



ARTIGO ORIGINAL

Fisiologia do rabaneteiro em diferentes arranjos espaciais

Physiology of radish plants in different spatial arrangements

Hozano de Souza Lemos Neto^{1*}
Celly de Lima Maia¹
Maria Risocleuda da Costa¹
Janiquelle da Silva Rabelo¹
Ana Régia Alves de Araújo Hendges²
Marcelo de Almeida Guimarães¹

¹ Universidade Federal do Ceará – UFC, Avenida Mister Hull, 2977, Pici, 60356-001, Fortaleza, CE, Brasil

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Rodovia BR 230, Km 319, 65840-000, São Raimundo das Mangabeiras, MA, Brasil

*Autor correspondente:

E-mail: hozanoneto@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Raphanus sativus L.
Trocas gasosas
Clorofila
Fotossíntese líquida

KEYWORDS

Raphanus sativus L.
Gas exchanges
Chlorophyll
Liquid photosynthesis

RESUMO: O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma cultura de ciclo curto, que proporciona rápido retorno econômico ao produtor. Para seu cultivo qualificado, a definição de aspectos relacionados à implantação no campo, à escolha do espaçamento ideal de cultivo e da densidade de plantas por cova e ao entendimento de seus efeitos sobre a fisiologia da cultura ajudam na obtenção da máxima eficiência produtiva. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho fisiológico do rabanete submetido a diferentes espaçamentos e densidades de plantas por cova. Para isso, realizou-se um experimento em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 4×2 . O primeiro fator foi composto por quatro diferentes espaçamentos entre plantas (0,05; 0,10; 0,15; 0,20 m) e o segundo, por duas densidades de plantas por cova de cultivo (uma e duas plantas por cova). Avaliou-se concentração interna de CO_2 , transpiração, condutância estomática, fotossíntese líquida, razão entre a concentração interna de CO_2 e a ambiente, eficiência instantânea de carboxilação, fotossíntese bruta, clorofilas e área foliar. A densidade de duas plantas por cova combinada com maiores espaçamentos foram os fatores que proporcionaram os maiores valores de fotossíntese líquida e clorofila para as plantas. A densidade de uma planta por cova, combinada com espaçamentos de 0,05 a 0,15 m entre plantas, possibilitou a obtenção dos maiores valores de fotossíntese bruta e massa fresca de túberas. A densidade de uma planta por cova e o espaçamento de 0,05 m, por ter possibilitado maiores médias de produtividade, é a mais indicada para cultivo do rabanete.

ABSTRACT: Radish (*Raphanus sativus* L.) is a short cycle crop, providing rapid economic return to the producer. For its appropriate cultivation, the definition of aspects related to the field implantation, the choice of the ideal crop spacing combined with the density of plants per hole, and the understanding of its effects on the physiology of the crop, help to obtain maximum productive efficiency. Thus, this study sought evaluate the physiological performance of radish plants subjected to different spatial arrangements between plants and plant density per hole. For such, an experiment using a randomized block design was conducted, with four replicates, in a 4×2 factorial scheme. The first factor was composed of four different plant spacings (0.05; 0.10; 0.15; 0.20 m) and the second by two cultivation densities (one and two plants per hole). Internal CO_2 concentration, transpiration, stomatal conductance, liquid photosynthesis, ratio between environment and internal CO_2 concentration, instantaneous carboxylation efficiency, gross photosynthesis, chlorophyll and leaf area were evaluated. The density of two plants per hole, combined with larger spacings were the combinations that provided the highest liquid photosynthesis and chlorophyll values for the plants. The density of one plant per hole combined with 0.05 to 0.15 m spacings between plants were the ones that enabled higher crude photosynthesis and fresh mass of tubers values. The density of one plant per hole and 0.05 m spacing enabled higher mean productivity values and is the most suitable for radish cultivation.

Recebido: 26 fev. 2018

Aceito: 23 jun. 2018

1 Introdução

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma planta de porte pequeno, cuja raiz é o principal órgão de interesse econômico (Filgueira, 2008). A produção a nível mundial é de aproximadamente sete milhões de toneladas, sendo o Japão o maior produtor (Ito & Horie, 2008). No Brasil, a produção anual é de aproximadamente dez mil toneladas, oriunda geralmente de pequenas propriedades de até cinco hectares (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012). O consumo se dá principalmente na forma de saladas e conservas (Silva & Silveira, 2012), e as cultivares de rabanete de maior aceitação no mercado apresentam raízes globulares, coloração escarlate-brilhante, polpa branca e sabor levemente picante (Maia et al., 2011).

Mesmo não estando entre as principais olerícolas de importância econômica, o rabanete vem despertando o interesse de diversos produtores por apresentar ciclo curto, o que possibilita rápido retorno econômico (Silva et al., 2015a). Além disso, seu porte pequeno permite que o rabanete seja amplamente explorado em associação com outras culturas em sistema de consorciação, tornando-se uma importante fonte de renda aos produtores – fatos estes que reforçam sua importância socioeconômica.

Por ser cultivada em pequenas propriedades, a produção do rabanete geralmente não dispõe de muita tecnologia aplicada. Até mesmo técnicas simples, mas de grande importância para a produção, como a definição do correto espaçamento entre plantas e a densidade de plantas por cova, muitas vezes não são estudadas (Minami et al., 1998). O espaçamento exerce influência na produtividade e na qualidade final da cultura, podendo desencadear maior ou menor competição entre as plantas por água, luz e nutrientes na comunidade vegetal em que são estabelecidas (Amorim et al., 2014).

O ajuste espacial de cultivo em covas de plantio visa um maior número de plantas por área, embora tal definição deva ser cercada de cuidado, visto que o foco é a obtenção da máxima eficiência produtiva. O arranjo espacial adequado favorece a utilização mais eficiente de água, luz e nutrientes, algo somente possível quando as plantas são distribuídas uniformemente na área de produção (Bezerra et al., 2014).

De acordo com Schmitt et al. (1986), quanto maior a densidade de plantio e mais limitante o fator de luminosidade, maior a variação entre plantas na população. O elevado número de plantas por área pode reduzir a disponibilidade de radiação fotossintética das folhas localizadas em suas partes inferiores, portanto diminuir a taxa fotossintética líquida por planta, assim afetando negativamente a produção (Mueller & Wamser, 2009).

Com base no exposto, o espaçamento entre plantas e o número de plantas por cova são importantes definições técnicas de cultivo ainda pouco estudados para o rabanete, principalmente quando relacionados a fisiologia das plantas. Sendo assim correlacionar parâmetros fisiológicos com aspectos produtivos da cultura possibilita aos pesquisadores uma definição clara e cientificamente fundamentada de qual espaçamento e densidade de plantas por cova são mais eficientes para os produtores. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho fisiológico de plantas de rabanete submetidas a diferentes espaçamentos entre plantas e número de plantas por cova.

2 Material e métodos

O experimento foi realizado em condições de campo na Horta Didática da Universidade Federal do Ceará (UFC), campus do Pici, Fortaleza (CE) (3°44'24" S, 38°34'35" O e altitude de aproximadamente 21 m), entre os meses de agosto e setembro de 2017. O clima do local é do tipo As, tropical com verão seco (Alvares et al., 2013). Durante a realização do experimento, as temperaturas variaram entre 21,3 e 31°C, com 65% de umidade relativa média.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com oito tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 × 2, sendo quatro espaçamentos entre plantas (0,05; 0,10; 0,15; 0,20 m) e duas densidades de plantas por cova de cultivo (uma e duas plantas por cova). O espaçamento entre linhas de cultivo foi mantido em 0,20 m para todos os tratamentos. A parcela experimental utilizada foi de 1,20 m² (1,20 m de largura × 1,0 m de comprimento).

Para a instalação do experimento inicialmente foi realizada a limpeza da área, seguida do preparo manual do solo, por meio de seu revolvimento e incorporação de oito litros de composto orgânico por metro quadrado no plantio. Finalmente, amostras do solo foram coletadas para análises químicas e físicas (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo da área experimental. Fortaleza, Ceará, 2017.

Table 1. Chemical and physical characteristics of the experimental area soil. Fortaleza, Ceará, Brazil, 2017.

Características químicas					
pH		P	Fe	Cu	Zn
5,9		6,0	18,8	0,8	0,40
C/N	CTC (T)	K ⁺	Na ⁺	H+Al	SB
			cmol _c kg ⁻¹		
11	7,3	0,29	0,05	2,48	4,80
V		C	N	M.O.	M
%			g kg ⁻¹		%
66		5,58	0,52	9,62	3,00
Características físicas					
Argila	Areia G.	Areia F.	Silte	Densidade	Textura
			g kg ⁻¹		
79	59	551	229	141	Franco arenoso

Fonte: Laboratório de Análise de Solos, Viçosa Ltda., 2017.

A semeadura foi realizada de forma direta, utilizando-se o rabanete da cultivar Zapp. Aos sete dias após a semeadura (DAS) efetuou-se o desbaste, deixando-se apenas uma ou duas plantas por cova conforme a densidade estabelecida por tratamento. Durante o ciclo da cultura, foram dispensados os tratos culturais necessários para o completo desenvolvimento das plantas, tais como controle de plantas daninhas (capina manual) e amontoa. Também executou-se a adubação de cobertura aos 15 DAS. A irrigação durou em média 20 minutos por turno, duas vezes ao dia (no início da manhã e ao final da tarde), realizada por meio de um sistema de microaspersão, com vazão nominal de 126 L h⁻¹.

Aos 29 DAS avaliou-se as trocas gasosas em folhas totalmente expandidas com um analisador de gás no infravermelho (IRGA),

modelo LI6400XT (LI-COR), sendo estudadas as seguintes variáveis: concentração interna de CO_2 (Ci - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$); transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); condutância estomática (g_s - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); fotossíntese líquida (A - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); razão entre a concentração interna de CO_2 e a ambiente (Ci/Ca); e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci).

Aos 30 DAS avaliou-se as clorofilas 'a' e 'b' de folhas totalmente expandidas, com o uso de um clorofilômetro digital modelo CFL1030, da Falker. Aos 32 DAS as plantas foram colhidas, para se determinar a massa fresca de túberas (MFT) por meio da pesagem em balança de precisão, além da mensuração da área foliar (cm^2) por meio do integrador de área foliar LI-COR modelo LI 3100. Após a obtenção da área foliar, calculou-se a fotossíntese bruta ($\text{FB} - \mu\text{mol planta}^{-1} \text{ s}^{-1}$) a partir da multiplicação da área foliar total da planta por sua respectiva fotossíntese líquida.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características de fotossíntese líquida (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (Ci - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), razão entre a concentração interna de CO_2 e a ambiente (Ci/Ca), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), clorofilas 'a' e 'b', área foliar (AF, cm^2), massa fresca de túberas (MFT, g planta^{-1}), fotossíntese bruta (FB, $\mu\text{mol planta}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e produtividade (t ha^{-1}) de plantas de rabanete 'Zapp' cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, Ceará, 2017.

Table 2. Summary of variance analysis for the characteristics of liquid photosynthesis (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), stomatal conductance (g_s - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiration (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), ratio between internal CO_2 concentration and the environment (Ci/Ca), instantaneous carboxylation efficiency (A/Ci), chlorophylls 'a' and 'b', leaf area (LA, cm^2), fresh mass of tubers (FMT, g plant^{-1}), crude photosynthesis (CP, $\mu\text{mol plant}^{-1} \text{ s}^{-1}$) and yield (t ha^{-1}) of leaf of 'Zapp' radish plants, grown at different spacings between plants and plant densities per hole. Fortaleza, Ceará, Brazil, 2017.

F.V.	G.L	Teste F					
		A	gs	E	Ci	Ci/Ca	A/Ci
Espaçamento (E)	3	0,20	0,82	1,80	2,18	2,21	0,58
Densidade (D)	1	0,26	0,25	0,01	0,011	0,04	0,08
(E × D)	3	4,31**	1,15	0,63	0,77	0,40	3,95*
Bloco	2	4,72*	1,28	32,97**	8,11**	6,74**	7,06**
Erro	62						
C.V. (%)		14,06	21,01	11,35	4,58	4,47	15,65
F.V.	G.L	Clor a	Clor b	AF	MFT	FB	Prod
Espaçamento (E)	3	0,28	2,89*	0,05	10,36**	0,42	235,47**
Densidade (D)	1	5,72*	7,31**	10,17**	297,0**	10,15**	8,82*
(E × D)	3	10,81**	2,77*	2,94*	9,01**	4,39**	10,36**
Bloco	2	3,00	0,46	0,70	0,67	0,45	0,55
Erro	62						
C.V. (%)		11,90	18,97	20,0	10,33	23,00	12,29

*, ** Significativo a 5 e a 1%, respectivamente, pelo teste F.

De forma geral, a densidade de duas plantas por cova apresentou valores iguais ou maiores de clorofilas 'a' e 'b' em relação a menor densidade de plantas por cova (Tabela 3). Este resultado foi proporcionado pelo maior sombreamento e

Ao avaliar o efeito do sombreamento nas culturas do rabanete e da alface crespa, Moreira (2008) observou em ambas um aumento no teor das clorofilas 'a' e 'b' conforme se reduzia a disponibilidade de luz para esses vegetais. Ou seja, quando sombreadas, as plantas podem produzir e enviar estímulos internos que indiquem a necessidade da produção de mais moléculas de pigmentos, que serão utilizadas para ampliar a captação de luz em ambientes mais sombreados.

A menor concentração de clorofilas 'a' e 'b', observada nos tratamentos com densidade de apenas uma planta por cova,

A produtividade (t ha^{-1}) foi determinada com base na MFT, em que a produção por planta foi multiplicada pelo número de plantas de cada tratamento estimado para um hectare. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e suas médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

3 Resultados e Discussão

Pelo resumo da análise de variância, observou-se a interação do espaçamento entre plantas e a densidade de plantas por cova para a fotossíntese líquida (A), a eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), as clorofilas 'a' e 'b', a área foliar, massa fresca de túberas (MFT), produtividade e fotossíntese bruta (FB) (Tabela 2). Para a condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO_2 (Ci), relação entre a concentração interna de CO_2 e a ambiente, não foram observadas diferenças.

está relacionado à maior área foliar apresentada pelas plantas (Tabela 3). Nestes tratamentos, possivelmente a luz não foi limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas, independentemente do espaçamento entre covas nas linhas de cultivo. Tal fato pode ser comprovado ao se comparar a área foliar média das plantas submetidas à densidade de apenas uma planta por cova de cultivo, que não apresentou diferenças entre si, independentemente do espaçamento adotado. Tal colocação é importante, pois indica a possibilidade de realizar pesquisas com espaçamentos ainda mais reduzidos entre plantas. Nos vegetais verdes, há maior quantidade de clorofila 'a' em relação à 'b', fato observado numericamente neste trabalho. m plantas mais adensadas na cova.

Tabela 3. Médias de clorofilas ‘a’ e ‘b’ e área foliar (AF, cm²) de plantas de rabanete ‘Zapp’ cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, Ceará, 2017.

Table 3. Means of chlorophyll ‘a’, chlorophyll ‘b’ and leaf area (LA, cm²) of ‘Zapp’ radish plants, grown at different plant spacings and plant densities per hole. Fortaleza, Ceará, Brazil, 2017.

Espaçamento (m)	Clorofila ‘a’		Clorofila ‘b’		AF (cm ²)	
	1 planta	2 plantas	1 planta	2 plantas	1 planta	2 plantas
0,05	21,11 bB	24,92 aA	4,54 aA	4,82 bA	308,38 aA	221,55 aB
0,10	22,97 aA	23,02 bA	4,91 aA	5,24 bA	294,88 aA	241,67 aA
0,15	20,26 bB	25,37 aA	5,15 aA	6,08 aA	298,72 aA	237,55 aB
0,20	21,18 bB	26,05 aA	4,53 aB	6,04 aA	284,66 aA	260,77 aA
C.V. (%)	11,91		18,97		21,96	

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, evidenciam diferenças entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Estes teores mais elevados de clorofila ‘a’ podem ser explicados pelo papel mais atuante no processo fotossintético, por isso ter concentração maior nesses vegetais. A clorofila ‘b’, por outro lado, atua de forma acessória à primeira, ampliando a capacidade da planta em captar mais energia luminosa (Taiz & Zeiger, 2013).

Alguns fatores podem influenciar os teores de ambas as clorofilas no tecido das plantas, como a redução na disponibilidade de luz. A ampliação da captação de luz contribui para o aumento da taxa fotossintética e, conseqüentemente, para a produção de fotoassimilados (Luesse et al., 2006). Tanto nesta pesquisa como na realizada por Moreira et al. (2008), o maior número de plantas por cova de cultivo no geral resultou em menor área foliar e maior concentração de clorofilas ‘a’ e ‘b’ nas folhas, se comparado às plantas com maior área foliar.

Para a fotossíntese líquida (*A*), as maiores médias foram observadas para as plantas submetidas aos tratamentos com duas plantas por cova (Tabela 4). Tais resultados estão diretamente relacionados à concentração de clorofilas ‘a’ e ‘b’ observada para os diferentes tratamentos avaliados.

Tabela 4. Médias de fotossíntese líquida (*A*- $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e eficiência instantânea de carboxilação (*A/Ci*) de plantas de rabanete ‘Zapp’ cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, Ceará, 2017.

Table 4. Means of liquid photosynthesis (*A*- $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and instantaneous carboxylation efficiency (*A/Ci*) of Zapp radish plants, grown at different plant spacings and plant densities per hole. Fortaleza, Ceará, Brazil, 2017.

Espaçamento (m)	<i>A</i>		<i>A/Ci</i>	
	1	2	1	2
0,05	27,12 aA	22,91 aB	0,090 aA	0,070 bB
0,10	24,55 aA	26,39 aA	0,080 aA	0,080 aA
0,15	25,88 aB	25,94 aA	0,080 aA	0,080 aA
0,20	23,27 aB	27,31 aA	0,070 aA	0,090 aA

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, evidenciam diferenças entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Quanto à eficiência instantânea de carboxilação (*A/Ci*), verificou-se que apenas o tratamento com duas plantas por cova no menor espaçamento (0,05 m entre plantas) apresentou um rendimento inferior aos demais (Tabela 4). Tal resultado provavelmente está relacionado à menor taxa de fotossíntese líquida realizada por essas plantas, já que a concentração interna de CO₂ (*Ci*) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos avaliados.

A avaliação da fotossíntese líquida durante o processo de mensuração das trocas gasosas é realizada de forma pontual, em uma determinada área e com suprimento de luz artificial. Sendo assim, quando ela foi determinada nas plantas submetidas aos tratamentos com densidade de duas plantas por cova, por apresentarem maiores concentrações de clorofilas ‘a’ e ‘b’ por área foliar, naturalmente a fotossíntese líquida apresentou maiores taxas.

Apesar do exposto, esse importante caractere avaliado na troca gasosa não pode ser considerado o principal fator para a determinação da real capacidade fotossintética de uma planta, mas sim seu estudo combinado com a área foliar do vegetal. Neste caso, a fotossíntese líquida obtida para uma determinada área de um vegetal, quando multiplicada por sua área foliar total, possibilita a obtenção da chamada fotossíntese bruta (FB), que é o real indicador da capacidade de realização de fotossíntese de uma planta.

Sendo assim, para a FB, as plantas cultivadas nos espaçamentos de 0,10 e 0,20 m não apresentaram diferença em ambas as densidades (Figura 1C). Para os demais espaçamentos com a densidade de apenas uma planta por cova de cultivo foram observadas maiores taxas de fotossíntese bruta. Para a massa fresca de túberas e produtividade, observa-se que a densidade de uma planta por cova combinada com o espaçamento de 0,05 m possibilitou a obtenção das maiores médias (Figura 1A, 1B), o que também se confirmou com a FB. Quanto maior a FB, maior tende a ser a produtividade da cultura, pois há maior aporte de carboidratos para serem distribuídos na planta como um todo. Segundo Taiz & Zeiger (2013), a FB mais elevada nas plantas significa maior conversão de energia luminosa em energia química, com incorporação, na planta, de esqueletos de carbono, o que resulta em maior produtividade.

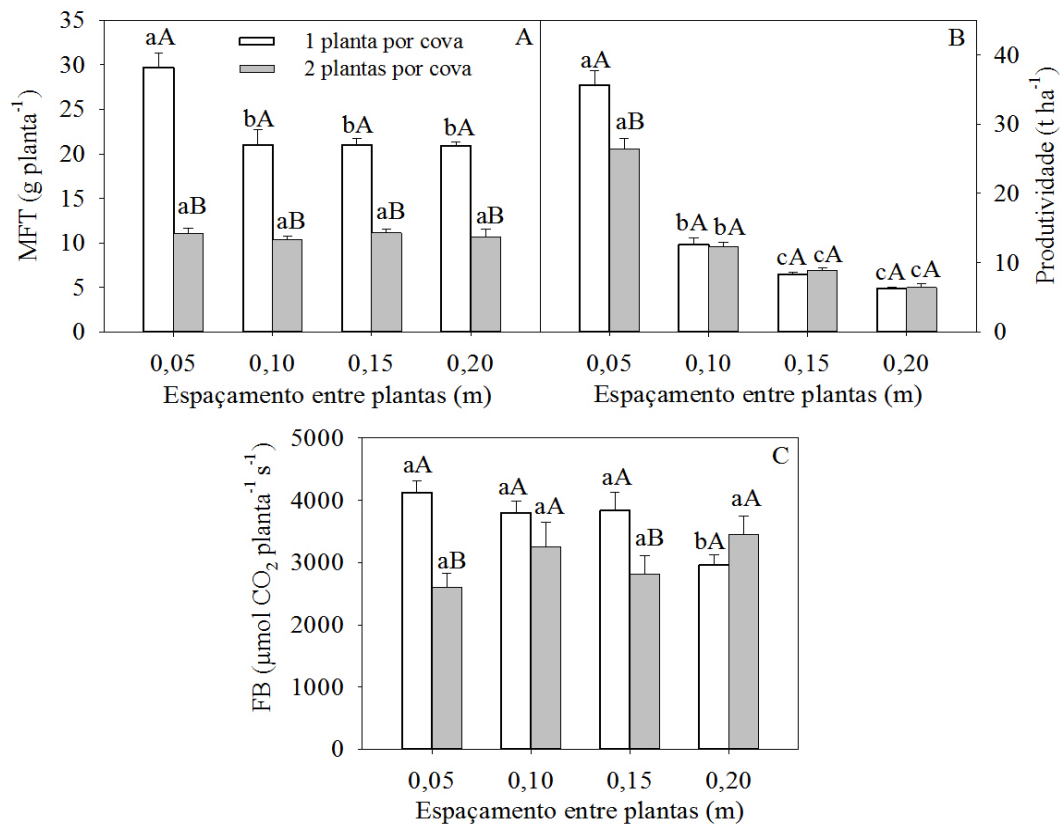


Figura 1. Médias de massa fresca de túberas (MFT, 1A), produtividade (1B) e fotossíntese bruta (FB, 1C) de plantas de rabanete ‘Zapp’, cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, Ceará. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes entre cada espaçamento e maiúsculas entre as densidades no mesmo espaçamento evidenciam diferenças entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As barras representam o erro padrão da média.

Figure 1. Means of fresh mass of tubers (FMT, 1A), productivity (1B) and crude photosynthesis (CP, 1C) of ‘Zapp’ radish plants, grown at different plant spacings and plant densities per hole. Fortaleza, Ceará, Brazil. Means followed by different lowercase letters between each spacing and uppercase letters between densities within the same spacing show differences among themselves by the Scott-Knott test ($p < 0.05$). The bars represent the standard error of the mean.

4 Conclusões

A densidade de uma planta por cova combinada com o espaçamento de 0,05 m entre plantas possibilitou maiores valores de fotossíntese bruta e produtividade para as plantas de rabanete, sendo portanto a mais indicada.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

AMORIM, M. S.; ALMEIDA, D. J. S.; SILVA, M. A. M.; SILVA, B. S.; FREITAS, A. F. J. Qual é o espaçamento ideal para maximizar a produção de rabanete? *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 19, p. 1573-1579, 2014.

BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; BARROS, G. L. Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 45, n. 2, p. 335-343, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação: segunda apuração*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 758 p.

ITO, H.; HORIE, H. A. A. Chromatographic method for separating and identifying intact 4-methylthio-3-butenyl glucosinolate in japanese radish (*Raphanus sativus* L.). *Japan Agricultural Research Quarterly*, v. 42, n. 2, p. 109-114, 2008. doi: 10.6090/jarq.42.109.

LUESSE, D. R.; DEBLASIO, S. L.; HANGARTER, R. P. Plastid movement impaired 2, a new gene involved in normal blue-light-induced chloroplast movements in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, v. 141, p. 1328-1337, 2006. doi: 10.1104/pp.106.080333.

MAIA, P. M. E.; AROUCHA, E. M. M.; SILVA, O. M. P.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A. Desenvolvimento e qualidade do rabanete sob diferentes fontes de potássio. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 6, n. 1, p. 148-153, 2011.

MINAMI, K.; CARDOSO, A. I. I.; COSTA, F.; DUARTE, F. R. Efeito do espaçamento sobre a produção em rabanete. *Bragantia*, v. 57, n. 1, p. 169-173, 1998. doi: 10.1590/S0006-87051998000100019.

MOREIRA, V. F. *Desempenho agrônomo e alterações morfofisiológicas de hortaliças submetidas a sombreamento para o cultivo orgânico com faixas intercalares*. 2008. 122 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

MUELLER, S.; WAMSER, A. F. Combinação da altura de desponte e do espaçamento entre plantas de tomate. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 1, p. 064-069, 2009.

SCHMITT, J.; EHRHARDT, D. W.; CHEO, M. Light dependent dominance and suppression in experimental radish populations. *Ecology*, v. 67, n. 6, p. 1502-1507, 1986. doi: 10.2307/1939081.

SILVA, A. F. A.; SOUZA, E. G. F.; SANTOS, M. G.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F.; SILVEIRA, L. M. Rentabilidade

do rabanete adubado com flor-de-seda em duas épocas de cultivo no semiárido de Pernambuco. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 58, n. 2, p. 198-207, 2015. doi: 10.4322/rca.1761.

SILVA, C. R. M.; SILVEIRA, M. H. D. Fertirrigação da cultura do rabanete com diferentes dosagens de nitrogênio. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15, p. 947-953, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

Contribuição dos autores: Hozano de Souza Lemos Neto realizou as análises fisiológica e estatística, a interpretação dos resultados e o aperfeiçoamento da escrita científica. Celly de Lima Maia participou da organização dos dados e escrita científica do trabalho. Marcelo de Almeida Guimarães orientou a pesquisa, fazendo a revisão ortográfica, gramatical e da escrita científica do trabalho. Maria Risocleuda da Costa implantou e conduziu o tratamento de dados. Janiquelle da Silva Rabelo e Ana Régia Alves de Araújo Hengdes contribuiu na revisão do trabalho e discussão dos resultados.

Agradecimentos: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas aos envolvidos no trabalho. À professora Rosilene de Oliveira Mesquita pelo apoio nas análises de trocas gasosas.

Fonte de financiamento: Não houve fonte de financiamento.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.