

INFLUÊNCIA DO AZOTO NO CRESCIMENTO DA CEBOLA ANTES DO INÍCIO DA FORMAÇÃO DO BOLBO

INFLUENCE OF NITROGEN ON ONION GROWTH BEFORE BULB INITIATION

Rui Manuel de Almeida Machado¹, Pedro Frazão Alpendre¹,
Shakib Shahidian² e Ricardo Azevedo Jesus¹

RESUMO

Este trabalho teve como objectivo estudar a influência da aplicação de azoto, em pré-plantação, em dois solos distintos, no crescimento aéreo e radical de cebolas de dia curto (cv. Minuetaka), entre a transplantação e o início da formação do bolbo. Para o efeito, realizou-se um ensaio em vasos com 10 tratamentos: dois solos (argilo-arenoso e arenoso) e cinco níveis de azoto (0, 10, 30, 40 e 50 kg de N ha⁻¹) aplicados antes da plantação. O crescimento aéreo e radical da cebola, entre a transplantação e o início da formação do bolbo, não foi influenciado pelo nível de azoto, nem pela interacção nível de azoto * tipo de solo. Assim, o azoto fornecido pelo solo (9 kg solo vaso⁻¹), residual e proveniente da mineralização da matéria orgânica, mais o azoto inserido pela água de rega (20 mg N planta⁻¹) foi suficiente para o crescimento das plantas antes do início da formação do bolbo. O tipo de solo afectou significativamente o crescimento e a alocação de matéria seca. A biomassa das plantas no solo argilo-arenoso foi 30 % superior à do arenoso, mas

a biomassa das raízes, o comprimento radical total e específico e a alocação de matéria seca nas raízes foram maiores no solo arenoso. O comprimento radical total das plantas no solo arenoso (43,74 m) foi 2,3 vezes superior ao do argilo-arenoso (19,26 m).

Palavras-chave: Adubação azotada, *Allium cepa* L., biomassa, cebola, comprimento radical total.

ABSTRACT

The effect of nitrogen application prior transplanting on aboveground growth and root growth of the short-day onions (cv. Mineutaka), from transplanting to bulb initiation was studied in a pot experiment. The pot experiment was carried out with ten treatments, including two soil types (clay-sandy and sandy soil) and five levels of N application (0, 10, 30, 40 and 50 kg N ha⁻¹) applied prior transplanting. Aboveground and root growth and biomass allocation (root: shoot ratio) were not significantly affected by nitrogen level or interaction nitrogen level * soil type. The residual soil inorganic N and the released N from organic matter, most nitrogen introduced by irrigation water (20 mg N plant⁻¹), was sufficient for plant growth before bulb initiation. Plant growth and biomass allocation were significantly affected by soil type. Plant biomass in clay-sandy soil was 30% higher than in sandy soil. Total root length of plants grown in sandy soil (43.74 m) was 2.3 times higher than in clay-sandy soil (19.26 m). Root biomass, specific root

1-Universidade de Évora, Departamento de Fitotecnia, Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas e Ambientais (ICAAM), Apartado 94, 7002-554, Évora, Portugal, E-mail: rmam@uevora.pt

2-Universidade de Évora, Departamento de Engenharia Rural, Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas e Ambientais (ICAAM), Apartado 94, 7002-554, Évora, Portugal

Recepção/Reception: 2012.04.11
Aceitação/Acception: 2012.04.12

length (SLR) and root-shoot ratio were high-
er in plants grown in sandy soil.

Keywords: *Allium cepa* L., biomass, nitro-
gen fertilizer, onion, total root growth.

INTRODUÇÃO

Em cebola, a absorção do azoto aplica-
do é baixa, cerca de 37% (Brewster, 1994),
não ultrapassa um terço, mesmo quando a
sua aplicação é reduzida (Greenwood *et al.*,
1992, Neeraja *et al.*, 2000). Do azoto aplica-
do anualmente a campos de cebola, 50 (Vis-
ser, 1998) e 58% (Hayashi e Hatano, 1999)
é perdido por lixiviação. A baixa utilização
do azoto aplicado está relacionada com a
arquitetura do sistema radical; superficial
(geralmente ≤ 30 cm), com baixa densidade
radical (Brewster, 1994, Greenwood *et al.*,
1982, Melo, 2003, Machado *et al.*, 2009),
sem pêlos radicais (Brewster, 1994) ou muito
curtos, quando presentes (Föhse *et al.*, 1991)
e pouco desenvolvido lateralmente (Portas,
1973, Machado *et al.*, 2009). O volume de
solo explorado é menor no período que de-
corre entre a transplantação e o início da for-
mação do bolbo, pois o sistema radical cresce
lentamente. Até aos 32 dias após a plantação,
a profundidade máxima de enraizamento não
ultrapassou os 10 cm (Machado *et al.*, 2009).
A taxa de penetração do sistema radical da
cebola em profundidade é muito lenta, cerca
de 0,2 mm dia⁻¹ ° C⁻¹ (Thorup-Kristensen,
2001). O período entre a transplantação e o
início da formação do bolbo representa entre
40 a 55 % do ciclo da cultura, mas as neces-
sidades de azoto são muito baixas (Halvorson
et al., 2002), menos de 5 (Brown, 2000) e de
8% (Pire *et al.*, 2001) do total do N absorvido.
Apesar disto, são aplicados normalmen-
te em pré-plantação 1/3, ou mesmo metade,
do total do adubo azotado, o qual, devido
ao reduzido volume de solo explorado pelas
raízes, associado a eventos de precipitação
frequentes no mediterrâneo, sobretudo em
cebolas de dias curtos ou médios pode ser
facilmente lixiviado. Contudo, pouco é co-

nhecido relativamente à influência da quanti-
dade de azoto aplicada em pré-plantação no
crescimento aéreo e no radical durante a fase
de crescimento vegetativo. Assim, este traba-
lho tem como objetivo estudar, em condições
controladas, a influência da aplicação de azo-
to e do solo no crescimento aéreo e radical,
entre a transplantação e o início da formação
do bolbo.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em vasos e teve
10 tratamentos: dois solos (argilo-arenoso e
arenoso) (Quadro 1) e cinco níveis de azoto
(0, 10, 30, 40 e 50 Kg de N ha⁻¹) aplicados
em pré-plantação. O ensaio foi delineado em
blocos casualizados com 5 repetições, 10 va-
sos por repetição. No dia 10 de Novembro
procedeu-se à transplantação de plântulas de
cebola de dias curtos (cv. Mineutaka), com
cerca de 45 dias, para vasos individuais, com
um volume de 6029 cm³ (30 cm de altura e
16 cm de diâmetro), semelhante ao ocupado
pelo sistema radical de plantas de cebola es-
tabelecidas em campo, em camalhão de 60
cm de largura (20 cm entre linhas de cultura
e 10 cm entre plantas) (Machado e Oliveira,
2008). A cada vaso foram adicionados 9 kg
de solo, nos quais foram inseridos, nos pri-
meiros 10 cm, antes da transplantação 1,5 g
de P O e 2,25 g K O, 1,25g de CaO, 0,12
g de ²MgO e 0,11g de SO₃. O adubo azota-
do nitro-amoniacal (17% NO₃⁻ e 17% NH₄⁺)
foi distribuído sobre o solo. Os vasos, após a
adubação, foram colocados numa estufa do
complexo de estufas do ICAAM, situado na
Mitra. A rega foi feita com base nos valores
médios da tensão de humidade registada a tra-
vés de sensores de matriz granular “Water-
mark” (Irrometer CO, Riverside, Califórnia).
Para o efeito, em 4 vasos do tratamento solo
arenoso 30 kg N ha⁻¹ foi colocado um sen-
sor “Watermark” a 10 cm de profundidade,
no centro do vaso. Quando a tensão média
da água do solo era ≥ 15 kPa procedia-se
a uma rega ligeira, para evitar a lixiviação do
nitrato. A cada vaso foram aplicados durante

o período experimental 1,9 L de água, a qual continha $35,38 \pm 3,28 \text{ mg L}^{-1}$ de NO_3^- e $3,82 \pm 0,84 \text{ mg L}^{-1}$ de NH_4^+ , ou seja a cada $\frac{1}{3}$ vaso foi aplicado $67,22 \text{ mg}$ de NO_3^- e $7,26 \text{ mg}$ NH_4^+ (20 mg de N planta $^{-1}$). Tendo em consideração que a adubação azotada foi feita com base numa população de $300000 \text{ plantas ha}^{-1}$, o total de N aplicado a cada planta dos diferentes tratamentos foi, respetivamente, 20, 53,3, 120, 153,3 e $186,7 \text{ mg}$ de N.

As plantas foram colhidas aos 66 dias após a plantação, antes do início da formação do bolbo. A parte aérea foi cortada à superfície do solo e separada em folhas e bolbo ($2,5 \text{ cm}$ da base das folhas). As raízes foram separadas do solo por lavagem e para medir o comprimento radical utilizou-se um “scanner”, modelo “Comair” (Hawker De Havilland Victoria Ltd., Port Melbourne, Victoria, Australia).

A determinação da matéria seca foi feita por secagem, em estufa com ventilação forçada, a uma temperatura de $70 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 48 horas. O azoto total nas folhas, nos bolbos e nas raízes foi determinado com um analisador de combustão (Leco, 1998).

O tratamento dos dados foi feito através de análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias, com recurso ao programa de análise estatística SPSS (Chicago, Illinois, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas dos diferentes tratamentos não mostraram sintomas visuais de deficiência de azoto. O crescimento aéreo e radical da cebola não foi influenciado significativamente pelo nível de azoto, nem pela interação nível azoto* tipo de solo. A biomassa aérea e radical, o comprimento radical total e o específico (m g^{-1} ; comprimento radical total/peso seco das raízes) não aumentaram significativamente com o nível de azoto ($P > 0,05$). Assim, o azoto nítrico residual, contido em 9 kg de solo (respetivamente $93,5$ e $12,3 \text{ mg NO}_3^- \text{ Kg}^{-1}$ no solo argilo-arenoso e no arenoso), mais o inserido pela água de rega ($20 \text{ mg N planta}^{-1}$) foi suficiente para o crescimento das plantas. Estes resultados estão em concordância com o preconizado para o Oregon,

Quadro 1 Características físicas e químicas dos solos usados.

Características	Tipo de solo ¹	
	Argilo-arenoso	Arenoso
Areia (%)	72,6	94,4
Limo (%)	11,7	1,70
Argila (%)	15,7	3,70
Densidade aparente	1,48	1,51
Matéria orgânica (%)	3,11	0,36
pH (H ₂ O) (1:2,5)	6,84	6,08
NO ₃ ⁻ (mg Kg ⁻¹)	93,5	12,3
P ₂ O ₅ (mg Kg ⁻¹)	250	144
K ₂ O (mg Kg ⁻¹)	200	114
Ca ²⁺ (meq/100g)	8,94	2,50
Mg ²⁺ (meq/100g)	1,67	0,43

¹ – As amostras de solo foram colhidas três dias antes da plantação, nos primeiros 40 cm do perfil.

USA, por Sullivan *et al.* (2001), que consideram que durante a fase de crescimento vegetativo, concentrações de NO_3^- no solo $<5 \text{ mg kg}^{-1}$ limitam o crescimento e que com superiores a 20 mg kg^{-1} não se deve aplicar azoto. A alocação de matéria seca nas raízes não foi afectada pelo nível de azoto, o que é um comportamento diferente do usual; redução da relação entre a matéria seca da raiz e da parte aérea da planta com o aumento do N aplicado (Marschner, 1988, Robinson, 1985, Sattelmacher *et al.*, 1990, Machado *et al.*, 2008). Em ensaio de campo, Melo (2003) também observou que, em plantas de cebola com 65 dias após a plantação, a concentração de azoto no solo não afectou a relação entre a matéria seca da raiz e da parte aérea da planta. Algumas culturas de crescimento lento, tais como a cebola, que é uma cultura bienal, mostram pouca flexibilidade nas relações raiz parte aérea em condições de deficiência, ambos os componentes sofrem reduções proporcionais (Clarkson, 1985).

O tipo de solo afectou significativamente o crescimento aéreo e radical. A biomassa das folhas e da planta foi significativamente maior no solo argilo-arenoso ($P < 0,001$) (Quadro 2). A alocação de matéria seca nas raízes, o comprimento radical e o específico foram maiores no solo arenoso ($P < 0,001$) (Quadro 2). A relação entre a matéria seca das raízes e da parte aérea no solo argilo-arenoso e arenoso foi respectivamente de

0,043 e 0,114. Em solos com diferentes níveis de azoto, Melo (2003) observou valores semelhantes (0,049 e 0,039) aos do argilo-arenoso. A biomassa das plantas no solo arenoso foi 23 % inferior à do argilo-arenoso, o que associado a maior alocação de matéria seca nas raízes e inexistência de resposta ao azoto aplicado, pode indicar a existência de um factor limitante ao crescimento. Em condições que limitam o crescimento das plantas, estas aumentam a alocação de biomassa nas raízes, o que ajuda a manter o equilíbrio funcional entre a aquisição de carbono pela parte aérea e de nutrientes minerais pelas raízes (Eissenstat e Volder, 2005; Gregory, 2006). O comprimento radical total no solo arenoso (43,74 m) foi 127 % maior do que no solo argilo-arenoso (19,26 m) (Quadro 2).

A concentração de N na biomassa das folhas e bolbos aumentou com o nível de azoto, mas não significativamente. A extracção de N pelas folhas e pela planta (N g planta^{-1}) aumentou com o nível de azoto ($P < 0,05$) (Figura 1). Assim, aparentemente, a adição de N em pré-plantação apenas resultou numa maior extracção desse pelas plantas, o qual não beneficiou o seu crescimento, mas que pode ser utilizado mais tarde, por exemplo, durante início do crescimento do bolbo, quando as necessidades N são maiores (Brown, 2000, Sullivan *et al.* 2001, Mohanty e Das, 2001).

Quadro 2 - Influência do tipo de solo na produção de matéria seca, na sua distribuição e no comprimento radical total e específico.

Tipo de solo	Peso seco				Relação		Comprimento	
	Raiz	Folhas	Bolbo	Planta	raiz/ planta ⁽¹⁾	bolbo/ folhas	Radical	Específico
		(g planta ⁻¹)					(m planta ⁻¹)	(m g ⁻¹)
Argilo – arenoso	0,110 b †	2,08 a	0,425	2,621 a †	0,043 b	0,171b	19,26 b	174,0 b
Arenoso	0,232 a	1,40 b	0,389	2,016 b	0,114 a	0,223 a	43,74 a	189,8 a

† - Letras diferentes dentro da mesma coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5 %. ⁽¹⁾ - (Peso seco planta = peso seco folhas + peso seco bolbo)

Quadro 3 - Influência do solo na concentração de azoto na matéria seca e na sua extracção.

Tipo de solo	N na matéria seca (g kg ⁻¹)			N exportado (mg planta ⁻¹)			
	Folha	Bolbo	Raiz	Folha	Bolbo	Raiz	Planta
Argilo – arenoso	39,89 a†	41,57 a	21,92 a	83,20 a	17,61 a	2,31 b	103,37 a
Arenoso	25,05 b	15,98 b	20,08 b	34,82 b	6,01 b	4,64 a	44,59 b

† - Letras diferentes dentro da mesma coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5%.

A concentração de N na biomassa e a sua extracção pelas folhas, bolbos e planta foi maior no solo argilo-arenoso ($P < 0,001$) (Quadro 3). A extracção de azoto pelas raízes foi maior no solo arenoso devido ao acréscimo na matéria seca.

A concentração de N nas folhas no solo arenoso variou entre 22,53 e 27,53 g kg⁻¹ e

no argilo-arenoso entre 36,16 e 41,85 g kg⁻¹. Estes valores estão no intervalo considerado como suficiente (20 a 30 g kg⁻¹) para o mesmo estágio de crescimento de cebola doce na Florida, USA (Hochmuth *et al.*, 1991) e para o solo arenoso, inferiores ao considerado como suficiente para a Califórnia (> 40 g kg⁻¹) (VRIC, 2011). Mills e Jones (1991) pro-

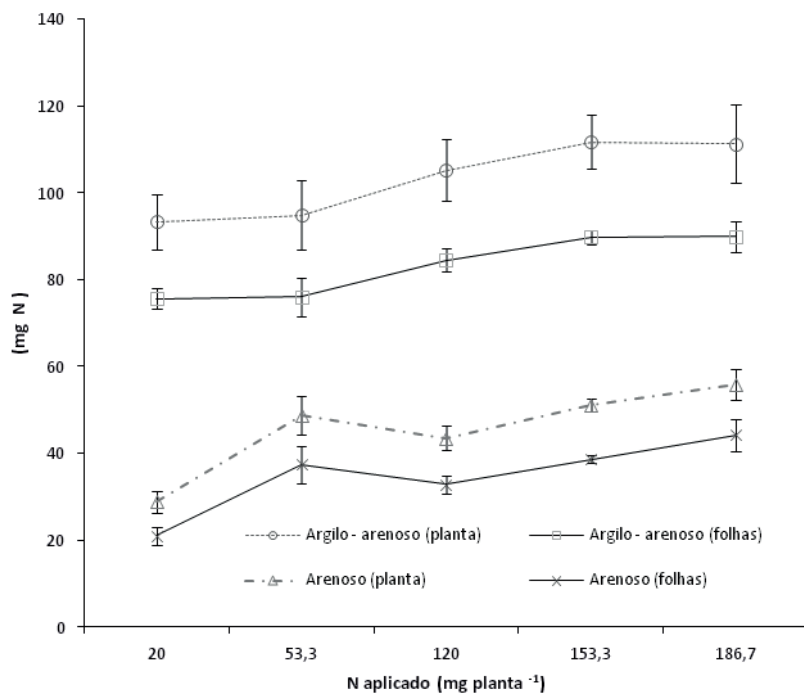


Figura 1 – Efeito do azoto aplicado na extracção de N pelas folhas e pela planta. Os traços verticais representam o erro padrão da média.

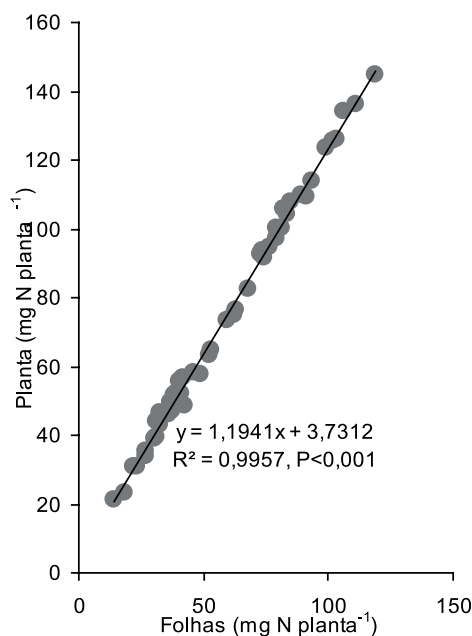


Figura 2 - Relação entre o azoto total extraído pela planta (folhas + bolbo + raízes) e o azoto total extraído pelas folhas ($y = 1,1924 X + 3,73033$; $R^2 = 0,9957$; $P < 0,001$).

põem valores mais elevados (50 a 60 g Kg⁻¹), mas não definem com precisão o estágio de crescimento da cultura, o que limita a sua utilização, pois a concentração de N diminui ao longo do ciclo das culturas (Sorensen, 2000, Ekbladh *et al.*, 2007, Machado *et al.*, 2009).

O total de azoto extraído pela planta esteve altamente relacionado com o total N extraído pelas folhas ($R^2 = 0,996$) (figura 2). A elevada correlação entre as variáveis pode estar relacionada com o facto de 69 a 83% do azoto total absorvido pela planta estar contido nas folhas. Em tomate de indústria, em diferentes fases do ciclo da cultura e campos de tomate, Hartz e Bottoms (2009) observaram que 83% da variabilidade do total do azoto absorvido pela planta era explicada pelo total de N absorvido pelas folhas. Assim, como sugerem esses autores, o azoto total extraído pelas folhas pode ser um substituto útil para a determinação do azoto total absorvido pela planta, pois a quantificação de extracção total

de N pelas diferentes partes da planta para além de dispendiosa, é trabalhosa, sobretudo a relativa às raízes. Assim, em trabalhos futuros será importante verificar se esta relação ocorre noutros estádios de desenvolvimento da cultura da cebola.

CONCLUSÕES

O crescimento aéreo e radical da cebola não foi influenciado significativamente pelo nível de azoto nem pela interacção nível azoto* tipo de solo. Assim, o azoto fornecido pelo solo (9 kg de solo vaso⁻¹), residual inorgânico e proveniente da mineralização da matéria orgânica, mais o inserido pela água de rega (20 mg N planta⁻¹), foi suficiente para o crescimento das plantas durante a fase de crescimento vegetativo. A alocação de matéria seca nas raízes e o comprimento específico não foram afectados pela aplica-

ção de azoto. O tipo de solo afectou significativamente a produção de matéria seca e a sua distribuição. A biomassa das plantas no solo argilo-arenoso foi 30 % superior à do arenoso, mas a biomassa das raízes, o comprimento radical total e específico e a alocação de matéria seca nas raízes foi maior no solo arenoso. O comprimento radical total das plantas no solo arenoso (43,74 m) foi 2,3 vezes superior ao do argilo-arenoso (19,26 m).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brewster, J.L. (1994) - *Onions and other vegetable alliums*. UK, CAB International, 236 p.
- Brown, B. (2000) - *Onions. Southern Idaho Fertilizer Guide*. CIS 1081. Moscow, ID, University of Idaho, 6 p.
- Clarkson D.T. (1985) - Factors affecting mineral nutrition acquisition by plants. *Annual Review of plant Physiology*, 36: 77-115
- De Visser, C.I.M. (1998) - Effect of split application of nitrogen on yield and nitrogen recovery of spring-sown onions and on residual nitrogen. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73: 403-411.
- Eissenstat, D.M. e Volder. A. (2005) - The efficiency of nutrient acquisition over the life of a root. In: BassiriRad, H. (ed.) - *Nutrient Acquisition by Plants: An Ecological Perspective*. Ecological Studies 191. New York, Springer-Verlag, p. 185-220.
- Ekbladh, G.; Witter, E. e Ericsson, T. (2007) - Ontogenetic decline in the nitrogen concentration of field grown white cabbage: Relation to growth components. *Scientia Horticulturae*, 112, 2:149-155
- Föhse, D.; Claassen, N. e Jungk, A. (1991) - Phosphorus efficiency of plants. II. Significance of root radius, root hairs and cation-anion balance for phosphorus influx in seven plant species. *Plant and Soil*, 132: 261-272
- Greenwood, D.J.; Gerwitz, A.; Stone, D.A. e Barnes, A. (1982) - Root development of vegetable crops. *Plant and Soil*, 68: 75-96.
- Greenwood, D.J.; Neeteson, J.J.; Draycott, A.; Wijnen, G. e Stone, D.A. (1992) - Measurement and simulation of the effects of N-fertilizer on growth, plant composition and distribution of soil mineral-N in nationwide onion experiments, *Fertilizer Research*, 31: 305-318.
- Gregory P.J (2006) - *Plant roots. Growth, activity and interaction with soils*. Oxford, Blackwell Publishing, 318 p.
- Halvorson, A.D.; Follett, R.F.; Bartolo, M.E. e Schweissing, C. (2002) - Nitrogen fertilizer use efficiency of furrow-irrigated onion and corn, *Agronomy Journal*, 94: 442-449.
- Hartz, T. e Bottoms, T. (2009) - Nitrogen requirements of drip irrigated processing tomatoes, *HortScience*, 44, 7: 1988-1993.
- Hayashi, Y. e Hatano, R. (1999) - Annual nitrogen leaching to subsurface water from clayey aquic soil cultivated with onions in Hokkaido, Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 45: 451-459.
- Hochmuth, G.; Maynard, D.; Vavrina, C.; Hanon, E. e Simonne, E. (1991) - *Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida*. Gainesville (FL), University of Florida Cooperative Extension Service. Publication SS-VEC-42.
- VRIC (2011) - *Onions* (em linha). UC Vegetable Research and Information Center, University of Califórnia. (Acesso em 2011.03.01). Disponível em: < <http://vric.ucdavis.edu/veginfo/commodity/onion/onion> >.
- Lambers H.; Chapin F S, e Pons L.T. (1998) - *Plant Physiological Ecology*. New York, Springer, 539 p.
- Leco Corp. (1998) - *Instruction manual-FP-28 protein/nitrogen analyser*. St. Joseph, USA, Leco Corporation.
- Machado, R.M.A. e Oliveira, M.R.G. (2008) - Produção de cebola de dias curtos no Alentejo. Influência da adubação localizada. *Revista de Ciências Agrárias*, 31, 2: 50-57.
- Machado, R.M.A.; Shahidian, S.; Pivetta, C.R. e Oliveira, M.R.G. (2009) - Efeito da fertilização azotada na dinâmica de enrai-

- zamento e na produção comercial de cebola de dias médios no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, 32, 2: 111-120.
- Machado, R.M.A.; Bryla, D.R.; Verissimo, M.L.; Sena, A.M. e Oliveira, M.R.G. (2008) - Nitrogen requirements for growth and early fruit development of drip-irrigated processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Portugal. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 6, 3&4: 215-218.
- Marschner, H. (1995) - *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2ª ed. New York, Academic Press, 889 p.
- Melo, P.E. (2003) - *The root systems of onions and Allium fistulosum in the context of organic farming: a breeding approach*. Ph. Thesis, The Netherlands, Wageningen University and Research Center, 127 pp.
- Mills, H.A. e Jones, J.R. (1996) - *Plant Analysis Handbook II*. Athens, Georgia, USA, Micro Macro International, Inc., 422 p.
- Mohanty, B. K. e Das, J.N. (2001) - Response of Rabi onion cv. Nasik Red to nitrogen and potassium fertigation. *Veg. Science*, 28, 1: 40-42.
- Neeraja, G.; Reddy, K.M.; Reddy M.S. e Rao, V.P. (2001) - Influence of irrigation and nitrogen levels on bulb yield, nutrient uptake and nitrogen use efficiencies in rabi onion (*Allium cepa*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 7: 109-112
- Pire, R.; Ramírez, H.; Riera, J. e Gómez T.N. (2001) - Removal of N, P, K; and Ca by an onion crop (*Allium cepa* L.) in a silty-clay soil, in a semiarid region of Venezuela. *Acta Hort.*, 555: 103-109.
- Portas, C.A.M. (1973) - Development of root systems during the growth of some vegetables crops. *Plant and Soil*, 39: 507-518
- Robinson, D. (1986) - Compensatory changes in the partitioning of dry matter in relation to nitrogen uptake and optimal variations of growth. *Annals of Botany*, 58: 841-848.
- Sattelmacher, B.; Klotz, F.e Marschner, H. (1990) - Influence of the nitrogen level on root growth and morphology of two potato varieties differing in nitrogen acquisition. *Plant and soil*, 123:131-137
- Sorensen, J.N. (2000) - Ontogenetic changes in macro nutrient composition of leaf-vegetable crops in relation to plant nitrogen status: A review. *Journal of Vegetable Crop Production*, 6: 75-96.
- Sullivan, D.M.; Brown, B.D.; Shock, C.C.; Horneck, D.A.; Stevens, R.G.; Pelter, G.Q. e Feibert, E.B.G. (2001) - *Nutrient management for onions in the Pacific Northwest*. Oregon State, USA, Oregon State University, 24 p.
- Thourp-Kristense, K. (2001) - Root growth and soil nitrogen depletion by onion, lettuce early cabbage and carrot. *Acta Hort.*, 563:201-206.

