

EFEITOS DA OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES EM SOLUÇÃO NUTRITIVA SOBRE O CRESCIMENTO E A NUTRIÇÃO DO MILHETO¹

Renato de Mello Prado², Anelisa de Aquino Vidal²

ABSTRACT

EFFECTS OF MACRONUTRIENTS OMISSION IN NUTRITIONAL SOLUTION ON MILLET GROWTH AND NUTRITION

The objective of this research was to evaluate the effect of macronutrients omission on millet, cv. BRS 1501, development and nutrition. The experiment was carried out in a greenhouse, using an aerated nutritional solution. The experimental design was completely randomized, with seven treatments, corresponding to the Hoagland & Arnon's complete solution and the individual omission of N, P, K, Ca, Mg, and S, in three repetitions. Two weeks after sowing plants were transferred to pots (2,5 L) and the treatments applied. Four weeks later, plant height, leaf number, stem diameter, dry matter, and macronutrient contents accumulated on the aerial part of the plants were evaluated. The omissions of N, P, Ca, and K were the most limiting treatments for accumulation of these nutrients and dry matter production of millet. Plants in the complete treatment and under macronutrient omissions presented the following nutrient contents for the aerial part (g kg⁻¹): N 35.5 and 16.1; P 3.3 and 0.4; K 37.4 and 7.2; Ca 4.2 and 0.7; Mg 1.7 and 0.6; and S 0.6 and 0.8, respectively. Besides decreasing its content for the aerial part, the omission of a nutrient also unbalanced other nutrients and, consequently, caused changes associated with the characteristic deficiency symptoms of each nutrient.

KEY-WORDS: Mineral deficiency; symptoms; *Pennisetum thiphoideum*.

INTRODUÇÃO

O milheto (*Pennisetum thiphoideum*) é uma gramínea anual que tem tido, nos últimos tempos, aumento de área plantada, sobretudo nas regiões originalmente sob vegetação de Cerrado, pelo seu potencial de cobertura do solo, oferecido para a prática do plantio direto, pela sua boa adaptação em solos de baixa fertilidade e em regiões onde o período de estiagem é quase sempre prolongado durante o ano (Scaléa 1999). A sua adaptação a solos menos férteis está relacionada à capacidade de extração de

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da omissão de macronutrientes no desenvolvimento e na nutrição de plantas de milheto, cv. BRS 1501. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, com o uso de solução nutritiva aerada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos, que corresponderam à solução completa de Hoagland & Arnon (1950) e à omissão individual de N, P, K, Ca, Mg e S, em três repetições. Após duas semanas da semeadura, as plantas foram colocadas em vasos (2,5 L), aplicando-se os tratamentos. Após quatro semanas da aplicação dos tratamentos, avaliaram-se a altura das plantas, o número de folhas, o diâmetro do caule, a matéria seca e o teor e acúmulo dos macronutrientes na parte aérea das plantas. As omissões de N, P, Ca e K foram os tratamentos que mais limitaram o acúmulo desses nutrientes na planta e a produção de matéria seca do milheto. As plantas, no tratamento completo e nas omissões dos macronutrientes, apresentaram os seguintes teores de nutrientes na parte aérea, em g kg⁻¹: N 35,5 e 16,1; P 3,3 e 0,4; K 37,4 e 7,2; Ca 4,2 e 0,7; Mg 1,7 e 0,6; e S 0,6 e 0,8, respectivamente. A omissão de um nutriente, além de promover a diminuição de seu acúmulo na parte aérea, causou desequilíbrio entre os demais nutrientes e, conseqüentemente, alterações que se traduziram em sintomas característicos da deficiência de cada nutriente.

PALAVRAS-CHAVE: Deficiência mineral; sintomas; *Pennisetum thiphoideum*.

nutrientes, face ao seu sistema radicular profundo. Segundo Salton et al. (1995), o milheto produz cerca de 112 kg de fitomassa seca por dia, o que equivale, no ciclo total, a 6,8 t ha⁻¹. Enfim, o potencial produtivo da planta em condições tropicais demonstra o quanto a cultura do milheto é promissora para determinados segmentos do agronegócio brasileiro.

Os nutrientes têm funções essenciais e específicas no metabolismo das plantas. Dessa forma, quando um dos elementos essenciais não está presente em quantidades satisfatórias, ou em condições que o tornam pouco disponível, a sua deficiência nas células

1. Trabalho recebido em out./2006 e aceito para publicação em set./2008 (nº registro: PAT 719).

2. Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp).
Via de Acesso Paulo Donato Castellane, s/n. CEP 14870-000 Jaboticabal, SP. E-mails: rmprado@fcav.unesp.br.

promove alterações no metabolismo das plantas. Os sintomas de carências minerais são mais ou menos característicos para cada nutriente, dependendo também da severidade, da espécie/cultivar e de fatores ambientais (Coelho et al. 2002).

A diagnose visual de deficiências minerais em plantas de milho, juntamente com o conhecimento dos teores de nutrientes, pode constituir uma técnica auxiliar na avaliação da necessidade de fertilizantes e corretivos para a espécie em questão. A desordem nutricional, quer seja por deficiências ou excessos dos nutrientes minerais, causa diminuição na produção de qualquer cultura, inclusive em milho. Para estudos dessa natureza pode-se utilizar a técnica do cultivo de plantas em solução nutritiva, pois esta permite controlar, mais adequadamente, a composição do meio e eliminar a heterogeneidade e complexidade comuns nos cultivos em solo (Sarruge 1975). Assim, permite-se o maior rigor necessário aos ensaios com o uso da técnica do elemento faltante.

Na literatura, são ainda incipientes os estudos envolvendo nutrição mineral em milho. Santos & Kliemann (2006) avaliaram, em estufa, a eficiência agrônoma de fosfatos naturais, sob solos da região dos cerrados. Entretanto, as pesquisas envolvendo a omissão de nutrientes ainda são necessárias.

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da omissão de macronutrientes sobre o crescimento, o teor e a acumulação de macronutrientes na parte aérea de plantas de milho, cv. BRS 1501.

MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento em casa-de-vegetação, no Departamento de Solo e Adubos da Universidade Estadual Paulista (Unesp/Jaboticabal, SP). Inicialmente, as sementes de milho, cv. BRS 1501, foram germinadas em tubetes plásticos, contendo vermiculita, sendo irrigadas, diariamente, com a solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950), diluída para 25%.

Duas semanas após a semeadura, as plantas atingiram cerca de 10-15 cm de altura, tendo sido submetidas a lavagem com água deionizada e transplantadas para vasos contendo a solução nutritiva com os tratamentos. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram

constituídos pela solução completa (macro e micronutrientes) e por seis soluções com a omissão individual de N, P, K, Ca, Mg e S. A unidade experimental constituiu-se de um vaso (2,5 L), com duas plantas.

As plantas receberam aeração constante, por meio de um compressor de ar. Diariamente, a água evapotranspirada foi restituída, usando-se água deionizada, ajustando-se o pH para valores entre 5,0 e 6,0. Duas semanas após o transplante, a solução nutritiva foi renovada.

Quatro semanas após a aplicação dos tratamentos, avaliaram-se a altura das plantas, o número de folhas, o diâmetro do caule e a área foliar. Esta última variável foi mensurada com o auxílio de um aparelho integrador de áreas portátil Li-Cor®, modelo LI-3100. Durante o período experimental, foram caracterizados os sintomas de desordem nutricional. Além disso, realizou-se o corte das plantas, que foram secas em estufa, a 75°C, até atingirem massa constante. Posteriormente, as amostras da parte aérea foram submetidas à análise química de macronutrientes, segundo a metodologia de Bataglia et al. (1983). Com os dados de matéria seca e teor de nutrientes, calculou-se o acúmulo de macronutrientes da parte aérea do milho. Os resultados foram submetidos à análise de variância, com teste F, e o teste de comparação de médias aplicado foi o de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos sobre as variáveis vegetativas de crescimento (número de folhas, altura das plantas e diâmetro do caule), na produção de matéria seca da parte aérea e no teor acumulado de nutrientes, bem como as eventuais desordens nutricionais decorrentes da omissão dos macronutrientes, são aqui discutidos, para cada elemento.

Deficiência de nitrogênio

A omissão de N reduziu, significativamente, o crescimento das plantas, afetando o número de folhas, altura das plantas, diâmetro do caule e a área foliar. Com isso, houve diminuição significativa na produção de matéria seca da parte aérea, em relação ao tratamento completo (Tabela 1). O efeito positivo da aplicação de N sobre o incremento da produção de

Tabela 1. Resultados de variáveis vegetativas de plantas de milho, em função dos tratamentos completo e com omissões de macronutrientes, em solução nutritiva.

Tratamentos	Altura das plantas (cm)	Diâmetro do caule (mm)	Área foliar (cm ²)	Número de folhas	Matéria seca parte aérea (g vaso ⁻¹)
Completo	54,8	4,2	380,7	7,4	2,2
Omissão de S	50,3	3,6*	280,3	5,8	1,7
Omissão de Mg	45,3*	3,4*	238,3	6,5	1,4
Omissão de Ca	33,0*	3,0*	49,3*	5,0*	0,6*
Omissão de K	41,4*	2,5*	127,0*	4,7*	0,5*
Omissão de P	41,1*	2,9*	121,7*	4,4*	0,4*
Omissão de N	32,3*	2,0*	30,3*	3,7*	0,2*
Teste F	30,2**	34,7**	17,5**	9,7**	17,5**
DMS	7,3	0,6	148,5	1,9	0,9
C.V (%)	12,3	13,7	30,4	26,3	31,3

* Valores estatisticamente diferentes da média do tratamento com solução completa, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

matéria seca, em milho, é amplamente relatado na literatura (Lupatini et al. 1996, Guideli et al. 2000, Heringer & Moojen 2002).

O tratamento completo apresentou teor de N, na parte aérea, de 35,5 g kg⁻¹, enquanto no tratamento com omissão deste nutriente, encontrou-se o menor teor: 16,1 g kg⁻¹ (Tabela 2). O teor de N observado no tratamento completo esteve próximo aos obtidos por outros autores, em milho cultivado e sob condições de campo, como Bonamigo (1999), 34,2 g kg⁻¹, no Brasil, e Kennedy et al. (2002), 32 g kg⁻¹, nos Estados Unidos. Da mesma forma que ocorreu com o teor de N, o acúmulo deste nutriente na parte aérea da planta foi maior no tratamento completo, 76,5 mg vaso⁻¹, comparativamente ao tratamento deficiente em N, 2,8 mg vaso⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 2. Teor médio de macronutrientes, em g kg⁻¹, na parte aérea da planta de milho, em função dos tratamentos completo e com omissões dos macronutrientes, em solução nutritiva.

Tratamentos	S	P	Mg	N	K	Ca
Completo	0,6	3,3	1,7	35,5	37,4	4,2
Omissão de S	0,8	3,0	1,8	35,7	31,7*	3,9
Omissão de Mg	1,2	4,2	0,6*	34,9	36,8	5,1
Omissão de Ca	1,8*	4,5*	5,3*	42,6*	25,8*	0,7*
Omissão de K	1,5	7,2*	4,0*	46,6*	7,2*	5,9*
Omissão de P	0,6	0,4*	1,5	31,9	18,2*	4,1
Omissão de N	0,7	5,4*	2,4*	16,1*	20,6*	5,3
Teste F	6,2*	103,6**	231,1**	21,3**	92,3**	32,8**
DMS	0,3	0,9	0,5	10,1	5,5	1,4
C.V (%)	31,6	8,9	7,5	10,4	7,8	12,2

* Valores estatisticamente diferentes da média do tratamento com solução completa, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

A omissão de N, além de proporcionar menor absorção de N, afetou o acúmulo na planta de todos os demais macronutrientes (Tabela 3). Resultados semelhantes aos da diminuição na absorção de macronutrientes, com a omissão de N, também foram observados por Santi et al. (2006), na cultura do sorgo.

Diante dos efeitos diretos da omissão de N no crescimento e nutrição do milho, observaram-se os primeiros sintomas de deficiência desse nutriente nas plantas, já aos sete dias após o início do tratamento com omissão do nutriente. Inicialmente, as plantas de milho exibiam clorose em todas as folhas e as nervuras principais apresentavam tonalidade amarelada.

Segundo Epstein (1975), a carência de nitrogênio provoca clorose nas folhas, reduzindo, assim, a sua capacidade fotossintética, bem como o ritmo de crescimento das plantas, podendo, em casos extremos, até causar a paralisação do crescimento. Assim, quando o teor de N na planta apresenta um valor muito baixo, ocorre o comprometimento de diversos processos fisiológicos que, em seguida, evoluem para sintomas visuais de deficiência, conforme descrito anteriormente.

Deficiência de fósforo

A omissão de P reduziu, significativamente, o crescimento das plantas, afetando o número de folhas, a altura das plantas, o diâmetro do caule e a área foliar (Tabela 1). Assim, com a omissão deste nutriente, houve diminuição significativa na produção de matéria seca da parte aérea, em relação ao

Tabela 3. Macronutrientes acumulados, em mg vaso⁻¹, na parte aérea das plantas de milho, em função dos tratamentos completo e com omissões de macronutrientes, em solução nutritiva.

Tratamentos	S	P	Mg	N	K	Ca
Completo	1,36	7,16	3,66	76,54	80,68	9,04
Omissão de S	1,30	5,07	2,95	59,94	52,03*	6,65
Omissão de Mg	1,53	5,70	0,87*	45,67*	50,11*	6,97
Omissão de Ca	0,68	1,84*	2,16*	17,18*	10,44*	0,29*
Omissão de K	0,73	3,45*	1,94*	22,44*	3,47*	2,87*
Omissão de P	0,34*	0,21*	0,79*	17,48*	10,19*	2,17*
Omissão de N	0,12*	0,93*	0,41*	2,78*	3,54*	0,91*
Teste F	8,51**	12,27**	26,60**	21,31**	28,64**	13,17**
DMS	0,9	3,6	1,1	27,9	27,7	4,5
C.V (%)	37,0	37,0	22,1	28,9	32,9	39,2

* Valores estatisticamente diferentes da média do tratamento com solução completa, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

tratamento completo (Tabela 1). Logo, esses resultados mostram que a omissão de P diminuiu, em mais de cinco vezes, o acúmulo de matéria seca do milho, o que corrobora os resultados de Payne et al. (1991).

As plantas que receberam o tratamento com omissão de P apresentaram redução significativa do teor deste nutriente na parte aérea ($0,4 \text{ g kg}^{-1}$), em relação ao tratamento completo, que resultou em $3,3 \text{ g kg}^{-1}$ de P (Tabela 2). Ajakaiye (1979) também observou, além da resposta positiva do milho à aplicação de P em solução nutritiva, diminuição no teor do nutriente na parte aérea, comparando-se os tratamentos com suprimento adequado ($4,9 \text{ g kg}^{-1}$) e com omissão de P ($0,6 \text{ g kg}^{-1}$). Observou-se, ainda, conforme era esperado, a diminuição do P acumulado na parte aérea, de $7,2 \text{ mg vaso}^{-1}$ para $0,2 \text{ mg vaso}^{-1}$, do tratamento completo para aquele com omissão de P (Tabela 3). Além disso, a omissão desse nutriente na solução nutritiva afetou o teor de potássio na parte aérea (Tabela 2), com redução significativa ($18,2 \text{ g kg}^{-1}$), em comparação ao tratamento completo ($37,4 \text{ g kg}^{-1}$).

Os sintomas de deficiência de P apareceram oito dias após a aplicação do tratamento com omissão desse nutriente. As plantas exibiam-se sem brilho, com aspecto de coloração verde escuro, quando comparadas àquelas sob tratamento completo. Verificou-se, ainda, a presença de folhas estreitas e colmos finos. Estes resultados concordam com os encontrados por Paula et al. (2000), também em milho, onde as plantas submetidas à omissão de P apresentaram menor crescimento e cor verde escura nas folhas mais velhas.

O surgimento de manchas arroxeadas nas folhas mais velhas, em sorgo, relatado por Coelho et al. (2002) e Vasconcellos et al. (1988), não foi verificado no milho. Esse sintoma de arroxamento seria decorrente do acúmulo de fotoassimilados nos tecidos, o que favorece a síntese de antocianina, pigmento que confere essa coloração (Mengel & Kirkby 1987).

Deficiência de potássio

A omissão de K reduziu, significativamente, o crescimento das plantas, afetando o número de folhas, a altura das plantas, o diâmetro do caule e a área foliar (Tabela 1). Com isso, houve diminuição significativa na produção de matéria seca da parte aérea, em relação ao tratamento completo.

Observa-se que as plantas submetidas à omissão de K apresentaram menor teor do nutriente na parte aérea ($7,2 \text{ g kg}^{-1}$), se comparadas àquelas submetidas ao tratamento completo ($37,4 \text{ g kg}^{-1}$) (Tabela 2). A mesma coisa ocorreu com o potássio acumulado pelas plantas, tendo maior acúmulo do nutriente no tratamento completo ($80,7 \text{ mg vaso}^{-1}$), contra o tratamento K-deficiente ($3,5 \text{ mg vaso}^{-1}$) (Tabela 3). Além disso, a omissão deste elemento na solução nutritiva afetou outros nutrientes, com aumento significativo nos teores de P ($7,2 \text{ g kg}^{-1}$), Mg ($4,0 \text{ g kg}^{-1}$), N ($46,6 \text{ g kg}^{-1}$) e Ca ($5,9 \text{ g kg}^{-1}$) (Tabela 1), em comparação ao tratamento completo. Resultados semelhantes foram obtidos em sorgo, por Santi et al. (2006), onde a omissão de K aumentou o teor foliar de N, P, Ca e Mg. Com relação aos nutrientes acumulados, observou-se que o tratamento com omissão de K provocou menor acúmulo de P, Mg, N e Ca na parte aérea (Tabela 2). Desse modo, estes resultados indicam que a omissão de K promoveu efeito de concentração desses nutrientes, pois houve aumento nos seus teores, associado à diminuição no acúmulo dos mesmos no tecido vegetal.

A deficiência de K começou a se manifestar aos oito dias após o início da aplicação dos tratamentos. Com a omissão de K, foi observada clorose, seguida de necrose, nas margens e pontas das folhas mais velhas, além de colmos mais finos e folhas menores.

Cabe salientar que a relação entre K e Ca/Mg nas plantas é fato conhecido pela interação entre estes nutrientes, devido à competição entre os elementos, durante a absorção (Malavolta et al. 1997). Desse modo, observou-se que a omissão de K resultou numa relação Ca+Mg/K (1,4) dez vezes maior que no tratamento completo, que foi de 0,15 (Tabela 3). Este fato indica o desequilíbrio nutricional em plantas com deficiência de K.

Deficiência de cálcio

A omissão de Ca reduziu, significativamente, o crescimento das plantas, afetando todas as variáveis analisadas (Tabela 1). Com isso, houve diminuição significativa na produção de matéria seca da parte aérea, em relação ao tratamento completo (Tabela 1). Observa-se que as plantas submetidas à omissão de Ca apresentaram menor teor do nutriente na parte aérea ($0,7 \text{ g kg}^{-1}$) do que aquelas submetidas ao tratamento completo ($4,2 \text{ g kg}^{-1}$) (Tabela 2).

O mesmo processo ocorreu com o Cálcio acumulado pelas plantas (Tabela 3), que teve maior acúmulo no tratamento completo (9,0 mg vaso⁻¹), comparativamente ao tratamento deficiente (0,3 mg vaso⁻¹) (Tabela 3). A omissão de Ca também proporcionou aumento significativo nos teores de S (1,8 g kg⁻¹), P (4,5 g kg⁻¹), Mg (5,3 g kg⁻¹) e N (42,6 g kg⁻¹); porém, diminuiu o teor de K (25,8 g kg⁻¹) (Tabela 2). A elevação dos teores de alguns nutrientes, pela omissão de Ca na solução nutritiva, possivelmente deve-se ao efeito de concentração, sendo que o menor crescimento concentrou os nutrientes nos tecidos vegetais. Esta hipótese é reforçada pelo fato de ter havido menor acúmulo dos macronutrientes na parte aérea, com exceção de S, nas plantas sob deficiência de Ca, comparadas àquelas sob o tratamento completo (Tabela 2).

A deficiência de cálcio teve seu início aos oito dias após a omissão desse nutriente. As folhas novas mostraram crescimento irregular, com limbo ligeiramente ondulado. Com o avanço da deficiência, os tecidos tornaram-se dilacerados, cloróticos e, depois, necrosados nas bordas e ápice das folhas novas; sintomas que também atingiram as folhas velhas.

Deficiência de magnésio

A omissão de Mg afetou, significativamente, a altura das plantas e o diâmetro do caule (Tabela 1). Entretanto, não houve diferença significativa para as variáveis área foliar, número de folhas e matéria seca da parte aérea, entre esta omissão e o tratamento completo. Observou-se que as plantas submetidas à omissão de Mg apresentaram menores teores deste nutriente na parte aérea (0,6 g kg⁻¹), em comparação àquelas sob o tratamento completo (1,7 g kg⁻¹) (Tabela 2). O mesmo ocorreu com o Mg acumulado na parte aérea das plantas, com o maior acúmulo do nutriente no tratamento completo (3,7 mg vaso⁻¹), comparativamente ao tratamento deficiente (0,9 mg vaso⁻¹) (Tabela 3). Nas plantas com omissão de Mg, observou-se, inicialmente, apenas a clorose internerval nas folhas mais velhas. Estes sintomas, entretanto, atingiram também as folhas velhas.

Deficiência de enxofre

Na omissão de S, o crescimento das plantas não apresentou redução significativa (Tabela 1). Apenas para a variável diâmetro de caule, a diferença foi significativa entre os tratamentos com omissão

de S e o completo. Observa-se também que os teores de S, nas plantas submetidas à omissão de S e ao tratamento completo, não diferiram significativamente (Tabela 2). Além disso, os teores médios dos outros macronutrientes, com exceção de K, também não se alteraram.

O mesmo comportamento foi observado em relação aos valores dos macronutrientes acumulados nas plantas do tratamento completo e naquelas sob omissão de S (Tabela 3), tendo ambos atingido cerca de 1,3 mg vaso⁻¹. Observou-se, ainda, leve clorose internerval nas folhas de toda a planta.

Ordem de acúmulo dos nutrientes

De maneira geral, observou-se que as médias dos tratamentos com omissão dos macronutrientes foram inferiores ao tratamento completo, em relação à produção de matéria seca. A redução na produção de matéria seca de plantas de milho ocorreu na seguinte ordem decrescente: N>P>K>Ca>Mg>S. Fasabi (1996) também relatou que as omissões de Ca e de N induziram a menores produções de matéria seca em plantas de sorgo.

O acúmulo de nutrientes, nas plantas de milho sob o tratamento completo, obedeceu à seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>P>Mg>S. Pereira Filho et al. (2003) também observaram que o milho apresenta maior absorção de K, N e Ca. Entretanto, constataram que o magnésio foi o quarto nutriente mais acumulado na fase de emborrachamento. Em outros trabalhos, também com milho cultivado, foram observadas as seguintes seqüências de acúmulo de macronutrientes: K>N>Mg>Ca>P, em Cambissolo (Perin et al. 2004), e N>K>Ca>Mg>P, em um Latossolo Vermelho distrófico (Braz et al. 2004). O alto acúmulo de K pelo milho é justificado, segundo Rosolem et al. (2003), pelo fato de que a absorção deste nutriente ocorre acima da necessidade da cultura, tendo, então, absorção de luxo.

CONCLUSÕES

1. As omissões de N, P, Ca e K foram os tratamentos que mais limitaram a absorção e a produção de matéria seca do milho.
2. As plantas no tratamento completo e nas omissões dos macronutrientes apresentaram os seguintes teores de nutrientes na parte aérea, em g kg⁻¹: N

35,5 e 16,1; P 3,3 e 0,4; K 37,4 e 7,2; Ca 4,2 e 0,7; Mg 1,7 e 0,6; S 0,6 e 0,8, respectivamente.

3. A deficiência de cada nutriente, além de promover diminuição de seu teor na parte aérea, causou desequilíbrio entre os demais nutrientes e, conseqüentemente, alterações traduzidas como sintomas típicos da respectiva deficiência.

AGRADECIMENTO

À Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal, pelo apoio de infra-estrutura.

REFERÊNCIAS

- AJAKAIYE, C. O. Effect of phosphorus on growth and iron nutrition of millet and sorghum. *Plant and Soil*, The Hague, v. 51, n. 4, p. 551-561, 1979.
- BATAGLIA, O. C. et al. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. (Boletim técnico, 78).
- BONAMIGO, L. A. A cultura do milho no Brasil: implantação e desenvolvimento do cerrado. In: WORSKHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1., 1999, Planaltina. *Anais...* Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 31-65.
- BRAZ, A. J. B. P. et al. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 83-87, 2004.
- COELHO, A. M. et al. *Seja o doutor do seu sorgo*. Piracicaba: Potafos, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).
- EPSTEIN, E. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.
- FASABI, J. A. V. *Carências de macro e micronutrientes em plantas de malva (Urena lobata), variedade BR-01*. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas)- Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1996.
- GUIDELI, C. et al. Produção e qualidade do milho semeado em duas épocas e adubado com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 2093-2098, 2000.
- HERINGER, I.; MOOJEN, E. L. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milho submetida a diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 875-882, 2002.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. *The water culture method for growing plants without soils*. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950.
- KENNEDY, C. et al. Nitrogen application and critical shoot nitrogen concentration for optimum grain and seed protein yield of pearl millet. *Crop Science*, Madison, v. 42, n. 6, p. 1966-1973, 2002.
- LUPATINI, G. C. et al. Resposta do milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pastejo à adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 31, n. 10, p. 715-720, 1996.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. *Principles of plant nutrition*. 4. ed. Berne: International Potash Institute, 1987.
- PAULA, L. K. et al. Cultivo de milho (BRS 1501) em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2000, Taubaté. *Resumos...* Taubaté: Universidade de Taubaté, 2000.
- PAYNE, W. A. et al. Pearl millet growth as affected by phosphorus and water. *Agronomy Journal*, Madison, v. 83, n.6, p. 942-948, 1991.
- PEREIRA FILHO, I. A. et al. *Manejo da cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2003. (Circular técnica, 29).
- PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.
- ROSOLEM, C. A. et al. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 875-884, 2003.
- SALTON, J. C. et al. Avaliação do sistema de plantio direto na sucessão de soja sobre pastagem de braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. *Resumos expandidos...* Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p. 1816-1818.
- SANTI, A. et al. Deficiências de macronutrientes em sorgo. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 2, p. 228-233, 2006.
- SANTOS, E. A.; KLIEMANN, H. J. Eficiência de fosfatos naturais relacionados à produtividade de milho em solos de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 36, n. 2, p. 75-81, 2006.

SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopathologica*, Jaguariúna, v. 1, n. 3, p. 231-233, 1975.

SCALÉA, M. J. Perguntas & respostas sobre o plantio direto. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 83, p. 1-8, 1999. (Encarte técnico).

VASCONCELLOS, C. A.; SANTOS, H. L. dos; FRANÇA, G. E. Calagem e adubação na cultura do sorgo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRO-PECUÁRIA. *Recomendações técnicas para o cultivo do sorgo*. 3. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1988. p. 19-26.