



## **SULFATO DE AMÔNIO AUMENTA A PRODUÇÃO DE RABANETE EM SOLO COM DISPONIBILIDADE HÍDRICA MODERADA**

A. V. S. Bastos<sup>1</sup>, J. H. R. Dias<sup>2</sup>, D. M. Alves<sup>2</sup>, C. T. S. Costa<sup>3</sup>, M. B. Teixeira<sup>4</sup>,  
L. N. S. Santos<sup>4</sup>.

**RESUMO:** A nutrição mineral de plantas associada à disponibilidade de água no solo são fatores importantes na performance de qualquer cultura, tendo em vista que o nitrogênio (N) é aplicado sob diferentes fontes na cultura do rabanete. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de tubérculos e os teores de clorofila da cultura do rabanete, cultivar Coral, submetido a níveis de reposições hídricas (RH) e fontes de N. O experimento conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde - GO, em vasos contendo Latossolo Vermelho Distroférico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, analisado em esquema fatorial (2 x 2) com seis repetições. Os fatores compreenderam duas RH (50 e 100% da evapotranspiração da cultura) e duas fontes de N (ureia e sulfato de amônio - SA). Aos 30 dias após a semeadura foram determinadas o teor de clorofila foliar (TC) a, b e relação a/b. Mediante a colheita determinou-se a produção de tubérculos (PT) e o comprimento da raiz (CR). A interação entre os fatores influenciou todas as variáveis, excluindo o CR. O sulfato de amônio proporcionou maior produção de tubérculos quando associado a RH de 50% e não houve diferença entre as fontes na RH de 100%. A relação clorofila a/b foi maior quando se utilizou ureia, o que pode indicar uma menor capacidade em absorver energia luminosa para fotossíntese.

**PALAVRAS-CHAVE:** fisiologia, produção, sulfato de amônio, ureia

## **AMMONIUM SULFATE INCREASES RABANET PRODUCTION IN SOIL WITH MODERATE WATER AVAILABILITY**

**ABSTRACT:** The mineral nutrition of plants associated to the availability of water in the soil

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, Doutorando no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. E-mail: alefe\_viana@hotmail.com

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de Agronomia no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. E-mail: zehenrique\_dias@hotmail.com; diego.ma1994@gmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Campus Naviraí. E-mail: ctsc2007@hotmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Professor do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. E-mail: nazarioss@yahoo.com.br; marconibt@gmail.com

are important factors in the performance of any crop, considering that the nitrogen (N) is applied under different sources in the radish culture. The experiment was conducted in a greenhouse, belonging to the Goiano Federal Institute - Rio Verde Campus, in pots containing Dystroferic Red Latosol. The objective of this study was to evaluate the tubers' production and the contents of chlorophyll of the radish's culture, Coral cultivar, submitted to different levels of water replacement (WR) and source of nitrogen fertilization. The experimental design was used in randomized blocks, analyzed in a factorial scheme (2 x 2) with six replicates; The factors were two WR (50 and 100% of the crop evapotranspiration) and two sources of N (urea and ammonium sulfate - SA). At 30 days after sowing, leaf chlorophyll content (CC), a, b and ratio a/b were determined. Through harvesting were determined on the harvest the tuber production (TP) and root length (RL). The interaction between the factors influenced all the analyzed variables. The interaction between the factors influenced all variables analyzed excluding root length. Ammonium sulfate provided higher tubercle production when associated with 50% RH and there was no difference between sources in WR of 100%. The chlorophyll a / b ratio was higher when urea was used, which may indicate a lower capacity to absorb light energy for photosynthesis.

**KEYWORDS:** ammonium sulfate, physiology, production, urea.

## INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma hortaliça originária da China, família das Brassicaceae de porte reduzido e seu órgão comestível é a raiz, rica em minerais, vitaminas A e C, onde estima-se uma produção mundial média de 7 milhões de toneladas por ano (Jaward et al., 2015). É uma cultura melhor adaptada aos cultivos de outono inverno, de modo que dentre as cultivares de maior aceitação pelos consumidores possui características como raízes globulares, de coloração escarlate-brilhante e polpa branca (Ramalho et al., 2016). Apesar de ser uma cultura de pequena importância em termos de área plantada, é muito importante para pequenos produtores, pois é uma espécie relativamente rústica e sua colheita é bastante rápida, variando entre 3 a 6 semanas após a semeadura (Figueira, 2008).

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para as plantas, e na maioria dos cultivos é um dos principais limitantes da produção vegetal, pois é constituintes das principais moléculas orgânicas, como proteínas, ácidos nucleicos e clorofilas exercendo funções no crescimento de plantas e na qualidade dos produtos vegetais (Basha & El-Aila, 2015; Castro et al., 2016a;

Chamizo-Ampudia, 2017). É o único nutriente que pode ser absorvido na forma catiônica ( $\text{NH}_4^+$ , amônio) e aniônica ( $\text{NO}_3^-$ , nitrato), e de acordo com Lérán et al. (2015), o nitrato é a principal forma de nitrogênio absorvida pela maioria das plantas. O sulfato de amônio e a ureia são as duas fontes de N mais utilizadas no Brasil. Enquanto outras fontes de N mais viáveis economicamente não estiverem disponíveis no mercado, a estratégia para maximizar a eficiência de uso de N ainda deverá ser o aperfeiçoamento de seu próprio manejo (Barbosa Filho & Silva 2001).

Dentre os fatores bióticos e abióticos como temperatura, radiação, patógenos e pragas, a disponibilidade hídrica é o que mais afeta a produtividade e qualidade de cultivos. De acordo com Filgueira (2008), a qualidade do rabanete decresce quando a cultura passa por estresse hídrico, ocorrendo a isoporização das raízes promovendo um aspecto esponjoso e rachaduras ao longo das mesmas. Para minimizar esses danos a irrigação é uma prática que visa manter adequado o status hídrico das plantas para assegurar o seu crescimento e desenvolvimento. O manejo visa otimizar o fornecimento de água condicionando o solo a manter seu teor ótimo de umidade para suprir as necessidades da planta (Siqueira et al., 2009), principalmente para hortaliças que são consideradas como um dos grupos mais sensíveis aos fatores externos. Além de influenciar diretamente a planta a disponibilidade hídrica afeta todos os processos de entrada e saída de N no sistema solo-planta (Castro et al., 2016b).

Com o entendimento que o nitrogênio e a disponibilidade hídrica influenciam a produção vegetal, o presente estudo teve por objetivo avaliar o rendimento da cultura do rabanete cv Coral, submetido a diferentes fontes de nitrogênio (FN) e níveis de reposições hídricas (RH).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente controlado, com temperatura média de 27°C e umidade relativa de 70%, instalado em área pertencente ao Instituto Federal Goiano, Campus de Rio Verde, localizado na região sudoeste do estado de Goiás, situado a 17° 47' 53" latitude e 51° 55' 53" longitude com altitude de 743 m. Utilizou-se vasos com capacidade de dez litros, os quais foram preenchidos com 8 kg de solo, classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 2013). Antes da semeadura foi determinado as características físicas e químicas do solo, sendo: pH em  $\text{CaCl}_2$ : 5,06; Al: 0,01  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; P: 3,10  $\text{mg dm}^{-3}$ ; K: 48,00  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Ca: 5,10  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Mg: 1,30  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; S: 3,70  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; matéria orgânica: 59,40  $\text{g dm}^{-3}$ ; V: 46%; B: 0,80  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Cu: 3,20  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Fe: 22,50  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Mn: 44,60  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Zn: 2,90  $\text{mg dm}^{-3}$ ; argila: 25 %; silte: 3% e areia: 72%.

O cultivar escolhido para o estudo foi o Coral por ser uma das mais cultivadas no Brasil. O rabanete coral possui sistema radicular de formato redondo com uma coloração externa vermelha intenso com uma polpa de coloração branca, com adaptação a temperaturas amenas e frias com um ciclo entre 30-40 dias. A semeadura foi realizada em outubro de 2016 e adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2 com seis repetições. Os tratamentos compreenderam a combinação de dois níveis de reposição hídrica (50 e 100% da evapotranspiração da cultura) e duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e ureia). Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento com vazão nominal de 2 L ha<sup>-1</sup> e coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) de 96% em uma pressão de serviço de 10 mca. Cada vaso recebeu um gotejo, e o manejo de irrigação foi realizado pelo evaporímetro de Pichet e base de cálculos seguindo a metodologia de Mendonça & Rassini (2009).

As fontes de nitrogênio utilizadas foram o sulfato de amônio (18% de N) e Ureia (45% de N), sendo que, a recomendação destes tratamentos e da adubação de plantio foram baseadas em Novais (1991), onde, foi realizado correção de solo com calcário (20 g vaso<sup>-1</sup>) e adubação de pré-plantio com 1,33 g vaso<sup>-1</sup> de P (superfosfato simples) e 0,3 g vaso<sup>-1</sup> de K (cloreto de potássio). Com relação aos tratamentos de N aplicou-se 1,7 g vaso<sup>-1</sup> via solução nutritiva, parceladas em duas aplicações, com os adubos dissolvidos em 500 ml de água.

Determinou-se o teor de clorofila a, b e total aos 30 dias após semeadura com auxílio de um clorofilômetro. A produção de tubérculos foi obtida a partir da colheita, com a determinação da massa fresca em balança analítica com precisão de 0,01 g. O comprimento de raiz foi determinado com auxílio de um paquímetro digital utilizando a raiz principal como objeto de análise.

Todos os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e quando houve significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) com auxílio do programa SISVAR-ESAL®.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Pode-se observar na Tabela 1 que a produtividade de tubérculos, teor de clorofila a, b e relação clorofila a/b foram influenciadas significativamente pela interação entre as fontes de N e reposições hídricas. Esses resultados corroboram com Silva et al. (2009), pois verificaram que o N influencia a massa de tubérculos produzida por planta e também relatam que, a deficiência ou excesso de N reduzem a produção dos mesmos. Porém vai contra aos encontrados por Castro et al. (2016a), que mesmo encontrando diferença significativa entre as fontes (ureia e SA) para

o nitrogênio acumulado nas folhas de rabanete, não constatou diferença para a produção de tubérculos.

A única variável que não diferiu em função dos tratamentos foi o comprimento da raiz. Pois o rabanete não possui tanta capacidade em desenvolver raízes em profundidade, porém investe mais em características como densidade e maiores ramificações radiculares (Wahlströma et al., 2015).

O teor de clorofila é um atributo simples de se determinar e pode influenciar muito na produção de qualquer cultura, de forma que é possível estimar inclusive índices produtivos através deste fator, além de prever o nível nutricional de N na planta, pois os teores de clorofila nas folhas se correlaciona positivamente com o teor de N na planta (Booij et al., 2000; Zucoloto et al., 2008). As clorofilas estão presentes em todos os vegetais e são constituintes do complexo antena, bem como dos centros de reação, que são responsáveis pela fase fotoquímica da fotossíntese e transformam energia luminosa em química para posterior redução do CO<sub>2</sub> em carboidratos. O complexo antena é constituído por clorofila a, b e carotenoides, tendo papel de captar e direcionar a energia luminosa para os centros de reação (fotossistema I e II), que são formados por uma clorofila a especializada em um complexo proteico, tendo função de processamento da luz, gerando NADPH (TAIZ E ZEIGER, 2013). Na Tabela 2 observa-se que para os dois níveis de RH a adubação com ureia proporcionou maiores relações clorofila a/b, o que pode indicar um estresse na planta, pois houve uma diminuição de clorofila b quando se utilizou ureia em RH de 50% e maior clorofila a na RH de 100%, isso pode ser uma adaptação da planta em aumentar o processamento da luz em detrimento de captação, pois quando o consumo de NADPH e produção de NAP<sup>+</sup> (aceptor final de elétrons da fase fotoquímica) diminuem, os elétrons geralmente são transferidos para o oxigênio, formando as espécies reativas de oxigênio (EROs), que em altas concentrações causam danos às proteínas, RNA, DNA e membranas. Portanto a captação de luz tende a diminuir e o processamento aumentar, justamente para evitar a formação das EROs. O NAD<sup>+</sup> é produzido principalmente na fase de redução do carbono, portanto quando existe o comprometimento dessa fase a formação de EROs é uma consequência. O comprometimento da redução do carbono pode ser causado por dois fatores, difusivo quando ocorre o fechamento estomático ocasionado principalmente por déficit hídrico ou bioquímico, sendo um dos casos recorrentes é a deficiência de N que diminui a quantidade de rubisco, enzima chave para a produção de carboidratos (TAIZ E ZEIGER, 2013).

Provavelmente a menor produção de tubérculo do rabanete na RH de 50% quando se utilizou a ureia, é devido as potenciais perdas de N via volatilização da amônia, que é uma das

limitações de se utilizar ureia em superfície. Essas perdas podem variar de 10 a 94%, dependendo das condições climáticas e de manejo (Cantarella et al., 1999; Costa et al., 2003; Dattamudi et al., 2016). Sendo assim, provavelmente houve uma menor absorção de N, pois menores disponibilidades hídricas diminuem a absorção de nutrientes via mecanismo de fluxo de massa, e o N é o principal nutriente absorvido por esse mecanismo. Esse resultado evidencia que, em Latossolo Vermelho com baixa disponibilidade hídrica visando somente a produção de rabanete, é recomendado que adubação nitrogenada seja fornecida na forma de sulfato de amônio, porém se o cultivo for em solo com umidade próxima a capacidade de campo não existe diferença quanto adubação nitrogenada realizada na forma SA ou ureia.

## CONCLUSÃO

Em Latossolo Vermelho com 50% de água disponível para a cultura do rabanete o uso de ureia diminui a produção de tubérculos quando comparado com sulfato de amônio, porém quando a disponibilidade hídrica está próxima da capacidade de campo não existe diferença entre as fontes de nitrogênio.

A relação clorofila a/b foi maior quando se utilizou ureia, o que pode indicar uma menor capacidade em absorver energia luminosa para fotossíntese.

## REFERENCIAS

BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, O.F. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com ureia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n.93, p. 1-5, 2001.

BASHA, D.M.A., & EL-AILA, H.I. Response of Foliar Spraying with Amino Acids and Integrated use of Nitrogen Fertilizer on Radish (*Raphanus sativus* L.) Plant. *International Journal of ChemTech Research*, v.8, n.11, p. 135-140, 2015.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J.L.; AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A.J.; MACKERRON, D.K.L. (Ed.). *Management of nitrogen and water in potato production*, Wageningen Pers, 2000. p.72-82.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M.J.; RESENDE, L.C.L. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e resposta da cana-de- açúcar à adubação nitrogenada, em sistema de colheita de cana sem queima prévia. In: *Congresso Nacional da*

STAB. Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, p. 82-87, 1999.

CASTRO, B. F.; dos SANTOS, L. G.; BRITO, C. F.; FONSECA, V. A.; Bebé, F. V. Radish production function of the potassium fertilization and different nitrogen sources. *Revista de Ciências Agrárias (Lisboa)*, v.39, p. 341-348, 2016a.

CASTRO, S.G.Q.; DECARO JR, S.T.; FRANCO, H.C.J.; MAGALHÃES, P.S.G.; GARSIDE, A.; MUTTON, M.A. Best Practices of Nitrogen Fertilization Management for Sugarcane Under Green Cane Trash Blanket in Brazil. *Sugar Tech*, v.19, n.1, p. 51-56, 2017b.

CHAMIZO-AMPUDIA, A.; SANZ-LUQUE, E.; LLAMAS, A.; GALVAN, A.; FERNANDEZ, E. Nitrate Reductase Regulates Plant Nitric Oxide Homeostasis. *Trends in Plant Science*, 2017.

COSTA, M.C.G.; VITTI, G.C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana-de- açúcar colhida sem despalha a fogo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.4, p. 631-637, 2003.

DATTAMUDI, S.; WANG, J.; DODLA, S.K.; ARCENEUX, A.; VIATOR, H.P. Efeito da adubação nitrogenada e das práticas de manejo de resíduos sobre as emissões de amônia da produção subtropical de cana-de- açúcar. *Atmospheric Environment*, p. 122-130, 2016.

EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Centro nacional de pesquisa de solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, RJ. p. 306, 2013.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008, 421p.

JAWAD, R.; NAWAZ, S.; HAMMAD, H.M.; SALIK, M.R.; FARHAD, W. Nitrogen and Sowing Method affect Radish Growth and Yield under Arid Environments of Pakistan. *Science International*, v.27, n.3, 2015.

LÉLAN, S.; EDEL, K.H.; PERVENT, M.; HASHIMOTO, K.; CORRATGÉ-FAILLIE, C.; OFFENBORN, J.N.; LACOMBE, B. Nitrate sensing and uptake in *Arabidopsis* are enhanced by ABI2, a phosphatase inactivated by the stress hormone abscisic acid. *Sci. Signal*, v.8, n. 43, p. 10.1126, 2015.

MENDONÇA, F., & RASSINI, J. Método EPS para manejo da irrigação de forrageiras. Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica. 2009.

NOVAIS R.F.; NEVES J.C.L.; BARROS N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira A.

J. et al. (Ed.) Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA, p. 189-253, 1991.

RAMALHO, W.B., LINHARES, P.C.F., de ASSIS, J.P., de ALMEIDA, A. M. B., & CUNHA, L.M.M. Adubação verde com espécies espontâneas da caatinga no cultivo do rabanete em sucessão a rúcula. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 11(2), 66-70.

SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R.; MIRANDA, G.V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. Horticultura Brasileira, v.27, p.17-22, 2009.

ZUCOLOTO, J.S.S.; LIMA, R.I.C.; COELHO, M. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'Prata-Anã', Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.30, n.4, p. 1152-1154, 2008.

WAHLSTRÖM, E.M.; HANSEN, E.M.; MANDEL, A.; GARBOUT, A.; KRISTENSEN, H. L.; MUNKHOLM, L.J. Root development of fodder radish and winter wheat before winter in relation to uptake of nitrogen. European Journal of Agronomy, v.71, p. 1-9, 2015.

## TABELAS

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para produção de tubérculo (PT), comprimento de raiz (CR), teor de clorofila a (TCa), teor de clorofila b (TCb) e relação clorofila a e b (a/b), do cultivar de rabanete Coral em função dos fatores reposição hídrica (RH) e fonte de nitrogênio (FN)

FV	GL	Quadrado médio				
		PT	CR	TCa	TCb	a/b
RH	1	38,55*	17,08	14,03 <sup>ns</sup>	58,18**	1,27**
FN	1	7,04 <sup>ns</sup>	0,00	4,12 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
RH x FN	1	71,62**	12,68	102,71**	323,18**	4,11**
Bloco	5	11,49 <sup>ns</sup>	0,59	1,40 <sup>ns</sup>	5,87 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>
Resíduo	15	7,70	0,68	10,42	3,14	0,09
CV (%)		9,83	18,93	8,8	10,98	12,97
Média geral		g planta <sup>-1</sup> 28,22	cm 4,37	- 36,38	- 16,15	- 2,4

FV- fonte de variação; CV - coeficiente de variação.

**Tabela 2.** Médias da produção de tubérculos, teor de clorofila a, teor de clorofila b e relação clorofila a/b, dentro do desdobramento da interação de fonte de nitrogênio e reposições hídricas

	RH 50%	RH 100%	RH 50%	RH 100%
	Produção de tubérculo (g planta <sup>-1</sup> )		Teor de clorofila a	
Ureia	29,69 bB	30,68 aA	35,49 aA	38,10 aA
SA	29,23 aA	28,31 aA	38,00 aA	33,13 bB
	RH 50%	RH 100%	RH 50%	RH 100%
	Relação clorofila a/b		Teor de clorofila b	
Ureia	2,51 aA	2,51 aA	14,19 bB	18,42 aA
SA	1,82 bB	1,82 bB	21,22 aA	10,77 bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de média - Tukey ( $p < 0,05$ ).