

# EFEITO DA FERTILIZAÇÃO AZOTADA NA DINÂMICA DE ENRAIZAMENTO E NA PRODUÇÃO COMERCIAL DE CEBOLA DE DIAS MÉDIOS NO ALENTEJO

## NITROGEN FERTILIZATION EFFECTS ON ROOTING PATTERN AND YIELD OF INTERMEDIATE-DAY ONIONS BULB IN ALENTEJO REGION

RUI MANUEL ALMEIDA MACHADO<sup>1</sup>; SHAKIB SHAHIDIAN<sup>1</sup>; CARINA REJANE PIVETTA<sup>2</sup>; MARIA DO ROSÁRIO GAMITO OLIVEIRA<sup>1</sup>

### RESUMO

Este trabalho teve como objectivo estudar a influência da aplicação de diferentes quantidades de azoto, repartidas por quatro aplicações, na disponibilidade de azoto nítrico no solo, no comprimento radical, na concentração de azoto nas folhas e na produção comercial de cebola de dias médios (cv. Gilmar) no Alentejo. O ensaio decorreu na Centro de estudos e experimentação da Mitra da Universidade de Évora e foi delimitado em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em 4 níveis de adubação azotada (0, 37, 74 e 111 kg N ha<sup>-1</sup>), repartidos por quatro aplicações. A disponibilidade de azoto nítrico no solo, o comprimento radical e a concentração de azoto nas folhas foram avaliados aos 33, 57, 96 e 127 dias após a plantação. A densidade radical (cm cm<sup>-3</sup>) sob o bolbo e a 4 cm da linha de cultura, nas diferentes datas e profundidades de amostragem, não foi afectada pelos níveis de azoto. Ao longo ciclo, 65 a 100 % das raízes, em termos de comprimen-

to radical, concentraram-se sob o bolbo e a densidade radical máxima alcançada foi de 1,88 cm cm<sup>-3</sup>. A profundidade máxima de enraizamento situou-se entre os 20 e 30 cm, não ultrapassando os 10 cm de profundidade até aos 32 dias após a plantação. Nas condições do ensaio, os resultados indicam como recomendável uma aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de azoto à plantação e um aumento da quantidade de azoto aplicado (16,2% do total de N aplicado), no início da formação do bolbo. A produção comercial aumentou com o nível de azoto, mas as produções obtidas com a aplicação de 74 kg ha<sup>-1</sup> (5,12 kg m<sup>-2</sup>) e de 111 Kg N ha<sup>-1</sup> (6,59 kg m<sup>-2</sup>) não diferiram significativamente.

**Palavras-chave:** *Allium cepa L.*, azoto nítrico, adubação azotada, cebolas de dias médios, densidade radical.

### ABSTRACT

Intermediate-day onions (cv. Gilmar) rooting patterns, soil availability NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, leaf N concentration and commercial yield were evaluated in a field trial where four nitrogen fertilizer rates (0, 37, 74 and 111 kg N ha<sup>-1</sup>) were applied into four split applications, following a randomized block design with four replications. Root length, soil availability NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, and leaf N concentration were evaluated at four dates during growing season (33, 57, 96 and 127 days after planting). Root length density (cm cm<sup>-3</sup>) at different sam-

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554, Évora, rmam@uevora.pt, Fax: 351-266-760828

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul - Brasil

pling dates, locations (under the bulb and at 4 cm from the plant row) and depths was not affected by nitrogen level. For all sampling dates about 65 to 100 % of the root length was concentrated in the top 10 cm of the soil profile, under the bulb and the maximum root length density was 1.88 cm cm<sup>-3</sup>. The maximum rooting depth ranged from 20 and 30 cm, not exceeding 10 cm in depth, up to 32 days after planting. Under the conditions of the experiment, results recommend an application of 30 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen at planting and an increasing of the amount of nitrogen applied (16.2% of total N applied) at bulb initiation. Marketable onion yield increased with the level of nitrogen but the production obtained with the application of 74 kg ha<sup>-1</sup> (5.12 kg m<sup>-2</sup>) and 111 kg N ha<sup>-1</sup> (6.59 kg m<sup>-2</sup>) did not differ significantly.

**Key-words:** *Allium cepa* L., intermediate-day onions, nitrate, nitrogen fertilizer, root length density.

## INTRODUÇÃO

O saldo da balança comercial da cebola é altamente negativo. Aproximadamente 80% da cebola que entra em Portugal provém de Espanha e França. Em Portugal, as áreas de mais representativas de produção são o Oeste, o Montijo e a região de Póvoa de Varzim – Esposende. Ensaio realizados no Centro de Estudos e Experimentação da Mitra, da Universidade de Évora têm mostrado que a cebola de dias curtos (Machado e Oliveira, 2008) e a de dias médios têm elevado potencial agronómico para o Alentejo e, dada a altura em que são implantadas, a evapotranspiração durante o ciclo será menor, do que em cebolas de dias longos e parte das necessidades hídricas poderão ser supridas pela precipitação. A cebola de dias médios caracteriza-se por iniciar a formação do bolbo, com 13 horas de fotoperíodo (Almeida, 2005). Assim, em condições de clima mediterrâneo, a cultura pode ser implantada por transplantação em meados do Inverno e colhida no fim da

Primavera, princípio do Verão. Neste período, a ocorrência de precipitação, associada ao sistema radical da cebola faz com que a aplicação sustentável do azoto assumam extrema importância. A cebola apresenta um sistema radical superficial, escassamente ramificado (Portas, 1973; Brewster, 1994) e sem pêlos radicais (Föhse *et al.* 1991; Brewster, 1994), ou seja, com baixa densidade radical (Greenwood *et al.*, 1982, Melo, 2003), o que limita a absorção de nutrientes (Atkinson, 2000), mesmo dos móveis, como o azoto, em caso de deficiência do nutriente ou de água. As referências bibliográficas à influência de azoto sobre o crescimento radical da cebola, são escassas. Em solução nutritiva, a aplicação isolada de nitrato ou em associação com amónio aumentou o peso fresco e seco da raiz (Gamiely *et al.*, 1991). Em solo, a densidade radical diminuiu com a redução de azoto disponível (Melo, 2003).

A quantidade de azoto recomendada para a fertilização da cebola varia amplamente, mas a produção, de uma forma geral, aumenta com aplicação de azoto entre os 0 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, variando a resposta com: a fertilidade do solo (Brewster, 1994; Halvorson *et al.*, 2008), a população de plantas, a variedade (Brown, 2000, Sullivan *et al.*, 1999), o azoto contido na água de rega (Brown, 2000, Shock *et al.*, 2004), etc. Contudo, a aplicação de azoto deve ser repartida, para reduzir a salinidade provocada pela sua aplicação na adubação de fundo (Brewster, 1994) e as perdas por lixiviação e desnitrificação. A cebola responde bem à aplicação de azoto entre os 40 e os 60 dias após a transplantação (Mohanty & Das, 2001). A maior absorção de azoto tem início durante a iniciação do bolbo (Brown, 2000, Sullivan *et al.*, 2001) e atinge o máximo durante o seu crescimento (Halvorson *et al.*, 2002). Este trabalho teve como objectivo estudar a influência da aplicação de diferentes quantidades de azoto, repartidas por quatro aplicações, na disponibilidade de azoto nítrico no solo, na densidade radical, na concentração de azoto nas folhas e na produção comercial de cebolas de dias médios.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio decorreu no centro de estudos e experimentação da Mitra (38°57' N, 8°32' W, 200 m) num Litossolo cujas características físicas e químicas se apresentam no quadro 1. As condições meteorológicas do período de ensaio são apresentadas na figura 1. Os tratamentos aplicados consistiram em 4 níveis de adubação azotada, incluindo a testemunha (N0 - 0 kg N ha<sup>-1</sup>; NI - 37 kg N ha<sup>-1</sup>, NII - 74 kg N ha<sup>-1</sup> e NIII - 111 kg N ha<sup>-1</sup>), repartidos por quatro aplicações (Quadro 2).

**Quadro 1** – Características físicas e químicas do solo na profundidade de 0 a 40 cm.

Areia (%)	72,6
Limo (%)	11,7
Argila (%)	15,7
Densidade aparente	1,48
Matéria orgânica (%)	2,9
pH (H <sub>2</sub> O)	7,22
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	>250
K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )	>250
Ca <sup>2+</sup> (meq/100g)	7,57
Mg <sup>2+</sup> (meq/100g)	1,67

O ensaio foi delineado segundo o método dos blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela elementar tinha 3 m de largura e 9 m de comprimento onde estavam implantados três camalhões. Cada camalhão tinha implantadas 3 linhas de cultura, distanciadas de 20 cm, sendo a distância das plantas na linha de 10 cm (30 plantas m<sup>-2</sup>). A data de implantação das plântulas com raiz protegida, com 45 dias, da cultivar de dias médios Gilmar, foi a 18 e 19 de Fevereiro de 2007. A plantação foi precedida de duas gradagens e levantamento dos camalhões. Dada a elevada concentração de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O no solo (Quadro 1) não se fez adubação com estes nutrientes. Para a rega, instalou-se um sistema de rega por aspersão em que a distância entre aspersores e ramais adjacentes foi igual a 11 m (disposição em quadrado). Para o controlo das dotações aplicadas, distribuíram-se 12 pluviómetros, casualmente, pela área do ensaio. A precipitação média das di-

ferentes regas variou entre 3 e 6 mm. Na figura 2 apresentam-se os valores acumulados de precipitação, rega (precipitação média) e rega mais precipitação.

A rega foi feita com base nos valores médios da tensão de humidade registada através de sensores de matriz granular “Watermark” (Irrometer CO, Riverside, Califórnia). Para o efeito, em cada parcela elementar de três repetições, foi colocado, casualmente, um sensor “Watermark” a 10 cm de profundidade. Quando a tensão média dos diferentes “watermarks” era maior ou igual a 25 kPa procedia-se a uma rega. Os valores da tensão da água do solo eram lidos diariamente, entre as 9 e as 10 horas.

A densidade radical (DRc) (cm cm<sup>-3</sup>) e a concentração de azoto nítrico no solo e de azoto total nas folhas foram avaliadas aos 32, 67, 96 e 127 dias após a plantação (Dap). A DRc foi avaliada a partir de amostras de solo+raízes, colhidas nas 4 repetições, recorrendo a uma sonda manual com um tubo cilíndrico com 10 cm de altura útil e 7 cm de diâmetro interno (385 cm<sup>3</sup>). A amostragem fez-se sob o bolbo e a 4 cm da linha de cultura, na perpendicular do bolbo, com intervalos de 10 cm até à profundidade aonde se observaram raízes. A separação das raízes foi efectuada através de um sistema de elutriação hidropneumático (Smucker *et al.*, 1982) e para a determinação do comprimento radical utilizou-se um “scanner”, modelo “Comair” (Hawker De Havilland Victoria Ltd., Port Melbourne, Victoria, Australia). Para a determinação do azoto nítrico no solo, na camada de 0 a 10 cm colheram-se 3 amostras de solo (3 x 10 cm), casualizadas por talhão, sob um camalhão nas quais, após secagem ao ar e crivagem, se determinou o azoto através do método do eléctrodo selectivo (Crison, 2002). Para determinar a concentração de N nas folhas colheram-se, casualmente, 6 a 7 plantas por talhão, das quais se tomaram as folhas mais jovens, as quais foram colocadas numa estufa com ventilação forçada, a uma temperatura de 70 °C, durante 24 horas. O azoto total foi determinado com um analisador de combustão (Leco, 1998).

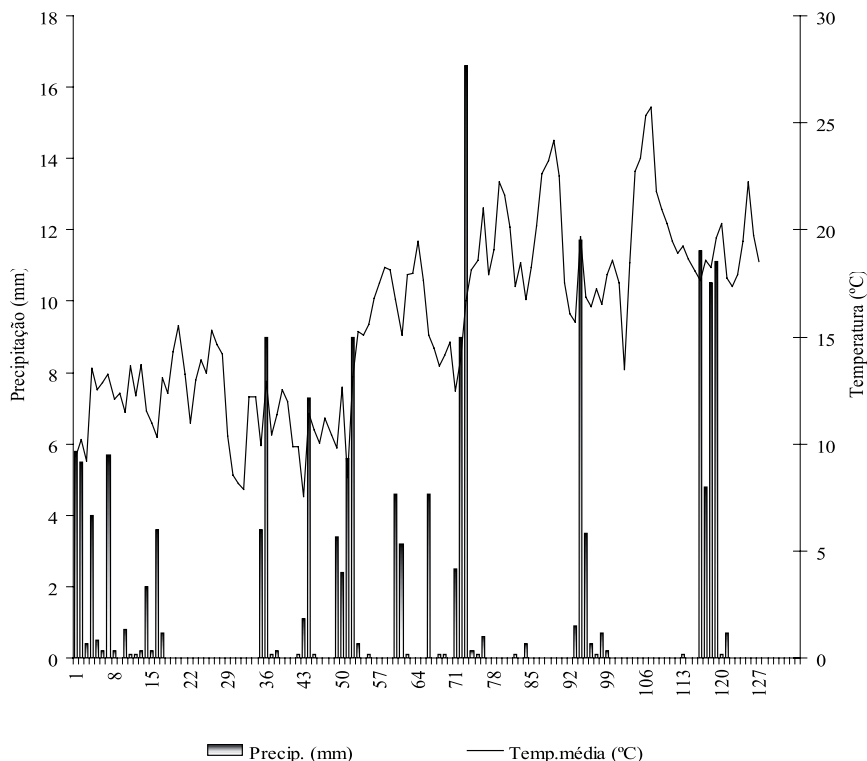


Figura 1 – Precipitação diária e temperatura média ao longo do ensaio.

Quadro 2 – Azoto aplicado aos diferentes tratamentos.

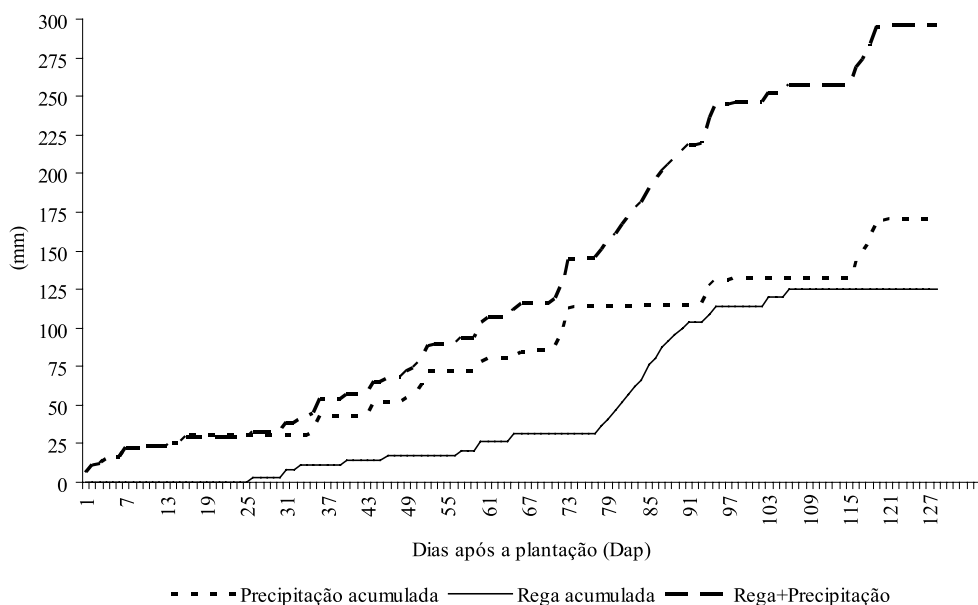
		U.F. (kg ha <sup>-1</sup> )			
Fertilizante		N0	NI	NII	NIII
À plantação <sup>(2)</sup>	Nitrato de amónio <sup>(1)</sup>	0	15	30	45
Em cobertura	Nitrato de amónio <sup>(1)</sup>				
Dap <sup>(3)</sup>					
	33 <sup>(4)</sup>	0	10	20	30
	57	0	6	12	18
	78	0	6	12	18
Água de rega <sup>(5)</sup>		8,44	8,44	8,44	8,44
<b>Total</b>		<b>8,44</b>	<b>45,44</b>	<b>82,44</b>	<b>119,44</b>

(1) - 17% NH<sub>4</sub>-N + 17% NO<sub>3</sub>-N (2) - Distribuída sobre o camalhão, no dia anterior à plantação (3)- Dias após a plantação (4) - Nesta adubação aplicaram-se ainda 25 e 51 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, de MgO e SO<sub>3</sub>. (5) - A água de rega continha 6,8 ± 1,7 mg NO<sub>3</sub>-N L<sup>-1</sup> de água.

A colheita foi realizada a 24 de Junho, quando 80 a 90 % das plantas apresentavam o pseudo-caule completamente prostrado sobre o solo. Em cada parcela elementar colheram-se os bulbos em dois camalhões, ao longo de 5 m. Após a colheita tomou-se uma amostra de 25 plantas casualizadas por parcela elementar na qual se determinou o diâmetro do bulbo e do pseudo-caule e a percentagem de matéria

seca dos bulbos. A determinação da matéria seca foi feita por secagem dos bulbos, seis por tratamento, em estufa com ventilação forçada, a uma temperatura de 70 °C durante 48 horas.

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).



**Figura 2** – Valores acumulados de precipitação, rega (precipitação média dos aspersores) e rega mais precipitação.

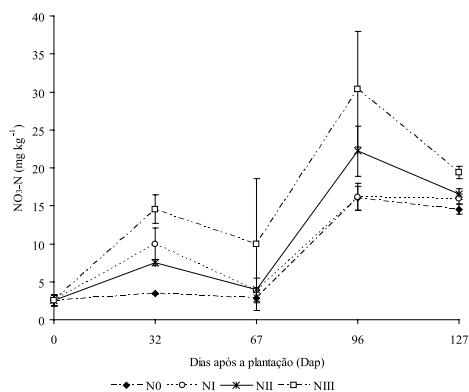
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de  $\text{NO}_3\text{-N}$  no solo, na profundidade de 0 a 10 cm, aos 32 e aos 127 Dap, foi significativamente afectada pelos tratamentos ( $P < 0,05$ ) (Figura 3), tendo os valores mais elevados ocorrido em NIII. Aos 32 e 67 Dap o teor de  $\text{NO}_3\text{-N}$  em N0 foi mais baixo do que nos outros tratamentos e semelhante ao observado antes da plantação (2,54  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Aos 96 e 127 Dap os valores de  $\text{NO}_3\text{-N}$  aumentaram nos diferentes tratamentos, mesmo em N0, o que está relacionado

com o aumento da nitrificação, devido ao aumento da temperatura (Figura 1).

A concentração  $\text{NO}_3\text{-N}$  aos 32 Dap variou entre 3,41 e 14,5  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente, em N0 e NIII. Para o Oregon, USA, Sullivan et al. (2001) consideram que até ao início da formação do bulbo valores inferiores a 5  $\text{mg kg}^{-1}$  de  $\text{NO}_3\text{-N}$  são baixos e maiores do que 20  $\text{mg kg}^{-1}$  são elevados, não sendo neste caso necessário aplicar azoto. Aos 67 Dap, apesar das raízes já alcançarem a profundidade entre os 10 e os 20 cm (Figura 4), os valores de  $\text{NO}_3\text{-N}$  podem ter sido baixos mesmo em NIII (9,93  $\text{mg kg}^{-1}$ ), visto que nesta altura a maior parte das plantas estava no estágio início do

crescimento do bolbo (diâmetro do bolbo duas vezes superior ao do pseudo-caule), ou seja, período em que a maior absorção de azoto tem o seu início (Sullivan *et al.*, 2001), o que indicia que a aplicação de uma maior quantidade



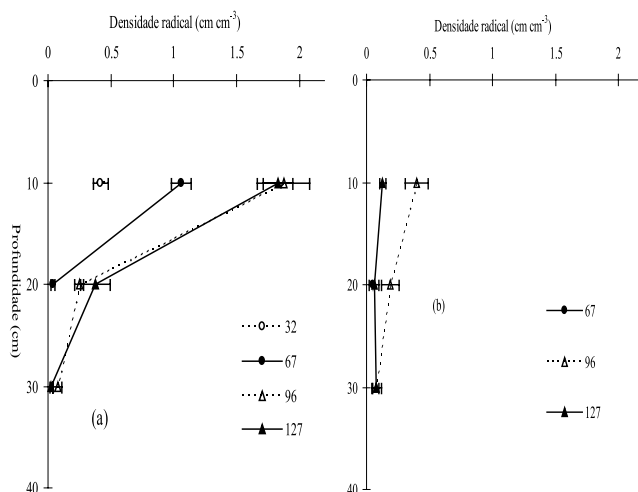
**Figura 3** – Concentração de  $\text{NO}_3\text{-N}$  ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no solo na profundidade de 0 a 10 cm. (Os traços verticais representam o erro padrão da média).

de azoto (16,2 % do total de N aplicado) neste período pode ser necessária.

A densidade radical ( $\text{cm cm}^{-3}$ ) sob o bolbo e a 4 cm da linha de cultura, nas diferentes

datas e profundidades de amostragem, não foi afectada pelos níveis de azoto ( $P > 0,05$ ). Resultados diferentes foram obtidos por Melo (2003), que verificou que a densidade radical diminuiu com a redução do azoto disponível no solo. A profundidade máxima de enraizamento foi alcançada aos 96 Dap, e situou-se entre os 20 e 30 cm. Contudo, até aos 32 Dap não ultrapassou os 10 cm (Figura 4). Nas diferentes datas de amostragem, do comprimento radical total medido, 65 a 100 % concentrou-se sob o bolbo. A maior concentração de raízes à superfície e o reduzido enraizamento em profundidade e lateral está de acordo com a maioria dos resultados publicados (Portas, 1973, Thourp-Kristense, 2001, Brewster, 1994, Greenwood *et al.*, 1982 e Rajput e Patel, 2006). A densidade radical máxima alcançada ( $1,88 \text{ cm cm}^{-3}$ ) foi superior à mencionada por Greenwood *et al.* (1982) e Machado e Oliveira (2008) ( $1,1 \text{ cm cm}^{-3}$ ) e bastante inferior à determinada por Bosch *et al.* (1997), em cebolas regadas por gota-a-gota ( $8,1\text{-}9,1 \text{ cm cm}^{-3}$ ), o que os autores atribuíram à elevada frequência da fertirrega.

A concentração de N nas folhas aos 32 e 67 Dap aumentou com o nível de azoto aplicado, mas apenas significativamente aos 32 Dap



**Figura 4** – Densidade radical ( $\text{cm cm}^{-3}$ ) sob o bolbo (a) e a 4 cm da linha de cultura (b) à profundidade de  $\leq 10$  cm, 10-20 cm e 20-30 cm aos 32, 67, 96 e 127 Dap. (Os traços horizontais representam o erro padrão da média).

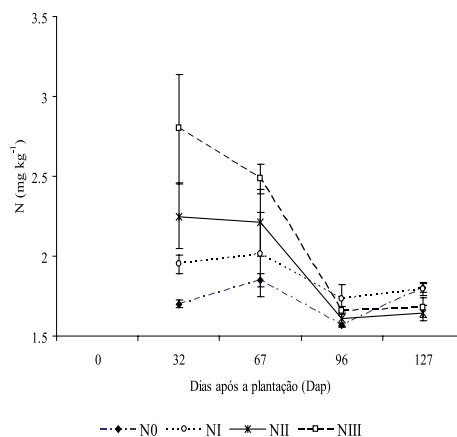
( $P < 0,01$ ) (Figura 5). Nesta, data a concentração de N nas folhas dos tratamentos onde se aplicou azoto (NIII e NII) foi mais elevada do que em NI e N0, mas não apresentou diferenças significativas entre si. Aos 67 Dap (estádio de início da formação do bolbo), nos tratamentos onde se aplicou azoto, a concentração de N variou entre 2 e 2,5 mg kg<sup>-1</sup>. Para o mesmo estágio de crescimento, na Florida, USA, Hochmuth et al. (1991) consideram valores entre 2 e 3 mg kg<sup>-1</sup> adequados para o crescimento da cultura. Contudo, a concentração de N nas folhas, nas diferentes datas, foi sempre inferior à preconizada como suficiente para a Califórnia, USA (<http://vric.ucdavis.edu/>).

Nas duas últimas medições, nos tratamentos onde se aplicou azoto, a concentração de N nas folhas (<1,8 mg kg<sup>-1</sup>) foi inferior à observada aos 32 e 67 Dap, tal facto sugerindo que o azoto acumulado nas folhas foi aparentemente translocado para os bolbos. O mesmo comportamento foi observado por Sullivan et al. (1999) e Halvorson et al. (2008).

A população comercial (26,6 plantas m<sup>-2</sup>) não foi afectada pelos tratamentos, pelo que o acréscimo na produção comercial terá sido devido a um aumento do peso do bolbo (Quadro 3). Resultados idênticos foram observados por Maier et al. (1990). As plantas sujeitas ao tratamento sem aplicação de azoto, para além de apresentarem bolbos mais pequenos, tinham um crescimento rígido e erecto, e o pseudo-caule não se dobrou. O mesmo comportamento foi descrito por Bergmann (1992) e Maier et al., (1990). O diâmetro do bolbo e a produção comercial de bolbos e a de matéria seca aumentaram com a quantidade de azoto aplicada, mas entre a aplicação de 74 e 111 Kg ha<sup>-1</sup> de N não existiram diferenças significativas (Quadro 3 e figura 6). Como a produção comercial média foi semelhante, apesar do valor médio de NO<sub>3</sub>-N aos 32 Dap, em NII ter sido mais baixo do que em NIII, podemos concluir que a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de azoto antes da plantação (Quadro 2) é suficiente. Na Índia, Singh & Sharma (1991) também verificaram que a produção comercial aumentou com incrementos de azoto até aos 80 kg ha<sup>-1</sup>, mas

não diferiu significativamente da obtida com a aplicação de 120 Kg N ha<sup>-1</sup>.

A produção comercial de bolbos e de matéria seca aumentou de forma quadrática (Figura 6). Em cebolas de dias médios Henriksen e Hansen (2001) e de dias longos Boyhan et al. (2007) obtiveram o mesmo tipo de resposta. O diâmetro do pseudo-caule e a percentagem de matéria seca não foram afectados pelo azoto aplicado ( $P > 0,05$ ). Em cebolas de dias médios, só com aplicações superiores a 200 kg N ha<sup>-1</sup> houve um decréscimo da percentagem de matéria seca dos bolbos (Henriksen e Hansen, 2001).



**Figura 5** – Concentração de N nas folhas de cebola. (Os traços verticais representam o erro padrão da média).

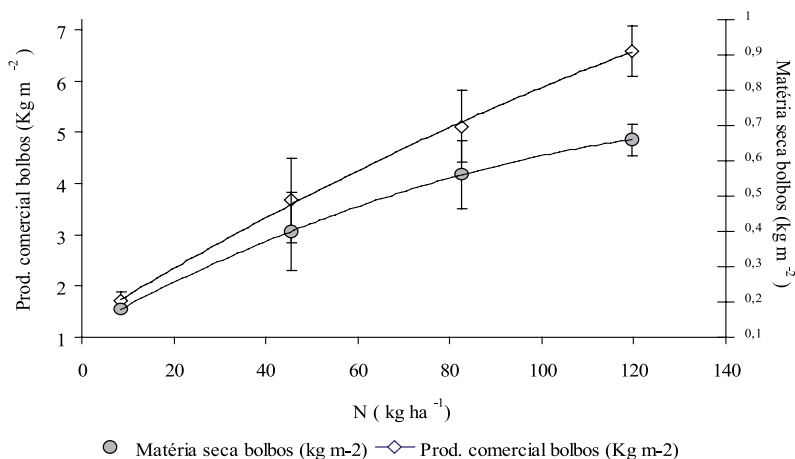
A eficiência do uso da água de rega (t ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) definida como a produção comercial (t ha<sup>-1</sup>) por unidade de água aplicada (mm), incluindo a precipitação que ocorreu durante o ciclo da cultura (171 mm; 57,7 % do total de água aplicada) (Howell, 1994) foi significativamente afectada pela quantidade de azoto aplicado (Quadro 3). Em NIII, a eficiência do uso da água de rega foi de 0,223 t ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, valor bastante mais elevado do que o determinado por Ellis et al., (1986) (0,049 t ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) e Al-Jamal et al. (2001) (0,084 t ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) em cebolas de dias longos, o que, certamente, está relacionado com o aumento da evapotranspiração durante o ciclo cultural de variedades com maior necessidade de fotoperíodo.

**Quadro 3** – Peso bolbo, diâmetro do bolbo e do pseudo-caule, % de matéria seca dos bolbos à colheita e produção comercial por unidade de água aplicada.

Trat.	Peso bolbo (g)	Diâmetro		Matéria seca do bolbo (%)	Prod. Comercial / água aplicada (t ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )
		Bolbo <sup>1</sup> (cm)	Pseudo-caule (cm)		
N0	93,3 b	4,9 c	0,97	10,2	0,058 c
NI	102,7 b	5,1 bc	1,02	10,6	0,123 b
NII	210,8 a	7,1 ab	1,12	10,9	0,173 ab
NIII	228,5 a	7,5 a	1,13	10,1	0,223 a

Em cada coluna as médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente ( $P < ,01$ ) (LSD).

1- Diâmetro máximo da secção equatorial.



**Figura 6** – Influência da quantidade de nitrogênio (aplicado na adubação + inserido através da água de rega) na produção comercial de bolbos [Bolbos (kg m<sup>-2</sup>) = -9E-05 (kg N ha<sup>-1</sup>)<sup>2</sup> + 0.0549 (kg N ha<sup>-1</sup>) + 1.2793, R<sup>2</sup> = 0,99, P<0,001] e na de matéria seca [Matéria seca dos bolbos (kg m<sup>-2</sup>) = -2E-05(kg N ha<sup>-1</sup>)<sup>2</sup> + 0.0071 (kg N ha<sup>-1</sup>) + 0.1214, R<sup>2</sup> = 1, P<0,001 ]. (Os traços verticais representam o erro padrão da média).

## CONCLUSÕES

A densidade radical (cm cm<sup>-3</sup>) sob o bolbo e a 4 cm da linha de cultura, nas diferentes datas e profundidades de amostragem, não foi afetada pelo nível de nitrogênio. Ao longo do ciclo, 65 a 100 % das raízes, em termos de comprimento radical, concentraram-se sob o bolbo, e a densidade radical máxima alcançada foi de 1,88 cm cm<sup>-3</sup>. A profundidade máxima de enraizamento situou-se entre os 20 e 30 cm, não ultrapassando os 10 cm de profundidade até aos 32 dias após a plantação, o que assume extrema importância em termos de estratégias de manejo da rega e da adubação. Nas condições do ensaio, os resultados indicam

como recomendável uma aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio à plantação e um aumento da quantidade de nitrogênio aplicada (16,2% do total de N aplicado) no início da formação do bolbo. A produção comercial aumentou com o nível de nitrogênio, mas as produções obtidas com a aplicação de 74 kg ha<sup>-1</sup> (5,12 kg m<sup>-2</sup>) e de 111 Kg N ha<sup>-1</sup> (6,59 kg m<sup>-2</sup>) não diferiram significativamente.

## AGRADECIMENTOS

Agradece-se ao Eng. Técnico Agnelo Soares Ferreira todo o apoio prestado na realização do ensaio de campo.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Jamal, M.S.; Ball, S. & Sammis, T.W. (2001) – Comparison of sprinkler, trickle, and furrow irrigation efficiencies for onion production. *Agricultural Water Management* 46:253-266.
- Almeida, D. (2005) - *Manual de culturas hortícolas*. Editorial Presença, vol. 1: 25-48.
- Atkinson D (2000) - Root characteristics: why and what to measure. In: A.I. Smit, A.G. Bengough, C. Engels, M. Van Noordwijk, S. Pellerin & S.C. Van de Geijn (Eds) *Root methods: a handbook*, Springer Verlag, Berlin, pp. 1-32.
- Bergmann, W. (1992) - *Nutrition disorders of plants; development, visual, and analytical diagnosis*. New York: Gustave Fischer Verlag, 741pp.
- Bosch Serra, A.D.; Torrens, M.B.; Olivé, F.D. & Pagés, M. (1997) – Root growth of three onion cultivar. *Perspectives for Agronomy-Adopting ecological principles and managing resource use*. pp. 123-133.
- Boyhan, G.E.; Granberry, D. & Kelly, T. (2001) - Transplant production, In: G.E. Boyhan, D. Granberry & T. Kelly (Eds.), *Onion production Guide*, University of Georgia, pp. 4-6.
- Boyhan, G.E.; Torrance R.L. & Hill, C.R. (2007) – Effects of nitrogen, and potassium rates band fertilizer on yield and leaf nutrient status of short-day onions. *Hortscience* 42 (3), 653-600.
- Brewster, J. L. (1994) - *Onions and other vegetable alliums*. CAB International, UK, 236 pp.
- Brown, B. (2000) - *Onions. Southern Idaho Fertilizer Guide*. CIS 1081. University of Idaho. Moscow, ID. 6 pp.
- Crison (2002) – *Manual del usuario. Electrodo selectivo de nitrato*. Barcelona Espanha.
- Ellis, J.E.; Kruse, E.G.; McSay, A.E.; Neale, C.M.U. & Horn, R.A. (1986) – A comparison of five irrigation methods on onions. *HortScience* 21 (6), 1349-1351
- Föhse, D.; Claassen, N. & 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
- Gamiely, S.; Randle, W.M.; Mills, H.A.; & Smittle, D.A. (1991) – Onion plant growth, bulb quality and water uptake following ammonium and nitrate nutrition. *HortScience* 26(8): 1061-1063.
- Greenwood, D.J.; Gerwitz, A.; Stone, D.A. & Barnes, A. (1982) – Root development of vegetable crop. *Plant and soil* 68:75-96.
- Halvorson, A.D.; Bartollo, M.E.; Reule, C.A. & Berrada, A. (2008) - Nitrogen effects on onion yield under drip and furrow irrigation. *Agronomy Journal* 100:1063-1069.
- Halvorson, A.D.; Follett, R.F.; Bartolo, M.E. & Schweissing, C. (2002) - Nitrogen fertilizer use efficiency of furrow-irrigated onion and corn. *Agronomy Journal* 94: 442-449.
- Henriksen, K. & Hansen, L. S. (2001) - Increasing dry matter production in bulb onions (*Allium cepa* L.). *Acta Hort.* 555: 147-152.
- Hochmuth, G.; Maynard, D.; Vavrina, C.; Hanon, E. & Simonne, E. (1991) - *Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida*. Coop. Ext. Serv. Special Series SS-VEC.
- Howell, T. (1994) - Irrigation engineering, evapotranspiration In: C.J: Arntzem, E.M. Ritter (Eds) *Encyclopaedia of agricultural science*, vol 2. Academic, Orlando, FL, pp. 591-600
- <http://vric.ucdavis.edu/> - *University of California, Vegetable Research & Information Center* Disponível em: [http://vric.ucdavis.edu/veginfo/commodity/onion/onion\\_](http://vric.ucdavis.edu/veginfo/commodity/onion/onion_) (acesso em: 10 Setembro de 2008)
- Leco Corp. (1998) - *Instruction manual-FP-28 protein/nitrogen analyser*. Leco Corporation, St. Joseph, USA.
- Machado, R.M.A. & Oliveira M.R.G. (2008) - Produção de cebola de dias curtos no Alentejo. Influência da adubação localizada. *Rev. de Ciências Agrárias* 31, 2: 50-57.

- Maier, N.; Dahlenburg, A.P. & Twigden, T.K. (1990) – Effect of nitrogen on the yield and quality of irrigated onion (*Allium cepa* L.) cv. Cream Gold grown on siliceous sands. *Australian Journal of experimental Agriculture* 30:845-851.
- Melo, P.E. (2003) – *The root systems of onions and Allium fistulosum in the context of organic farming: a breeding approach*. Wageningen University, Ph. Thesis, 127 pp.
- Mohanty, B. K. & Das, J.N. (2001) - Response of Rabi onion cv. Nasik Red to nitrogen and potassium fertigation. *Veg. Science* 28 (1), 40-42.
- Portas, C.A.M. (1973) - Development of root systems during the growth of some vegetables crops. *Plant and Soil* 39: 507-518
- Rajput, T.B.S. & Patel, N. (2006) - Water and nitrate movement in drill-irrigated onion under fertigation and irrigation treatments. *Agricultural Water Management* 79: 293-311.
- Singh, D. & Sharma, R.P. (1991) – Effect of soil moisture regimes and nitrogen fertilization on onion. *Indian Journal of Agronomy* 36:125-126
- Shock, C.C.; Feibert, E.B.G. & Saunders, L.D. (2004) - Plant population and nitrogen fertilization of subsurface drip-irrigated onion. *HortScience* 39: 1722-1727
- Smucker, A.J.M.; Mcburney, S.L. & Srivastava, A.K. (1982) - Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the hydropneumatic elutriation system. *Agron. J.* 74: 500-503.
- Sullivan, D.M.; Brown, B.D.; Shock, C.C.; Horneck, D.A.; Stevens, R.G.; Pelter, G.Q. & Feibert, E.B.G. (2001) – *Nutrient management for onions in the Pacific Northwest*. Oregon State University, 24 pp.
- Sullivan, D.M.; Hart, J.M. & Christensen, N.W. (1999) - *Nitrogen uptake and utilization by Pacific Northwest crops*. Oregon State University, 20 pp.
- Thourp - Kristense, K. (2001) - Root growth and soil nitrogen depletion by onion, lettuce early cabbage and carrot. *Acta hort.* 563:201-206.