



Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional da chicória cultivada em solução nutritiva

Omission of macronutrients on growth and nutritional status of chicory grown in nutrient solution

Aline Peregrina Puga¹, Renato de Mello Prado¹, Marcus André Ribeiro Correia¹, Thiago Batista Almeida¹

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Jaboticabal – SP. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Email: linepuga@yahoo.com.br

Recebido em: 12/04/2010

Aceito em: 15/07/2010

Resumo. Com o objetivo de avaliar o efeito da omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional da chicória, um experimento foi desenvolvido em casa de vegetação na FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos, que corresponderam à solução nutritiva completa (macro e micronutrientes) e à omissão individual de N, P, K, Ca, Mg e S, com três repetições. Cada unidade experimental constou de um vaso plástico de 8 L, com duas plantas. Foram avaliadas a altura das plantas, a área foliar, o número de folhas, a matéria seca da parte aérea e da raiz, os teores e acúmulo dos macronutrientes da parte aérea e raiz. A deficiência dos macronutrientes causou prejuízos ao crescimento das plantas, redução nos teores e acúmulo dos nutrientes e, consequentemente, sintomas visuais típicos da deficiência de cada nutriente.

Palavras-chave. *Cichorium endivia* L., deficiência nutricional, nutrição mineral

Abstract. In order to evaluate the effect of macronutrient omission on nutritional status and development of chicory, an experiment was conducted in a greenhouse at FCAV/UNESP, Jaboticabal. The experimental design was randomized, with seven treatments, which corresponded to a complete nutrient solution (macro and micronutrients) and the omission of N, P, K, Ca, Mg and S, with three replications. Each experimental unit consisted of an 8-L plastic pot with two plants. The height of plants, leaf area, leaf number, dry weight of shoot and root, the levels of nutrients and accumulation of shoot and root. The deficiency of nutrients caused: injury to plant growth, reduction in content and accumulation of each nutrient and, consequently, typical visual symptoms of deficiency for each nutrient.

Key-words. *Cichorium endivia* L., nutritional deficiency, mineral nutrition

Introdução

A chicória (*Cichorium endivia* L.) é uma espécie da família Asteraceae, constituindo o grupo de hortaliças folhosas mais populares no Brasil e já era utilizada como alimento pelos antigos gregos e romanos (Camargo, 1981). É uma hortaliça folhosa, semelhante à alface, entretanto, suas folhas não formam cabeça, sendo crespas ou lisas, conforme a variedade (Filgueira, 2000).

Segundo Filgueira (2003), a chicória produz melhor sob temperaturas amenas, embora havendo cultivares tolerantes à temperaturas mais elevadas. Geralmente a semeadura ocorre no outono-inverno, porém pode-se cultivar ao longo

do ano, em regiões de altitude elevada (Filgueira, 2003).

O cultivo de plantas em solução nutritiva tem sido importante ferramenta no progresso de pesquisas com nutrição de plantas, pois os solos, sendo meios complexos e heterogêneos, não são adequados para controle experimental rigoroso. O controle de variáveis relevantes é essencial para experimentação significativa, consequentemente, os pesquisadores voltaram-se para substratos mais simples, algo inerte, que proporcione melhor controle do ambiente radicular (Epstein & Bloom, 2006). Deste modo, a solução nutritiva é definida como um sistema homogêneo onde os nutrientes necessários à planta estão dispersos, geralmente



na forma iônica e em proporções adequadas (Cometti et al., 2006).

Assim, um dos estudos clássicos na área de nutrição empregando a hidroponia é o uso da técnica de indução de deficiência ou técnica do elemento faltante (Prado, 2008). Estes estudos com as plantas em ambiente controlado indicam que os efeitos de diferentes nutrientes sobre o crescimento da planta podem ser mais facilmente estudados do que no campo (Marschner, 1995).

Apesar da importância nutricional das hortaliças, no Brasil são poucos os ensaios visando sua nutrição mineral. São incipientes os trabalhos sobre desordem nutricional nas culturas em geral presentes na literatura, bem como na cultura da chicória.

Diante disto, o presente trabalho visou à avaliação do efeito das omissões de macronutrientes sobre o desenvolvimento e o estado nutricional de plantas de chicória, cultivada em solução nutritiva, assim como descrever sintomas visuais de deficiência nutricional.

Material e Métodos

O experimento foi implantado em casa de vegetação do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, com coordenadas geográficas 21°15'22" Sul, 48°18'58" Oeste e altitude de 575 m. Utilizou-se a cultura da chicória cv. Lisa Mariana Gigante.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com sete tratamentos e três repetições, no qual cada unidade experimental constou de um vaso plástico de 8L e com duas plantas. O experimento foi constituído dos seguintes tratamentos: completo (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Zn, Cu, Fe e Mo), omissão de nitrogênio (-N), omissão de fósforo (-P), omissão de potássio (-K), omissão de cálcio (-Ca), omissão de magnésio (-Mg) e omissão de enxofre (-S).

A semeadura foi realizada em bandeja de 200 células em substrato sem adubação. As plântulas de chicória, em número de duas, foram transplantadas para vasos plásticos. A partir deste momento as plantas foram cultivadas em solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950), diluída pela metade da concentração usual e modificada quanto ao fornecimento de ferro, que se deu sob a forma de Fe-EDDHMA, durante 15 dias. Após este período, as plantas receberam a solução nutritiva sem diluição com os respectivos tratamentos, sendo utilizada água deionizada. As

soluções sofreram reposição da água evapotranspirada.

Durante o cultivo das plantas, as soluções nutritivas eram constantemente oxigenadas e renovadas a cada quinze dias. O pH foi monitorado diariamente com o uso de um peagâmetro portátil e mantido a 5,5. Quando necessário o pH foi ajustado com auxílio da solução de NaOH ou de HCl 0,1 mol L⁻¹.

As plantas foram colhidas após oito semanas do transplante, exceto as plantas que receberam o tratamento com omissão de cálcio e magnésio, as quais foram colhidas na quarta semana após o transplante para os vasos. As plantas foram lavadas em água corrente, em detergente neutro 1 mL L⁻¹, em água deionizada, em solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ e novamente em água deionizada. Foram separadas em parte aérea e raiz, para posterior secagem em estufa de ventilação forçada a 65-70°C até peso constante, para a determinação da massa seca. O material foi moído para a análise química, determinando-se os teores dos macronutrientes na massa seca das folhas e pequeno caule floral pouco desenvolvido (parte aérea) e das raízes, conforme método descrito por Bataglia et al. (1983). E com os resultados da massa seca da parte aérea e raízes e os respectivos teores de nutrientes, realizou-se o cálculo do acúmulo desses nutrientes na planta.

As plantas de chicória foram avaliadas diariamente quanto à sintomatologia de desordem nutricional e também foram determinadas a altura das plantas (determinada da base da espuma até a extremidade da planta), área foliar, além do número de folhas (completamente expandidas).

Realizou-se a análise estatística dos resultados, a partir da análise de variância admitindo distribuição normal dos dados e para comparação das médias realizou-se o teste de Tukey (p<0,05), utilizando o *software* SISVAR.

Resultados e discussão

Nitrogênio

A omissão de nitrogênio reduziu o crescimento das plantas, afetando a altura das plantas, o número de folhas e a área foliar. Com isso, houve também redução significativa na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, em relação ao tratamento completo (Tabela 1).

O tratamento no qual recebeu a solução nutritiva completa apresentou teor de N, na parte

aérea e na raiz, de 24,2 e 30,1 g kg⁻¹, respectivamente, enquanto no tratamento com omissão deste nutriente, encontraram-se os menores teores: 7,5 g kg⁻¹ (parte aérea) e 4,6 g kg⁻¹ (raiz) (Tabela 2). O teor de N observado no tratamento completo esteve abaixo do obtido por Trani & Raij (1997) em chicória cultivada sob condições de campo, 40 a 50 g kg⁻¹. Neste sentido, o acúmulo deste nutriente na parte aérea da planta foi maior no tratamento completo, 187,9 mg por planta, enquanto que o tratamento deficiente em N, apresentou 11,690 mg por planta (Tabela 3).

Diante dos efeitos diretos da omissão de N no crescimento e nutrição da chicória, observaram-se os sintomas de deficiência desse nutriente nas plantas. Inicialmente foi observada clorose homogênea das folhas velhas das plantas de chicória, que segundo Prado (2008), isto ocorre

por falta de clorofila, que deixa de ser sintetizada ou é degradada. Este sintoma também pode estar associada com menor produção de clorofila e com modificações na forma de cloroplastos (Malavolta, 1980).

Também foram visualizadas pontuações escuras próximas às nervuras e menor crescimento da planta em relação ao tratamento completo, que segundo Souza & Fernandes (2006), esta redução do crescimento, inicialmente ocorre em detrimento das reservas da parte aérea, fazendo com que a planta promova alongamento do sistema radicular, como uma tentativa de “buscar” o nutriente. Este fato pode estar também associado à função deste macronutriente na produção de compostos nitrogenados, como aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas e vitaminas (Malavolta et al., 1997).

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente às variáveis de crescimento e matéria secadas plantas de chicória, em função da omissão de macronutrientes.

Tratamentos	Altura cm	Nº folhas por planta	Área foliar cm ²	Matéria seca g planta ⁻¹	
				Parte aérea	Raízes
Completo	23a	17a	1381,08a	7,80a	1,87a
- N	12c	10bc	127,29d	1,57c	1,17c
- P	15b	11abc	341,66c	1,03cd	1,40b
- K	11c	13abc	69,78d	1,13cd	0,47d
- Ca	10c	8c	28,72d	0,34d	0,10e
- Mg	12bc	14ab	169,80d	1,70c	0,53d
- S	21a	15ab	1159,29b	5,10b	1,87a
D.M.S.	2,7	5,8	147,00	0,85	0,23
C.V. %	6,4	16,0	11,0	11,1	7,5

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fósforo

A omissão de fósforo provocou redução do crescimento das plantas, afetando a altura das plantas, o número de folhas e a área foliar. Houve também redução na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, em relação ao tratamento completo (Tabela 1).

O tratamento completo apresentou teor de P, na parte aérea e na raiz, de 5,6 e 9,7 g kg⁻¹, respectivamente, enquanto no tratamento com omissão deste nutriente, encontraram-se os menores teores: 0,8 g kg⁻¹ (parte aérea) e 1,1 g kg⁻¹ (raiz) (Tabela 2), ou seja, houve redução de 86% e 89% no teor de P, respectivamente. O teor de P observado no tratamento sem omissão de P (completo) esteve próximo ao obtido por Trani & Raij (1997) em chicória cultivada sob condições de campo, 4 a 7 g kg⁻¹. O acúmulo deste nutriente

na parte aérea da planta foi maior no tratamento completo, 43,4 mg por planta, enquanto que o tratamento deficiente em P, 0,8 mg por planta (Tabela 3).

Como consequência dos efeitos diretos da omissão de P nas variáveis de crescimento e nutrição da chicória, observaram-se sintomas de deficiência. No tratamento com omissão de P, foi observada coloração verde escuro das folhas das plantas de chicória, visto que o número de folhas e área foliar diminui muito em detrimento da formação de clorofila (Prado, 2008).

Houve menor crescimento da planta em relação ao tratamento completo, que segundo Malavolta (1980), devido à função do fósforo na síntese de proteínas, sua falta reflete no menor crescimento da planta.

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente aos teores de macronutrientes, em g kg⁻¹, na parte aérea e na raiz das plantas de chicória, em função da omissão de macronutrientes

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg ⁻¹						
Parte aérea						
Completo	24,2b	5,6b	67,4a	8,1cd	2,7c	3,9b
- N	7,5c	4,6b	39,1bc	16,9ab	4,2bc	1,7c
- P	22,8b	0,8c	49,2b	14,0b	3,1bc	4,9ab
- K	27,8a	5,8b	2,5e	19,7a	4,9b	5,2ab
- Ca	*	4,8b	31,2cd	3,5de	10,7a	5,5a
- Mg	*	7,7a	21,5d	3,0e	0,5d	4,7ab
- S	24,6ab	5,2b	61,5a	8,6c	2,6c	1,3c
D.M.S.	3,39	1,30	10,92	4,91	1,84	1,38
C.V. %	7,8	9,2	9,8	16,3	15,6	12,4
Raiz						
Completo	30,1a	9,7a	39,6a	¹	1,4b	3,4a
- N	4,6b	3,1b	18,1b	¹	0,7c	0,8d
- P	26,9a	1,1c	22,1b	¹	1,8a	2,0c
- S	27,9a	9,2a	39,4a	¹	1,4b	2,4b
D.M.S.	4,75	1,55	8,09	¹	0,35	0,33
C.V. %	7,5	9,5	9,6	¹	9,4	5,4

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*¹não determinado, pois o material vegetal foi insuficiente para realização da análise

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente ao acúmulo de macronutrientes, em mg planta⁻¹, da parte

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
mg planta ⁻¹						
Completo	187,9a	43,4a	525,7a	63,0a	20,8a	30,1a
- N	11,7cd	7,2cd	61,2c	26,4bc	6,5c	2,6c
- P	23,2cd	0,8d	50,1c	14,2cde	3,2cd	4,9bc
- K	30,1c	6,3cd	2,8c	21,2cd	5,3cd	5,6bc
- Ca	¹	1,7d	11,2c	1,3e	3,9cd	1,9c
- Mg	¹	13,1c	36,4c	4,9de	0,8d	8,0b
- S	125,3b	26,5b	312,9b	44,2b	13,4b	6,6bc
D.M.S.	23,0	7,0	83,0	18,0	5,0	5,0
C.V. %	15,1	17,6	20,4	26,1	21,1	21,7

aérea das plantas de chicória, em função da omissão de macronutrientes

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹não determinado, pois o material vegetal foi insuficiente para realização da análise

Foram observadas, também, machas necróticas no centro das folhas e próximas às margens, segundo Epstein & Bloom (2006), presença de pigmentos marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras, também é um sintoma característico da deficiência de fósforo.

No sistema radicular pôde-se observar crescimento excessivo, que conforme Prado

(2008) está relacionado com o mecanismo de adaptação, onde na carência há maior translocação de carboidratos da parte aérea para a raiz minimizando prejuízos ao sistema radicular.

Potássio

A omissão de potássio afetou todas as variáveis de crescimento estudadas: altura das plantas, o número de folhas e a área foliar.

Também houve redução na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, em relação ao tratamento completo (Tabela 1).

O tratamento completo apresentou teor de K, na parte aérea de $67,4 \text{ g kg}^{-1}$. Na raiz o teor deste macronutriente não foi obtido por insuficiência de material vegetal para a análise. Já no tratamento com omissão deste nutriente, encontraram-se o menor teor: $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 2). O teor de K observado no tratamento sem omissão de K (completo) esteve próximo ao obtido por Trani & Raij (1997) em chicória cultivada sob condições de campo, 50 a 60 g kg^{-1} . O acúmulo deste nutriente na parte aérea da planta foi maior no tratamento completo, $525,7 \text{ mg}$ por planta, enquanto que o tratamento deficiente em K, apresentou $2,8 \text{ mg}$ por planta (Tabela 3).

Assim, diante dos efeitos diretos da omissão de K nas variáveis de crescimento e nutrição da chicória, observaram-se os sintomas de deficiência. No tratamento com omissão de potássio, a deficiência deste nutriente surgiu inicialmente com pequena clorose nas margens das folhas, evoluindo para necrose, isto ocorre devido às suas funções como, participação em processos osmóticos, síntese de proteínas e abertura/fechamento dos estômatos, como estas organelas não se abrem regularmente, há menor intensidade fotossintética (Malavolta et al., 1997).

Foi observado sistema radicular muito pequeno, pela menor translocação de carboidratos da parte aérea para a raiz, reduzindo o crescimento das raízes (Prado, 2008). Epstein & Bloom (2006) citam como sintomas características de deficiência de K: pequenas manchas necróticas; necrose marginal e murcha das folhas; crescimento abaixo do normal e morte de gemas laterais e terminais, corroborando com este trabalho. Foi observado menor crescimento da planta em relação à testemunha.

Cálcio

A omissão de cálcio afetou as variáveis: altura das plantas, o número de folhas e a área foliar. Houve redução na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, em relação ao tratamento completo (Tabela 1).

O tratamento que recebeu solução nutritiva completa apresentou teor de Ca, na parte aérea de $8,1 \text{ g kg}^{-1}$. Na raiz o teor deste macronutriente não foi obtido por insuficiência de material vegetal para a análise. Entretanto, no

tratamento com omissão deste nutriente, encontrou-se o menor teor de cálcio: $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 2). O teor de Ca observado no tratamento sem omissão deste nutriente (completo) esteve abaixo ao obtido por Trani & Raij (1997) em chicória cultivada sob condições de campo, 15 a 25 g kg^{-1} . O acúmulo de cálcio na parte aérea da planta foi maior no tratamento completo, $63,0 \text{ mg}$ por planta, enquanto que o tratamento deficiente em Ca, $1,3 \text{ mg}$ por planta (Tabela 3), resultando redução de 98% no acúmulo deste nutriente.

Diante dos efeitos diretos da omissão de Ca no crescimento e nutrição da chicória, observaram-se os sintomas de deficiência desse nutriente nas plantas. O cálcio, de todos os nutrientes estudados, foi o que provocou sintomas mais drásticos nas plantas de chicória e a maior redução na produção de matéria seca (96%). Foram observados menor crescimento da planta em relação à testemunha, folhas encarquilhadas e com manchas necróticas nos bordos.

Contudo os sintomas mais severos foram a flacidez dos tecidos e a morte dos pontos de crescimento. Na deficiência as membranas começam a vazar e a ligação do Ca com a pectina da parede celular é afetada (Malavolta et al., 1997) e, segundo Vitti et al. (2006), a deficiência de Ca nos tecidos jovens causam um aspecto gelatinoso nas pontas das folhas e nos pontos de crescimento, o que se deve a necessidade de pectato de Ca para a formação da parede celular.

As raízes destas plantas se apresentavam pequenas, grossas e escuras, pois o cálcio é essencial para manter a integridade estrutural das membranas (Malavolta et al., 1997).

Magnésio

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

O tratamento no qual a planta recebeu a solução nutritiva completa apresentou teor de Mg, na parte aérea e na raiz, de $24,2$ e $30,1 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente, enquanto no tratamento com omissão deste nutriente, encontraram-se os menores teores: $7,5 \text{ g kg}^{-1}$ (parte aérea) e $4,6 \text{ g kg}^{-1}$ (raiz) (Tabela 2). O teor de Mg observado no tratamento completo foi maior ao obtido por Trani & Raij (1997) em chicória cultivada sob



condições de campo, 2,5 a 5 g kg⁻¹. Neste sentido, o acúmulo deste nutriente na parte aérea da planta foi maior no tratamento completo, 187,9 mg por planta, enquanto que o tratamento deficiente em Mg, 11,7 mg por planta (Tabela 3).

Diante dos efeitos diretos da omissão de Mg no crescimento e nutrição da chicória, observaram-se os sintomas de deficiência desse nutriente nas plantas. Inicialmente foi observada clorose internerval das folhas velhas, devido ao seu papel importante de estar presente na clorofila, além de ser ativador de muitas enzimas (Malavolta et al., 1997). Também pôde ser observada presença de necrose nos bordos das folhas. Isto ocorre, pois a deficiência deste nutriente pode induzir a descarboxilação de aminoácidos formando a putrescina (Basso & Smith, 1974), explicando a necrose foliar (Prado, 2008).

A presença de raízes pequenas e grossas segundo Prado (2008) ocorre pela diminuição da translocação de carboidratos da parte aérea para a raiz, reduzindo o crescimento das raízes. Foi também verificado menor crescimento da planta em relação à testemunha, pois a limitação de carboidrato fornecido para as raízes prejudica muito seu crescimento (Prado, 2008).

Enxofre

A omissão de enxofre provocou redução do crescimento das plantas, afetando o número de folhas e a área foliar. Houve também redução na produção de matéria seca das raízes, em relação ao tratamento completo (Tabela 1).

O tratamento completo apresentou teor de S, na parte aérea e na raiz, de 3,9 e 3,4 g kg⁻¹, respectivamente, enquanto no tratamento com omissão deste nutriente, encontraram-se os menores teores: 1,3 g kg⁻¹ (parte aérea) e 2,4 g kg⁻¹ (raiz) (Tabela 2). Não foram encontrados trabalhos na literatura informando sobre o teor de enxofre nas folhas de chicória. O acúmulo deste nutriente na parte aérea da planta foi maior no tratamento completo, 30,1 mg por planta, enquanto que o tratamento deficiente em P, 6,6 mg por planta (Tabela 3).

Como consequência dos efeitos diretos da omissão de S nas variáveis de crescimento e nutrição da chicória, observaram-se sintomas de deficiência. Nas primeiras semanas do experimento não foram identificados sintomas

visuais de deficiência de enxofre. No final as folhas novas apresentavam clorose homogênea.

As folhas novas formadas eram pequenas, devido à queda na síntese de proteínas (Malavolta, 1980).

A omissão de N, P, K, Ca, Mg e S, reduziu a produção de matéria seca da parte aérea em 80%, 87%, 86%, 96%, 78% e 35%, respectivamente, em relação ao tratamento completo (Tabela 1). Já, para a produção de matéria seca das raízes, esses mesmos nutrientes reduziram em 37%, 25%, 75%, 95% e 72%, respectivamente, sendo que não houve diferença para a omissão de N, P, K, Ca e Mg. Não houve diferença na matéria seca da raiz na omissão de enxofre (S).

Conclusões

As omissões de N, P, K, Ca e Mg foram os tratamentos que mais limitaram a produção de matéria seca da chicória.

A deficiência dos macronutrientes causaram: prejuízos ao crescimento das plantas, redução nos teores e acúmulo dos nutrientes, e, conseqüentemente, sintomas visuais típicos da deficiência de cada nutriente.

Referências

- BASSOL, L.C.; SMITH, T. Effect of mineral deficiency on amine formation in higher plants. **Phytochemistry**, v.13, p.875-883, 1974.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Método de análises química de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- CAMARGO, L. de. **As hortaliças e seu cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. 321p.
- COMETTI, N.N.; FURLANI, P.R.; RUIZ, H.A.; FERNANDES FILHO, E.I. Soluções nutritivas: formulações e aplicações. In: FERNANDES, M.S (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade **Brasileira de Ciência do Solo**, 2006. p.88-114.
- EPSTEIN, E.; BLOOM A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2nd edition Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Mass. 2005. 400p.



FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 2. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California Agricultural Experimental Station. 1950. 347p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**, São Paulo: Editora Unesp, 407p, 2008.

RODRÍGUEZ, D.; KELTJENS, W.G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant Soil**, v.200, p.319-339, 1999.

TRANI, P.E.; RAIJ, B. Hortaliças. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Ed(s). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2 ed. rev. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p. 157-186.(**Boletim Técnico**, 100).

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S (Ed.). **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2006. p.299-325.