	37,1	3,2	30,8	12,9	2,9	2,2	131	6	89	288	65
- K	42,3	10,3	24,1	13,4	4,7	2,6	151	5	98	350	69
- Ca	41,5	8,9	38,9	2,2	4,8	2,4	143	6	82	600	76
- Mg	35,8	8,7	32,5	11,8	0,7	2,2	148	3	79	334	61
- S	35,3	9,1	34,3	13,2	3,3	2,2	89	6	87	160	67
c.v.(%)	7,1	10,1	12,1	7,5	11,4	13,2	9,9	14,4	8,3	13,0	11,3

* Diferença significativa em relação ao tratamento com solução completa, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

É oportuno ressaltar que este aumento, especialmente do teor de P e K na parte aérea da soja submetida à omissão de N, quando comparado ao tratamento completo, ocorreu pelo efeito de concentração associado ao crescimento limitado planta, fato amplamente relatado na literatura (Jarrel & Beverly, 1981). Esta carência de N na soja provocou prejuízos no desenvolvimento e no estado nutricional das plantas, conforme dito anteriormente, e isto levou a distúrbios fisiológicos que caracterizam os sintomas visuais de deficiência.

Fósforo (P)

Os tratamentos no qual as plantas foram submetidas à omissão de fósforo apresentaram menor número de folhas, menor altura e menor matéria seca comparado as plantas cultivadas em solução nutritiva completa. Esta omissão promoveu uma redução de 49% na matéria seca total comparada ao tratamento que recebeu a solução nutritiva completa (Tabela 2).

A sintomatologia de carência de P se caracterizou por presença de plantas "raqúiticas", com coloração verde-escura das folhas mais velhas, seguindo-se tom azulado. A coloração verde escuro nas folhas deficientes em P, também foi relatado por Vernetti (1983). Este efeito do P no menor desenvolvimento das plantas está relacionado com sua função de armazenamento e transferência de energia, fato amplamente relatado na literatura (Malavolta et al., 1989).

Os teores de P encontrados no trabalho, tanto no tratamento completo, como na omissão de P, foram maiores daqueles encontrados por Malavolta et al. (1980), que foram de 4,6 e 1,2g kg⁻¹, respectivamente, para a cv. Santa Rosa. Este fato provavelmente se deve a diferença de absorção de P pelos cultivares de soja estudados.

Houve redução significativa nos teores de P, em comparação com tratamento completo,

respectivamente, 8,1 à 3,2 g kg⁻¹. Também houve decréscimo, em comparação com tratamento completo, respectivamente, no teor de N (37,6 até 14,7 g kg⁻¹), entretanto, houve aumento no teor de P (8,1 até 12,4 mg kg⁻¹), K (37,1 até 59,4 mg kg⁻¹) e de B (122 até 181 mg kg⁻¹) (Tabela 3).

Potássio (K)

Plantas de soja submetidas à omissão de potássio apresentaram menor número de folhas, menor altura, menor diâmetro de caule e menor matéria seca comparado as plantas cultivadas em solução nutritiva completa. Esta omissão promoveu uma redução de 73% na matéria seca total comparada ao tratamento que recebeu a solução nutritiva completa (Tabela 2).

Foi observado que as plantas deficientes em K apresentaram clorose nas margens das folhas mais velhas, seguida de necrose do tecido foliar. Mascarenhas et al. (1988) observaram que a soja, quando cultivada em solos esgotados em K, apresenta como sintoma de deficiência o amarelecimento dos bordos foliares. Malavolta et al. (1980), além destes sintomas, observaram que a clorose e necrose progrediram para a região central das folhas.

Os teores de K encontrados no trabalho, tanto no tratamento completo, como na omissão de K, foram maiores daqueles encontrados por Malavolta et al. (1980), que foram de 20,9 e 12g kg⁻¹, respectivamente, para a cv. Santa Rosa. Este fato provavelmente se deve a diferença de absorção deste nutriente pelos cultivares de soja estudados.

Houve redução significativa nos teores de K, em comparação com tratamento completo, respectivamente, 37,1 até 24,1 g kg⁻¹ e aumento de (3,3 até 4,7 mg kg⁻¹) de magnésio (Tabela 3).

Cálcio (Ca)

As plantas submetidas à omissão de cálcio apresentaram menor altura e menor matéria seca comparados as plantas cultivadas em solução nutritiva completa. Esta omissão promoveu uma redução de 44% na matéria seca total comparada ao tratamento que recebeu a solução nutritiva completa (Tabela 2).

O reflexo da omissão de Ca na solução nutritiva ocorreu nas folhas novas apresentando clorose internerval, com deformação no limbo, seguida de acamamento das plantas. Mascarenhas et al. (1992), verificaram em plantas de soja sob deficiência de Ca, o colapso do pecíolo das folhas. Este efeito do Ca, na deformação e acamamento das plantas, deve-se ao papel do Ca na estrutura das plantas, fazendo parte dos pectatos de Ca da parede celular e também das membranas, pois este último, interliga grupos fosfatos/carboxílicos de fosfolípídeos e confere estabilidade às proteínas, sobretudo as periféricas (Marschner, 1995).

Os teores de Ca encontrados no tratamento completo foram maiores do que

o teor encontrado (8,8 g kg⁻¹) por Malavolta et al. (1980), para a cv. Santa Rosa. Isso pode ocorrer pela diferença de absorção do Ca pelos cultivares de soja estudados.

Observou-se, também que a omissão de Ca na solução nutritiva, causou redução significativa, em comparação com tratamento completo, respectivamente, no teor de Ca (15,3 até 2,2 g kg⁻¹) e aumento do Mg (3,3 até 4,8 mg kg⁻¹), e do Mn (258 até 600 mg kg⁻¹) (Tabela 3).

Magnésio (Mg)

Os tratamentos nos quais as plantas foram submetidas à omissão de cálcio apresentaram menor altura e menor matéria seca comparados as plantas cultivadas em solução nutritiva completa. Esta omissão promoveu uma redução de 58% na matéria seca total comparada ao tratamento que recebeu a solução nutritiva completa (Tabela 2).

A sintomatologia de deficiência das plantas submetidas à omissão de Mg conferiram clorose internerval das folhas mais velhas. Verneti (1983), também verificaram clorose marginal e internerval da soja sob deficiência de Mg. Esta clorose nas folhas da soja está relacionado ao fato do Mg participar da estrutura da clorofila, conforme indicaram Malavolta et al. (1989). Os teores de Mg encontrados no tratamento completo foi semelhante àquele encontrado (3,8 g kg⁻¹) por Malavolta et al. (1980), para a cv. Santa Rosa.

As plantas de soja submetidas à omissão de Mg, apresentaram redução significativa, em comparação ao tratamento completo, respectivamente, no teor de Mg (3,3 até 0,7 g kg⁻¹), Ca (15,3 até 11,8 g kg⁻¹) e Cu (6 até 3 g kg⁻¹) (Tabela 3).

Enxofre (S)

As plantas de soja submetidas à omissão de enxofre apresentaram menor número de folhas, menor altura, menor diâmetro de caule e menor matéria seca comparado as plantas cultivadas em solução nutritiva completa. Esta omissão promoveu uma redução de 76% na matéria seca total comparada ao tratamento que recebeu a solução nutritiva completa (Tabela 2).

Não foi verificado com clareza a sintomatologia de deficiência de S o que pode ser atribuído ao acúmulo suficiente deste nutriente no período inicial (duas semanas) em que as plântulas receberam solução nutritiva completa, assim como Malavolta et al. (1980) também puderam verificar.

É pertinente salientar também, esta ausência de efeitos da omissão de S, em relação à solução completa, no teor de nutrientes da parte aérea, pode ter ocorrido também pelo efeito de concentração, visto que houve queda drástica de matéria seca (Tabela 2). As folhas novas e recém-formadas apresentaram leve coloração verde-claro, mostrando os principais

drenos fisiológicos do enxofre (Silva et al., 2003).

As plantas com deficiência de S não apresentaram diferença significativa nos teores dos nutrientes (Tabela 3). Apesar disso, observou-se diminuição no teor de S entre o tratamento completo e com a omissão de S, ou seja, de 2,6 e 2,2 g kg⁻¹, respectivamente.

Conclusões

A deficiência de macronutrientes promoveu decréscimo da produção de matéria seca de raiz e da parte aérea da soja cultivar BRSMG 68 (Vencedora) em solução nutritiva, em relação ao tratamento completo.

Os nutrientes mais limitantes a produção de matéria seca das plantas de soja comparado ao tratamento completo foram N, S e K, com decréscimos de 90, 76 e 73%, respectivamente.

As omissões individuais resultaram em alterações morfológicas, que foram traduzidas por sintomas visuais característicos da deficiência nutricional do respectivo nutriente.

Referências

Bataglia, O.C., Furlani, A.M.C., Teixeira, J.P.F., Furlani, P.R., Gallo, J.R. 1983. *Métodos de análise química de plantas*. Instituto Agrônomo, Campinas, Brasil . 48p. (Boletim Técnico 78).

Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. 2009. <http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131> <Acesso em 27 Out. 2009>

Epstein, E., Bloom, A.J. 2006. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. Planta, Londrina, Brasil 401p.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. http://www22.sede.embrapa.br/snt/uberlandia/inf_vencedora.html <Acesso em 30 Out. 2009>

Friedrich, J.W., Schrader, L.E. 1978. Sulfur deprivation and nitrogen metabolism in maize seedlings. *Plant Physiology* 61 (6): 900-903.

Hoagland, D.R., Arnon, D.I. 1950. *The water culture method for growing plants without soils*. California Agricultural Experimental Station, Berkeley, USA.. 347p.

Jarrel, W.M, Beverly, R.B. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy* 34(1): 197-224.

Malavolta, E. 1980. *Elementos de nutrição mineral das plantas*. Ceres, São Paulo, Brasil. 251p.

- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. 1989. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. POTAFÓS, Piracicaba, Brasil. 201p.
- Malavolta, E., Vidal, A.A., Gheller, A.C., Fancelli, A.L., Kishimo, A.Y., Piza Junior, C.T., Santos, D.B., Ruy, V.M., Faquimo, V., Eimori, I.E., Guimaraes, P.T.G., Ortiz, O.B., Vargas, P.G., Fornasieri Filho, D., Vieira, I.M.S., Galbiatti, J.A. 1980. Efeitos das deficiências de macronutrientes em duas variedades de soja (*Glycine max* mer.), Santa Rosa e UFV-1, cultivadas em solução nutritiva. *Anais da ESALQ* 37: 473-484.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2.ed. Academic Press, London, UK. 889p.
- Mascarenhas, H.A.A., Bulisani, E.A., Miranda, M.A.C. de, Braga, N.R., Pereira, J.C.V.N.A. 1988. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. *O Agrônomo* 40(1): 34-43.
- Mascarenhas, H.A.A., Miranda, M.A.C., Tanaka, R.T. 1992. Colapso do pecíolo em folhas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27(2): 343-348.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. 1987. *Principles of plant nutrition*. 4th ed. International Potash Institute, Berna, Austria. 687p
- Meurer, E.J., Wang, G.M., Wang, S.R. 1981. Funções dos nutrientes e sintomas de deficiências. In: Miyasaka, S., Medina, J.C. (ed.) *A soja no Brasil*. Instituto Tecnológico de Alimentos, Campinas, Brasil. p.156-167.
- Meyer, B., Anderson, D., Bohning, R., Fratianne, D. 1983. *Introdução à fisiologia vegetal*. 2.ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal. 710p.
- Prado, R.M. *Nutrição de Plantas*. 2008. Editora Unesp, São Paulo, Brasil. 407p.
- Ramani, S., Kannan, S. 1982. Inadaptive changes in pH with Zn stress tolerance in some cultivars of cotton and peanut. *Journal of Plant Nutrition* 5: 133-193.
- Shadchina, T.M., Dmitrieva, V.V. 1995. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. *Journal of Plant Nutrition* 18: 1427-1437.
- Silva, D.J., Venegas, V.H.A., Ruiz, H.A., Sant'anna, R. 2003. Translocação e redistribuição de enxofre em plantas de milho e de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(6): 715-721.
- Verneti, F.J. 1983. *Bases genéticas e fisiológicas da produção e nutrição*. In: VERNETTI, F.J. Soja, genética e melhoramento. Fundação Cargill, Campinas, Brasil. p.877-990.
- Vose, P.B. 1963. Varietal differences in plant nutrition. *Herbage Abstracts* 33: 1-13.