

DESORDENS NUTRICIONAIS POR DEFICIÊNCIA EM GIRASSOL var. CATISSOL-01¹

Renato de Mello Prado² e Renata Moreira Leal³

ABSTRACT

NUTRITIONAL DISORDERS BY DEFICIENCY IN
SUNFLOWER var. CATISSOL-01

This study was carried out in aerated nutritive solution to evaluate the effect of macronutrients, boron, and zinc omission on plant growth, dry matter production, visual symptoms and nutritional status of sunflower. The experiment was arranged in a completely randomized design with two replications and nine treatments corresponding to the complete solution (macro and micronutrients) and individual omission of N, P, K, Ca, S, Mg, B and Zn. We measured plant height, number of leaves, stem diameter, leaf area and dry matter, and leaf content of macro and micronutrients. The individual omissions of N, P, K, and Ca were the most limiting to plant dry matter production, and resulted in morphological alterations represented by characteristic visual symptoms of the nutritional deficiency of each element.

KEY WORDS: *Helianthus annuus*, deficiency, nutritional disorder, nutrients, visual symptom.

RESUMO

Objetivando-se avaliar o efeito da omissão de macronutrientes, de boro e de zinco no crescimento, na produção de matéria seca, nos sintomas visuais e no estado nutricional de plantas de girassol. Conduziu-se um experimento em solução nutritiva aerada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com nove tratamentos, que corresponderam à solução completa (macro e micronutrientes) e à omissão individual de N, P, K, Ca, S, Mg, B e Zn, em duas repetições. Avaliou-se a altura das plantas, o número de folhas, o diâmetro do caule, a área foliar e a matéria seca, além do teor foliar de macro e micronutrientes. As omissões individuais de N, P, K e Ca foram as mais limitantes para o crescimento vegetativo do girassol, avaliado sobre a produção de matéria seca das plantas. Isso resultou em alterações morfológicas que se traduziram em sintomas visuais característicos da deficiência nutricional de cada elemento.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus*, deficiência, desordem nutricional, nutrientes, sintomas visuais.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) responde por cerca de 13% de todo óleo vegetal produzido no mundo, apresentando evolução na área plantada. É uma cultura de ampla adaptabilidade, alta tolerância à seca, alto rendimento de grãos e de óleo. Além disso, a planta do girassol, os grãos, os restos da cultura e os subprodutos gerados na extração do óleo podem ser usados na alimentação animal.

Na safra 2002/2003, a produção brasileira atingiu 58 mil toneladas, em uma área colhida de

43 mil hectares, destacando o estado de Goiás como o maior produtor, com 31 mil toneladas (Agrianual 2004). Atualmente, o cultivo dessa oleaginosa tem-se expandido na região do Brasil Central, devido ao cultivo em safrinha, visto que a cultura apresenta alta tolerância ao déficit hídrico. Nesse contexto, para que se tenha um aumento do potencial produtivo da cultura, é importante que se forneça nutrientes em quantidades adequadas, evitando-se a falta ou excesso de um determinado elemento.

Os sintomas de deficiência ou excesso de um nutriente, em geral, são semelhantes em todas as

1. Trabalho recebido em jun./2005 e aceito para publicação em out./2006 (registro n° 646).

2. Depto. Solos e Adubos, Fac. de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista. Bolsista PQ do CNPq. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. CEP 14870-000 Jaboticabal, SP. E-mail: rmprado@fcav.unesp.br

3. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, FCAV, Unesp. Bolsista da Fapesp. E-mail: rmleal@fcav.unesp.br

espécies de plantas. O motivo pelo qual a manifestação de anormalidade por carência de um elemento é característica, deve-se ao fato de que ele exerce sempre a mesma função, qualquer que seja a espécie vegetal (Malavolta 1980). Entretanto, existem respostas peculiares entre e dentro das espécies, como resultado da expressão genética, influenciando a distribuição dos elementos ou a sensibilidade de sistemas metabólicos (Vose 1963).

Na literatura, são escassos os trabalhos de nutrição que observam os efeitos da omissão de nutrientes na cultura do girassol. Cruz *et al.* (1983) desenvolveram, em condições de casa de vegetação, na Unesp, Campus Jaboticabal, um trabalho cultivando plantas de girassol da linhagem LA 1, em um Latossolo Vermelho-escuro durante 75 dias, com a omissão de N, K, S, B, Mo, Cu, Mn e Zn. Segundo os autores, na omissão de N, K, S e B, foram observados sintomas de deficiência e, com exceção do tratamento com omissão de S, os demais promoveram diminuição significativa da matéria seca das plantas relativamente ao tratamento completo.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as omissões de macronutrientes, de boro e de zinco sobre o crescimento, a produção de matéria seca, os sintomas visuais e o estado nutricional de plantas de girassol, variedade Catissol-01.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em condições de casa de vegetação na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, campus de Jaboticabal-SP. Utilizou-se a planta de girassol, *H. annuus*, var. Catissol-01. Realizou-se a semeadura em bandejas plásticas com vermiculita, onde as plântulas foram mantidas durante duas semanas, utilizando-se uma solução diluída (25%) de Hoagland & Arnon (1950).

Após esse período, as plântulas foram selecionadas de acordo com a uniformidade e transplantadas uma para cada vaso (2,5 L), aplicando-se as soluções nutritivas, isto é, as soluções completas e deficientes em N, P, K, Ca, S, Mg, B e Zn (Tabela 1). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e duas repetições.

Após a aplicação dos tratamentos, as plantas de girassol foram cultivadas em solução nutritiva durante trinta dias. As soluções nutritivas foram trocadas semanalmente e continuamente aeradas,

Tabela 1. Composição química da solução nutritiva (mL.vaso⁻¹) de Hoagland & Arnon (1950), correspondente aos tratamentos utilizados no experimento.

| Soluções estoques | Tratamentos ¹ | | | | | | | | |
|---|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Completo | - N | - P | - K | - Ca | - Mg | - S | - B | - Zn |
| K ₂ HPO ₄ | 2,5 | 2,5 | - | - | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| KNO ₃ | 12,5 | - | 12,5 | - | 12,5 | 7,5 | 7,5 | 12,5 | 12,5 |
| Ca (NO ₃) ₂ .5H ₂ O | 12,5 | - | 12,5 | 12,5 | - | 10,0 | 10,0 | 12,5 | 12,5 |
| MgSO ₄ .7H ₂ O | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | - | - | 5,0 | 5,0 |
| KCl | - | 12,5 | 2,5 | - | - | 5 | 5,0 | - | - |
| CaCl ₂ .2H ₂ O | - | 5,0 | - | - | - | 2,5 | 2,5 | - | - |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | - | - | - | 2,5 | - | - | - | - | - |
| NH ₄ NO ₃ | - | - | - | 5,0 | 12,5 | - | - | - | - |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | - | - | - | - | - | 5,0 | - | - | - |
| MgNO ₃ | - | - | - | - | - | - | 5,0 | - | - |
| Solução de micros | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | - | - |
| Micros - B | - | - | - | - | - | - | - | 2,5 | - |
| Micros - Zn | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,5 |
| Solução Fe | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| EDTA | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |

¹- O sinal "-" indica a omissão do respectivo nutriente na composição da solução nutritiva.

completando-se diariamente o nível da solução no vaso com água destilada e ajustando-se o valor pH entre 5,0 e 6,0 com HCl 0,1N ou NaOH 1N. A água utilizada no experimento apresentava as seguintes características químicas: pH = 8,1; condutividade elétrica = 0,1 dS.m⁻¹; alcalinidade total = 113,0 mg.L⁻¹ de CaCO₃; dureza total = 69,0 mg.L⁻¹ de CaCO₃; sulfatos = 1,0 mg.L⁻¹ de SO₄⁻²; N-NH₄⁺ ≤ 0,001 mg.L⁻¹; N-NO₃⁻ = 0,0013 mg.L⁻¹; Na = 21,0 mg.L⁻¹; K = 2,0 mg.L⁻¹; Ca = 26,5 mg.L⁻¹; Mg = 0,52 mg.L⁻¹; Zn = 0,002 mg.L⁻¹; Fe total = 0,005 mg.L⁻¹; Mn total = 0,003 mg.L⁻¹; Cu = 0,003 mg.L⁻¹.

Após trinta dias da aplicação dos tratamentos, avaliou-se o diâmetro do caule (5,0 cm do colo), o número de folhas por planta, a altura da planta, a área foliar e a produção de matéria seca (raízes, caule e folhas). Além disso, coletaram-se todas as folhas da parte aérea da planta para a análise química e determinação dos teores de macronutrientes, de boro e de zinco, conforme metodologia de Bataglia *et al.* (1983).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo, como número de folhas, altura das plantas, diâmetro do caule e área foliar, bem como a produção de matéria seca das folhas, caule e raízes, além dos teores de macronutrientes e de boro e zinco nas folhas são discutidas a seguir de acordo com a omissão de cada nutriente.

Nitrogênio

A omissão de N reduziu significativamente o desenvolvimento das plantas, afetando o número de folhas, a altura das plantas, o diâmetro do caule e a área foliar, em relação ao tratamento completo (Tabela 2), e induziu alterações morfológicas com sintomas visuais característicos da deficiência de N. Com isso, houve também diminuição significativa na produção de matéria seca das folhas (93%), do caule (96%) e das raízes (90%), em relação ao tratamento completo (Tabela 3). Lima *et al.* (1981) estudaram o efeito de doses crescentes de N (zero; 128 ppm; e 256 ppm) no crescimento de plantas de girassol, cv. Uruguai, cultivadas em solução nutritiva. Os autores observaram que, com o aumento da dose de N, houve acréscimo significativo dos atributos indicativos de crescimento da planta, como a altura, o número de folhas e o peso da matéria seca das diferentes partes da planta. Os sintomas de deficiência de nitrogênio surgiram no início do desenvolvimento das plantas, sendo que as folhas mais velhas apresentaram clorose uniforme no limbo foliar.

Tabela 2. Resultados médios das variáveis de crescimento das plântulas de girassol, var. Catissol-01, após trinta dias da aplicação dos tratamentos em solução nutritiva, em função da omissão individual de cada nutriente.

| Tratamentos | Número de Folhas | Altura de Plantas (cm) | Diâmetro do Caule (mm) | Área Foliar (cm ²) |
|---------------|------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Completo | 16 | 78,0 | 15,4 | 2100 |
| Omissão de N | 10* | 44,5* | 4,5* | 137* |
| Omissão de P | 9* | 35,5* | 3,5* | 85* |
| Omissão de K | 16 | 31,5* | 7,0* | 936* |
| Omissão de Ca | 15 | 39,0* | 6,2* | 202* |
| Omissão de S | 15 | 64,5 | 12,5 | 1917 |
| Omissão de Mg | 15 | 64,0 | 14,5 | 1339* |
| Omissão de B | 14* | 66,5 | 12,5 | 2300 |
| Omissão de Zn | 15 | 63,5 | 13,9 | 1330* |
| CV (%) | 8,2 | 8,3 | 8,3 | 8,3 |

* valores médios diferindo significativamente do tratamento solução completa (teste Tukey, a 5% de probabilidade).

Tabela 3. Resultados médios da produção de matéria seca (g) das plântulas de girassol, var. Catissol-01, após trinta dias da aplicação dos tratamentos em solução nutritiva, em função da omissão individual de cada nutriente.

| Tratamento | Matéria seca (g) | | | |
|---------------|------------------|-------|-------|--------|
| | Folhas | Caule | Raiz | Total |
| Completo | 5,45 | 10,30 | 1,66 | 17,41 |
| Omissão de N | 0,38* | 0,44* | 0,17* | 0,99* |
| Omissão de P | 0,57* | 0,25* | 0,27* | 1,09* |
| Omissão de K | 2,94* | 0,86* | 0,17* | 3,97* |
| Omissão de Ca | 1,43* | 1,08 | 0,44* | 2,95* |
| Omissão de S | 4,87 | 10,55 | 1,41 | 16,97 |
| Omissão de Mg | 5,43 | 8,70 | 1,10* | 15,23 |
| Omissão de B | 4,63 | 8,32 | 0,73* | 13,88* |
| Omissão de Zn | 4,45 | 9,81 | 1,17 | 15,43 |
| CV (%) | 9,6 | 12,7 | 16,7 | 9,2 |

* valores médios diferindo significativamente do tratamento solução completa (teste Tukey, a 5% de probabilidade).

Sintoma semelhante foi observado por Cruz *et al.* (1983), em plantas de girassol da linhagem LA 1, em condições de casa de vegetação, porém, observados no início de formação do capítulo até o florescimento. Segundo Malavolta *et al.* (1997), este sintoma está associado à menor produção de clorofila, ocasionando modificação nos cloroplastos. Mendes (1959) acrescenta a grande importância do nitrogênio não só no crescimento, mas também na divisão celular.

Em um experimento com solução nutritiva, utilizando níveis crescentes de nitrato (3,75 mM; 7,5 mM; 15 mM; e 30 mM), Carelli *et al.* (1996) observaram que a deficiência de N provocou queda de 31% na taxa de fotossíntese. Essa taxa, por sua vez, está relacionada com o decréscimo na quantidade da enzima Rubisco, visto que parte do nitrogênio total da folha fica alocado nesta enzima. Além disso, os autores verificaram que o crescimento da parte aérea das plantas, avaliado pela massa seca das folhas e hastes, área foliar, número de folhas e da altura das plantas, apresentou resposta quadrática ao nível de nitrato, atingindo o valor máximo entre 20 mM e 22 mM, sendo que o crescimento das raízes não foi alterado pelo fornecimento de nitrato. Assim, quando o teor de N na planta apresenta um valor muito baixo desenvolve-se sintomas visuais de deficiência, conforme descrito anteriormente. No presente trabalho, porém, não foi possível determinar o teor de N foliar, pois, a matéria seca produzida foi insuficiente para a análise química.

Fósforo

Os atributos que indicam crescimento vegetativo foram significativamente afetados pela omissão de fósforo. Houve diminuição do número de folhas, da altura da planta, do diâmetro do caule e da área foliar, em relação ao tratamento completo (Tabela 2). Isso resultou em diminuição da produção de matéria seca de folhas (90%), caule (98%) e raízes (84%) (Tabela 3). Lima *et al.* (1981) estudaram o efeito de doses crescentes de P (zero; 83 ppm; e 166 ppm) sobre o crescimento de plantas de girassol, cv. Uruguai, cultivadas em solução nutritiva. Os autores observaram que, juntamente com o nitrogênio, o fósforo foi muito importante para a obtenção de acréscimo significativo das variáveis de crescimento da planta, como altura, número de folhas e peso da matéria seca das diferentes partes da planta.

De acordo com Mengel & Kirkby (1987), plantas deficientes em fósforo têm seu crescimento retardado por apresentarem vários processos afetados,

como a síntese de proteínas e de ácido nucléico. Sintomas visuais de deficiência de fósforo foram observados no início do desenvolvimento das plantas, apresentando pontos necróticos nas folhas mais velhas. Resultados semelhantes foram relatados por Cassman (1993), com relação à redução do crescimento, induzida pela omissão de P em várias culturas. Neste estudo também não foi possível determinar o teor foliar de fósforo, devido à pequena produção de matéria seca das folhas.

Potássio

O potássio, após o fósforo e o nitrogênio, foi o elemento que mais influenciou as variáveis de crescimento vegetativo (Tabela 2), bem como a produção de matéria seca das plantas, em relação ao tratamento completo (Tabela 3). Rollier *et al.* (1976) também observaram, em condições de campo, que a adubação potássica favorece a altura e o diâmetro do caule em plantas de girassol. O efeito positivo do potássio na cultura também foi verificado por Lewis *et al.* (1991). O sintoma de deficiência de potássio ocorreu com o surgimento de clorose nas folhas baixas, especialmente nas bordas e pontas das folhas, notados no início do desenvolvimento das plantas. Sintoma semelhante foi encontrado por Cruz *et al.* (1983), cultivando plantas de girassol da linhagem LA 1, em condições de casa de vegetação.

Em plantas com deficiência de potássio, os compostos nitrogenados solúveis, ilusivos as aminas, putrescinas e agmatina, muitas vezes, se acumulam, sendo a última provavelmente responsável pelas manchas necróticas que aparecem nas folhas deficientes nesse nutriente (Epstein 1975). Na Tabela 4 nota-se que plantas que receberam o tratamento completo apresentaram teor foliar de potássio igual a 40,5 g.kg⁻¹. Esse valor está dentro da faixa considerada normal por Raji *et al.* (1996), que se situa entre 30 g.kg⁻¹ e 45 g.kg⁻¹, para amostras de quinta e sexta folhas abaixo do capítulo; porém, é superior ao recomendado por Malavolta *et al.* (1989), que é de 20 g.kg⁻¹ a 27 g.kg⁻¹, em folhas do terço superior, na época do florescimento. A omissão desse elemento causou redução significativa nas folhas (5,4 g.kg⁻¹), em relação ao tratamento completo, ocasionando sintomas visuais como já descrito anteriormente.

Cálcio

As plantas que receberam o tratamento com a omissão de cálcio apresentaram diminuição no número de folhas, na altura da planta, no diâmetro do

Tabela 4. Teores de macronutrientes, de boro e de zinco nas folhas de girassol, var. Catissol-01, após trinta dias da aplicação dos tratamentos, em função da omissão individual de cada nutriente.

| Treatmento | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Zn |
|---------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-----------------------------|-----|
| | g kg ⁻¹ | | | | | | ... mg kg ⁻¹ ... | |
| Completo | 47,3 | 6,1 | 40,5 | 24,9 | 4,9 | 5,4 | 140 | 30 |
| Omissão de K | 57,6* | 11,7* | 5,4* | 33,5* | 15,0* | 5,4 | 141 | 48* |
| Omissão de Ca | 48,7 | 12,0* | 62,5* | 3,4* | 15,0* | 7,0* | 158* | 55* |
| Omissão de Mg | 40,7* | 7,1 | 55,8 | 15,5* | 0,9* | 4,6 | 155 | 26 |
| Omissão de S | 46,1 | 5,7 | 33,9 | 33,4* | 7,1 | 3,1* | 135* | 29 |
| Omissão de B | 44,7 | 5,5 | 52,5 | 29,3 | 5,5 | 6,5* | 45* | 28 |
| Omissão de Zn | 47,5 | 6,6 | 48,5 | 28,5 | 5,8 | 5,2 | 159* | 22 |
| C.V. (%) | 3,4 | 14,9 | 15,0 | 13,2 | 9,3 | 13,3 | 3,9 | 8,8 |

* valores médios diferindo significativamente do tratamento solução completa (teste Tukey, a 5% de probabilidade).

caule e na área foliar, em relação ao tratamento completo (Tabela 2). Isso se refletiu também na diminuição da produção de matéria seca das folhas, raízes e caule, em comparação com o tratamento completo (Tabela 3). Sintomas de deficiência do elemento foram observados no início do desenvolvimento das plantas, que apresentaram encarquilhamento do limbo foliar, encurtamento dos internódios e, conseqüentemente, redução do crescimento.

A falta de cálcio é caracterizada pela redução do crescimento de tecidos meristemáticos, sendo observado, primeiramente, nas extremidades em crescimento e folhas mais jovens (Mengel & Kirkby 1987). Plantas que receberam o tratamento completo apresentaram teor foliar de Ca igual a 24,9 g.kg⁻¹, sendo este valor superior ao considerado normal por Raji *et al.* (1996), que é de 8-22 g.kg⁻¹ (amostras da quinta e sexta folhas abaixo do capítulo, na época do florescimento) e, também, por Malavolta *et al.* (1989), 17-22 g.kg⁻¹ (amostras de folhas do terço superior, na época do florescimento).

A diferença desses resultados pode ser justificada pelo período de amostragem e pelo tipo de folhas coletadas no presente trabalho. Já as plantas que receberam o tratamento com a omissão de Ca apresentaram redução no teor foliar do elemento (3,4 g.kg⁻¹), o que acarretou as desordens nutricionais descritas anteriormente (Tabela 4). No tratamento com a omissão de potássio, observou-se um aumento do teor de cálcio nas folhas, em relação ao tratamento completo (Tabela 4), fato este conhecido pela interação entre esses nutrientes, devido à competição entre tais elementos na absorção.

Magnésio

A omissão de magnésio afetou somente a área foliar (Tabela 2) e a produção de matéria seca das raízes (Tabela 3), havendo diminuição significativa

em relação ao tratamento completo. Diferentemente de N, P, K e Ca, o sintoma de deficiência de magnésio foi observado no final do período de condução experimental (ao redor de vinte dias após a aplicação dos tratamentos), caracterizando-se pelo amarelecimento das folhas, dando um aspecto de reticulado grosso, com encarquilhamento do limbo foliar. Sintoma semelhante foi observado por Cruz *et al.* (1983), cultivando plantas de girassol da linhagem LA 1, em condições de casa de vegetação. Esses resultados estão de acordo com os sintomas descritos por Malavolta *et al.* (1997).

Segundo Epstein (1975), o magnésio é muito móvel no floema e, portanto, redistribui-se facilmente das folhas e tecidos mais velhos para as regiões de maiores exigências, como os meristemas e órgãos de reserva. O teor foliar do elemento no tratamento completo ($4,9 \text{ g.kg}^{-1}$) está dentro da faixa considerada adequada por Raij *et al.* (1996), que é de $3,0\text{-}8,0 \text{ g.kg}^{-1}$, na quinta e sexta folhas amostradas abaixo do capítulo, e inferior ao recomendado por Malavolta *et al.* (1989), que é de $9\text{-}11 \text{ g.kg}^{-1}$, em folhas do terço superior, na época do florescimento.

Essa diferença pode ser justificada pelo período de amostragem e tipo de folhas coletadas no presente trabalho, em relação à recomendação feita pelos autores. A omissão de magnésio diminuiu de forma significativa em relação ao tratamento completo, apresentando um teor de $0,9 \text{ g.kg}^{-1}$ (Tabela 4). Também na presença do tratamento com a omissão de potássio, observou-se um aumento do teor de Mg nas folhas, em relação ao tratamento completo (Tabela 4); fato este decorrente da interação antagonista entre esses nutrientes.

Enxofre

Não houve efeito da omissão de enxofre sobre o número de folhas, a altura das plantas, o diâmetro do caule e a área foliar (Tabela 2). Assim, tal omissão não teve reflexos na produção de matéria seca das diferentes partes da planta de girassol (Tabela 3), em relação ao tratamento completo. Também não foram observados sintomas visuais de deficiência do elemento durante o período da experimentação. Porém, Malavolta *et al.* (1997) relatam que o sintoma característico é um amarelecimento das folhas mais novas, o qual foi observado por Cruz *et al.* (1983), cultivando plantas de girassol da linhagem LA 1, em condições de casa de vegetação.

O teor de enxofre nas folhas, tanto no tratamento completo como no tratamento com omissão

do elemento (Tabela 4), foram superiores aos da faixa recomendada por Raij *et al.* (1996), que é de $1,5\text{-}2,0 \text{ g.kg}^{-1}$. Entretanto, o teor do elemento no tratamento completo está dentro da faixa adequada ($5,4 \text{ g.kg}^{-1}$), de acordo com Malavolta *et al.* (1989). Já o teor de enxofre no tratamento com a sua omissão ($3,1 \text{ g.kg}^{-1}$) foi inferior ao indicado pelo autor, que é de $5\text{-}7 \text{ g.kg}^{-1}$, em folhas do terço superior, na época do florescimento. Essa diferença pode ser justificada pelo período de amostragem e pelo tipo de folhas coletadas na presente pesquisa, em relação ao recomendado pelos autores. A ausência de decréscimo no crescimento do girassol sob omissão de S, em parte, deve-se, provavelmente, à absorção de enxofre contido na água (com cerca de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de SO_4^{2-}). Pode também se dever à absorção de S antes do transplante para a solução nutritiva; sobretudo porque a variedade utilizada mostra baixa suscetibilidade à deficiência de enxofre, possivelmente devido à sua maior eficiência na utilização do nutriente.

Boro

A omissão de boro na solução nutritiva provocou redução significativa no número de folhas (Tabela 2) e na produção de matéria seca das raízes (Tabela 3), que diminuíram significativamente em relação ao tratamento completo. Apesar desses atributos terem sido afetados pela omissão do elemento, não se observaram sintomas visuais de deficiência durante o período experimental. Cruz *et al.* (1983), cultivando plantas de girassol da linhagem LA 1, em condições de casa de vegetação, observaram redução no tamanho das plantas, clorose internerval nas folhas do ponteiro e deformação do limbo das plantas.

Bonacin (2002), avaliando a aplicação de doses crescentes de boro (entre zero e $4,0 \text{ kg.ha}^{-1}$), em girassol cultivado em vasos, com Latossolo Vermelho, observou que não houve diferença significativa das doses do elemento nas variáveis de crescimento vegetativo, como altura das plantas, número de folhas, área foliar e diâmetro do caule, além da produção de matéria seca do caule. Porém, a presença do elemento, mesmo na dose mais baixa, foi importante para o desenvolvimento das plantas.

Melo & Lemos (1991) relataram que a deficiência de boro prejudica o transporte e a ação dos reguladores de crescimento, além de provocar distúrbios no desenvolvimento da planta. Plantas que receberam o tratamento completo (140 mg.kg^{-1}) e o tratamento com omissão de boro (45 mg.kg^{-1})

apresentaram teor de boro superior (Tabela 4) e dentro das faixas adequadas, respectivamente, indicadas por Raij *et al.* (1996), 35-100 mg.kg⁻¹, e Malavolta *et al.* (1989), 50-70 mg.kg⁻¹. Isso, apesar da diferença no período de amostragem e do tipo de folhas coletadas no presente estudo, em relação às indicações desses autores.

Zinco

A omissão de zinco não ocasionou efeitos depressivos nos atributos que indicam crescimento vegetativo (Tabela 2), nem na produção de matéria seca das diferentes partes da planta (Tabela 3). Não foram observados, durante o período de experimentação, sintomas visuais de deficiência do elemento. O tratamento completo apresentou teor de Zn nas folhas (30 mg.kg⁻¹) dentro da faixa adequada segundo Raij *et al.* (1996), 20-55 mg.kg⁻¹; mas, inferior à estimativa de Malavolta *et al.* (1989), que é de 7-140 mg.kg⁻¹. Essa diferença, mais uma vez, pode ser justificada pelos diferentes períodos de amostragem e tipo de folhas coletadas no presente estudo. Porém, com a omissão do elemento esse teor foi de 22 mg.kg⁻¹, não diferindo de forma significativa do tratamento completo (Tabela 4). Já a quantidade acumulada do elemento nas plantas que receberam o tratamento completo foi de 133,5 mg.kg⁻¹, e as plantas que receberam o tratamento com omissão de zinco, 97,9 mg.kg⁻¹ (valores derivados do produto entre rendimento de matéria seca e teor do nutriente).

Resultados contrastantes aos do presente trabalho foram encontrados por Chatterjee & Khurana (2001), avaliando a produção de matéria seca e os sintomas visuais de plantas de girassol, cv. Jwala Mukhi, em solução nutritiva sob doses crescentes de zinco (entre 0,00065 mg.L⁻¹ e 65 mg.L⁻¹), cultivadas até os 73 dias. Os autores observaram que, após 45 dias da aplicação dos tratamentos, as plantas que receberam a dose mais baixa de zinco (0,00065 mg.L⁻¹) desenvolveram sintomas visuais de deficiência, que se caracterizou por clorose internerval nas folhas. A produção de matéria seca das plantas sob doses mais baixas, ou seja, quase zero (0,00065 mg.L⁻¹ e 0,0065 mg.L⁻¹), também diminuiu de forma significativa. A discordância entre esses resultados, possivelmente, possa ser atribuída ao uso de cultivares diferentes ou pelos distintos períodos de condução dos experimentos.

CONCLUSÃO

As omissões individuais de N, P, K e Ca foram as mais limitantes para o crescimento vegetativo do girassol (var. Catissol-01) e para a produção de matéria seca das plantas. Isso resultou em alterações morfológicas que se traduziram em sintomas visuais característicos das deficiências nutricionais de cada elemento.

REFERÊNCIAS

- Agriannual. 2004. Anuário estatístico da agricultura brasileira. FNP Consultoria & Comércio, São Paulo. 500 p.
- Bataglia, O. C., A. M. C. Furlani, J. P. F. Teixeira, P. R. Furlani & J. R. Gallo. 1983. Métodos de análise química de plantas. Instituto Agrônomo, Campinas. 48 p. (Boletim Técnico).
- Bonacin, A. G. 2002. Crescimento de plantas, produção e característica das sementes de girassol em função de doses de boro. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp. Jaboticabal, São Paulo. 98 p.
- Carelli, M. L. C., M. R. G. Ungaro, I. Fahl & M. do C. Novo. 1996. Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 8 (2): 123-130.
- Cassman, K. G. 1993. Cotton. p. 111-119. In W. F. Bennet. (Ed.). Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants. APS Press, Saint Paul. 202 p.
- Chatterjee, C. & N. Khurana. 2001. Influence of variable zinc on yield, oil content, and physiology of sunflower. Commun. Soil Sci. Plant Anal, 32 (18): 3023-3030.
- Cruz, M. C. P., M. E. Ferreira & N. G. Fernandes. 1983. Diagnose por subtração em girassol. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 18 (12): 1311-1315.
- Epstein, E. 1975. Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas. Universidade de São Paulo, São Paulo. 341 p.
- Hoagland, D. R. & J. P. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soils. California Agricultural Experimental Station, Berkeley. 347 p.
- Lewis, D. C., T. D. Potter & S. E. Weckert. 1991. The effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer application on the seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) grown on sandy soils and the prediction of

- phosphorus and potassium responses by soil tests. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 28 (2): 185-190.
- Lima, A., M. M. Mischon & A. M. L. Neptune. 1981. Efeito isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento do girassol. *Anais da ESALQ*, 43 (1): 857-873.
- Malavolta, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. *Agronômica Ceres*, São Paulo. 251 p.
- Malavolta, E., G. C. Vitti & S. A. Oliveira. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba. 201 p.
- Malavolta, E., G. C. Vitti & S. Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Potafos, Piracicaba. 319 p.
- Melo, J. W. & E. G. M. Lemos. 1991. Análise bioquímica de plantas. p. 310-331. In *Simpósio sobre Micronutrientes na Agricultura*, 1. Potafos/CNPq. Piracicaba, São Paulo. 734 p.
- Mendes, H. C. 1959. Nutrição do algodoeiro. I. Sintomas de deficiências minerais em plantas vegetando em soluções nutritivas. *Bragantia*, 18 (3): 467-481.
- Mengel, K. & E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. *Bem: Intern, Postash Institute*. 687 p.
- Raij, B. van., J. C. Andrade, H. Cantarella, J. A. Quaggio & A. M. C. Furlani. 1996. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Instituto Agrônomo e Fundação IAC, Campinas. 285 p.
- Rollier, M., S. Trocme & R. Boniface. 1976. Observation sur la fertilization phospho-potassique tornassol. *Cettion*, 1 (1): 29-39.
- Vose, P. B. 1963. Differences in plant nutrition. *Herbage Abstracts*, 33 (1): 1-13.