

A adubação orgânica melhora o crescimento, produtividade e características físico-químicas do rabanete (*Raphanus sativus* L.) cv. Saxa

Organic fertilization improves the growth, yield and physicochemical characteristics of radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Saxa

La fertilización orgánica mejora el crecimiento, la productividad y las características fisicoquímicas del rábano (*Raphanus sativus* L.) cv. Saxa

Recebido: 26/07/2022 | Revisado: 04/08/2022 | Aceito: 05/08/2022 | Publicado: 15/08/2022

Lady Daiane Costa de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0942-4673>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: teodosiod01@gmail.com

Agda Raiany Mota dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9485-2786>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: agdaraiany8@gmail.com

Jean Carlos Nogueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2637-8381>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: jeancarlos100034@gmail.com

Yasmin Caroline da Silva Matos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4000-7680>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: yasmin.csm@outlook.com

Lucio José Vieira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3763-1012>
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil
E-mail: lucio2018tid@gmail.com

Jefferson dos Santos Gomes Calaça

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7847-3658>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: jefferson.gomes.calaca@gmail.com

Thaynara Cristine Moraes Coelho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2174-8387>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: thaynaracoelho858@gmail.com

Vanessa Luana da Conceição Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7831-1285>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: pereira-vanessapereiravanessa@hotmail.com

Evaristo Jorge Oliveira de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2206-414X>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: evaristojorge@gmail.com

Resumo

A produção de hortaliças é caracterizada pela alta intensidade de uso do solo e seus recursos. Objetiva-se avaliar o crescimento, desenvolvimento, produtividade e características físico-químicas do rabanete submetido a doses de adubação orgânica. O experimento foi realizado em campo em condições de sombreamento de 70%. O delineamento utilizado foi em blocos casualizado, com cinco repetições e cinco tratamentos (0, 15, 30, 45 e 60 t ha⁻¹ de esterco bovino). Foram avaliados 35 dias após o plantio altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e índice de área foliar. Posteriormente as plantas foram colhidas e realizadas determinações da biomassa seca e fresca da parte aérea e dos bulbos, do comprimento e diâmetro dos bulbos, teor de sólidos solúveis totais (SS), acidez total titulável (AT), relação SS/AT, cor da polpa e cor da casca dos bulbos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) a 5% de significância e apresentando efeito significativo, foram realizadas análises de regressão e teste tukey a 5% de probabilidade. As doses 30, 45 e 60 t ha⁻¹ não diferiram entre si e resultaram maior valores para as variáveis produtividade, massa seca da parte aérea, massa fresca e diâmetro do bulbo. Verificou-se que a dose de 30 t ha⁻¹ proporcionou maior massa seca da parte aérea, massa seca do bulbo e relação SS/AT. Verificou-se que adubação com

esterco bovino, com dosagens entre 30 e 45 t ha⁻¹ proporcionou um incremento na cultura do rabanete cv. Saxa cultivado sobre as condições do semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Esterco bovino; Agricultura orgânica; Sustentabilidade; Semiárido.

Abstract

The production of vegetables is characterized by the high intensity of soil use and its resources. The objective was to evaluate the growth, development, productivity and physicochemical characteristics of radish submitted to doses of organic fertilization. The experiment was conducted in the field under 70% shading conditions. A randomized block design with five repetitions and five treatments (0, 15, 30, 45 and 60 t ha⁻¹ of bovine manure) was used. Plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area index were evaluated 35 days after planting. Afterwards the plants were harvested and determinations of dry and fresh biomass of the aerial part and bulbs, bulb length and diameter, total soluble solids content (SS), total titratable acidity (TA), SS/TA ratio, pulp color and bulb skin color were performed. The data obtained were submitted to variance analysis (F test) at 5% significance level and presenting significant effect, regression analysis and Tukey test at 5% probability were performed. The doses 30, 45 and 60 t ha⁻¹ did not differ and resulted in higher values for the variables yield, aboveground dry mass, fresh mass and bulb diameter. It was found that the dose of 30 t ha⁻¹ provided higher aerial dry mass, bulb dry mass and SS/AT ratio. It was verified that fertilization with bovine manure, with dosages between 30 and 45 t ha⁻¹ provided an increase in the culture of radish cv. Saxa cultivated under the conditions of the Brazilian semiarid region.

Keywords: Bovine manure; Organic agriculture; Sustainability; Semi-arid.

Resumen

La producción de hortalizas se caracteriza por la alta intensidad de uso del suelo y sus recursos. El objetivo fue evaluar el crecimiento, el desarrollo, la productividad y las características fisicoquímicas del rábano sometido a dosis de fertilización orgánica. El experimento se llevó a cabo en el campo bajo condiciones de sombreado del 70%. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones y cinco tratamientos (0, 15, 30, 45 y 60 t ha⁻¹ de estiércol bovino). La altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas y el índice de área foliar se evaluaron 35 días después de la plantación. Posteriormente se cosecharon las plantas y se realizaron determinaciones de la biomasa seca y fresca de la parte aérea y los bulbos, la longitud y el diámetro del bulbo, el contenido total de sólidos solubles (SS), la acidez total titulable (TA), la relación SS/TA, el color de la pulpa y el color de la piel del bulbo. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de la varianza (prueba F) con un nivel de significación del 5% y, al presentar un efecto significativo, se realizó un análisis de regresión y una prueba de Tukey con una probabilidad del 5%. Las dosis 30, 45 y 60 t ha⁻¹ no difirieron entre sí y dieron lugar a valores más altos para las variables productividad, masa seca aérea, masa fresca y diámetro del bulbo. Se comprobó que la dosis de 30 t ha⁻¹ proporcionó mayor masa seca aérea, masa seca de bulbo y relación SS/AT. Se encontró que la fertilización con estiércol bovino, con dosis entre 30 y 45 t ha⁻¹ proporcionó un aumento en el cultivo de rábano cv. Saxa cultivado bajo las condiciones de la región semiárida brasileña.

Palabras clave: Estiércol bovino; Agricultura ecológica; Sostenibilidad; Semiárido.

1. Introdução

A produção de hortaliças se caracteriza como sendo uma das atividades agrícolas de maior intensidade quanto ao uso do solo e seus recursos (Mead et al., 2021). O grupo das hortaliças consistem em espécies de ciclo rápido, favorecendo serem cultivadas e colhidas mais de uma vez ao ano e este cultivo se dá em muitas propriedades desde pequeno a grande porte (Bonela et al., 2017). O que pode proporcionar um retorno financeiro rápido, com obtenção de renda no período equivalente ao cultivo de outras culturas de ciclo mais longo (Vanies et al, 2018). Desta forma são necessárias técnicas que visem otimizar a produção de hortaliças, visto que estes sistemas de produção com culturas de ciclo rápido, proporcionam uma maior intensidade de uso do solo (Xu et al., 2022).

A utilização de práticas ambientais sustentáveis é uma necessidade urgente dentro dos sistemas agrícolas, em função da alta intensidade de utilização de fertilizantes químicos que acabam trazendo efeitos indesejáveis ao meio ambiente (Hashemi et al., 2022). Os solos das regiões semiáridas são frequentemente esqueléticos, com um conteúdo de matéria orgânica (<1%) e são pobres nutricionalmente, como baixos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em razão das características climáticas desta região (Oueriemmi et al., 2021). Estes solos também são caracterizados por possuírem uma textura arenosa, pobres estruturalmente e baixa capacidade de retenção de água. Desse modo, o cultivo nesses ambientes acaba se tornando desfavoráveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Gao et al., 2021).

O emprego de fertilizantes químicos é convencionalmente utilizado devido, aos nutrientes presentes neles fornecerem de forma rápida um suprimento ao solo e a plantas, aumentando assim o crescimento e os rendimentos das culturas (Vasco et al., 2021). No entanto, esses compostos químicos não possuem a capacidade de aumentar o conteúdo de matéria orgânica no solo, além de não melhorar as características físicas do solo, como por exemplo, os aspectos envolvendo armazenamento e retenção de água (Abebe et al., 2022). Além disso, os fertilizantes minerais são rapidamente lixiviados para as camadas mais profundas do solo, o que impede sua absorção pelas raízes das culturas hortícolas, visto que a maioria possui um sistema radicular pouco profundo (Pahalvi et al., 2021).

Outro fator agravante do uso desses fertilizantes é a maior contaminação de águas superficiais e subterrâneas, o aumento da alcalinidade e acidificação do solo, com conseqüente diminuição dos níveis de microrganismos benéficos, o que aumenta sua susceptibilidade a pragas nocivas (Hui et al., 2021). Para melhorar as características do solo e diminuir os efeitos das mudanças do clima, as quantidades de matéria orgânicas devem ser mantidas e aumentadas ao longo do tempo em áreas cultivadas (Audette et al., 2020).

Desse modo, a utilização da adubação orgânica é uma alternativa promissora a ser empregada na produção de olerícolas, tanto como fonte de nutrientes para o solo quanto para a melhoria da sua estrutura física, redução do processo de erosão, maior fornecimento de nutrientes, maior retenção de água e, equilíbrio da temperatura do solo ao longo do dia, proporcionando assim um incremento em seus sistemas de produção (Zhang et al., 2022). Oliveira et al. (2010) verificaram uma maior produção de raízes de batata-doce, utilizando esterco bovino, sendo a melhor dose encontrada de 32 t ha⁻¹, a qual proporcionou uma produtividade total de 17 t ha⁻¹, valor superior à média de produtividade no Brasil, que é de 14 t ha⁻¹.

Leal et al. (2007) avaliaram o efeito do esterco bovino na produção de tomate e beterraba, e obtiveram um incremento nos valores de produção de massa seca de parte aérea. Oliveira et al. (2014), ao estudarem o efeito de cinco doses de esterco bovino na cultura do maxixe (*Cucumis anguria* L.) obtiveram que as doses de 26,3 e 27,7 t ha⁻¹ foram responsáveis pelas máximas produtividades comerciais de frutos de maxixe correspondentes a 12,4 e 10,0 t ha⁻¹ (Oliveira et al., 2014). O uso de esterco bovino como fonte de matéria orgânica é importante para a produção sustentável de alimentos, em vista que as correções biológicas do solo com esses compostos ocasionam em um menor custo ambiental, comparando-se aos fertilizantes químicos (Fogler et al., 2019).

O rabanete (*Raphanus sativus* L.), pertence à família Brassicacea, é uma das olerícolas mais antigas cultivadas no mundo (Rodrigues et al., 2013). Consiste em uma raiz globular de coloração vermelha e com polpa branca (Lacerda et al., 2017). Seu cultivo é empregado em muitas propriedades de pequeno porte e nos cinturões verdes das grandes cidades (Bonela et al., 2017). Devido a ser uma olerácea de ciclo curto (25-35 dias) promove um rápido retorno econômico, em comparação as culturas de ciclo longo (Matos et al., 2015). O cultivo desta cultura com a utilização da matéria orgânica, reduz os custos de produção, além de melhorar as características do solo. No entanto, são incipientes os estudos que viabilizem a produção de rabanete no semiárido do Brasil, tendo como fonte de adubação compostos orgânicos.

Diante do exposto, o presente estudo visa analisar o crescimento, desenvolvimento, produtividade e características físico-químicas do rabanete submetido a diferentes doses de adubação orgânica. Mediante a hipótese que a matéria orgânica proveniente do esterco bovino resultará em melhoria no crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade físico-química do rabanete.

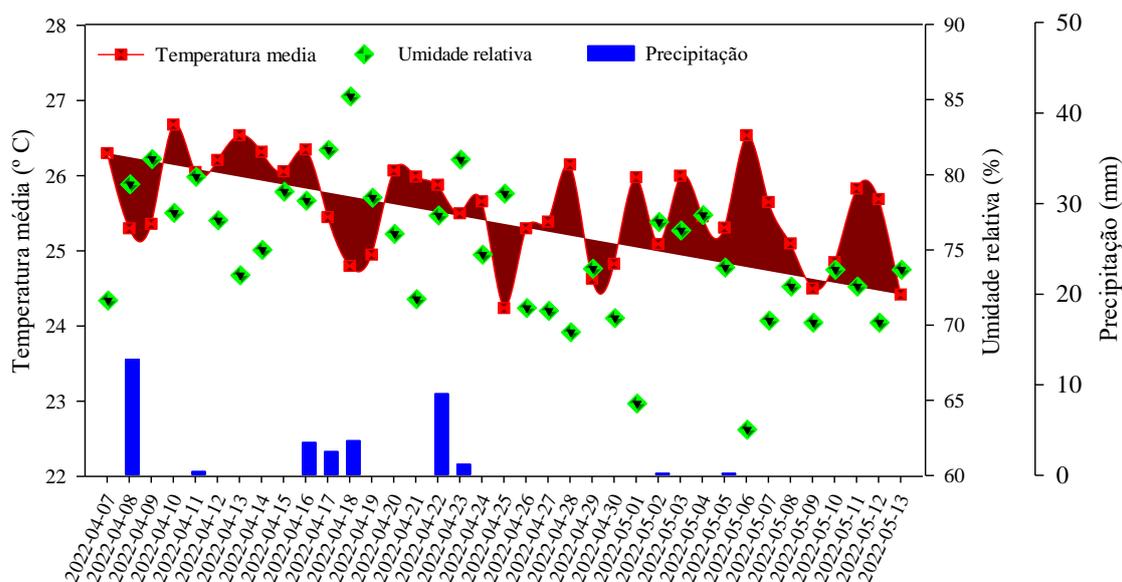
2. Materiais e Métodos

2.1 Localização e condições meteorológicas

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada, localizada no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, o qual apresenta temperatura média anual superior a 25°C,

radiação média global de cerca 17,74 MJ/m², umidade relativa média de 64,85% e precipitação média anual de 642 mm. De acordo com Köppen, o clima da região é do tipo BSh, caracterizado como semiárido quente e seco, possuindo altitude de 481 m (Beck et al., 2018). As condições climáticas durante o período experimental estão dispostas na Figura 1.

Figura 1. Temperatura média (°C), umidade relativa (%) e precipitação (mm) entre o período de 07 de abril a 13 maio de 2022 no município de Serra Talhada- PE, Brasil.



Fonte: USB-HOBOU30 (2022).

O solo característico da área experimental é classificado como um Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico e suas Características físico-químicas estão dispostas na tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas de um Cambissolo Háptico Ta Eutrófico na camada de 0,00 – 0,20 m, situado no município de Serra Talhada – PE, Brasil.

Propriedades físicas						
pp	φt	Areia	Silte	Argila		
---g/cm---	---%---	-----	-----g/kg-----	-----		
1,45	42,27	828,6	148,25	23,15		
Propriedades químicas						
pH	CE	P	Ca	K	Na	V
	dS.m ⁻¹	mg.dm ⁻³	-----cmolc.dm ³ -----			%
5,95	0,32	168,96	3,45	13,80	1,09	97,15

pp = Densidade das partículas; φt = Porosidade total do solo. CE = Condutividade elétrica; P = Fósforo; Ca = Cálcio; Na = Sódio; K = Potássio; V = Saturação de bases. Fonte: Autores (2022).

2.2 Material vegetal e condições de cultivo

A cultivar de Rabanete (*Raphanus sativus* L.) Saxa foi adquirida em casa agropecuária na cidade de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. Semeada no dia 07 abril de 2022 em covas de dois centímetros de profundidade, com espaçamento entre plantas de cinco centímetros e dez entre fileiras, em condições de sombreamento de 70%, fornecido por uma tela de plástico.

Os tratamentos foram compostos por doses de esterco bovino, correspondente: T₀ (controle, com 0 t ha⁻¹), T₁ (15 t ha⁻¹), T₂ (30 t ha⁻¹), T₃ (45 t ha⁻¹) e T₄ (60 t ha⁻¹) incorporados ao solo antes do plantio.

A irrigação por gotejamento foi realizada diariamente às 5h e 17h por meio de emissores com vazão de 0,95 L h⁻¹ (100 kPa), espaçadas de 0,20 m, com duração de uma hora em cada horário, totalizando duas horas diárias. A água utilizada para irrigação apresentou pH de 6,8 e condutividade elétrica de 1,506 mS cm⁻¹, sendo classificada como C3, água de alta salinidade.

2.3 Análises biométricas

Aos 35 dias após plantio (DAP), foram realizadas avaliações biométricas: altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento e largura da folha, sendo as alturas, comprimento e largura das folhas realizadas com auxílio de régua graduada, diâmetro com auxílio de paquímetro digital e o número de folhas por contagem visual. A área foliar (AF) foi obtida através da equação, multiplicando o comprimento e a largura da folha pelo fator de correção, de acordo com a metodologia proposta por Matos et al. (2016).

$$AF=C*L*f$$

Onde:

AF - Área foliar, (cm²); C - Comprimento da folha, (cm); L - Largura da folha, (cm) e f - Fator de correção para o rabanete (0,57), adimensional.

Através da relação área foliar sobre a superfície do solo ocupada pela planta, obteve-se o índice de área foliar (IAF), representando a área foliar total por unidade de área (Matos et al., 2016), seguindo a seguinte equação:

$$IAF=AF/S$$

Onde:

IAF - Índice de área foliar, em cm²; AF - Área foliar, em cm²; e S - Superfície do solo ocupada pela planta, em cm².

Na ocasião da colheita as seguintes avaliações foram realizadas: massa fresca da parte aérea e do bulbo com auxílio de balança semi-analítica. Para a determinação das massas secas, as partes aéreas e bulbos foram condicionadas em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação à temperatura de 55 °C, até atingir peso constante.

A produtividade foi obtida por intermédio da biomassa fresca média dos bulbos. Após o registro dos pesos, este foi multiplicado pela densidade de plantas adotadas (2.000000) e, posteriormente expressos em toneladas por hectare.

Além disso, determinou-se o teor de água dos bulbos mediante a equação proposta por Sousa et al. (2021).

$$C_{H2OB}=\left[\frac{(FMb-DMb)}{100}\right]$$

Onde: C_{H2OB} = teor de água do bulbo, %; FMb = massa fresca do bulbo (g); DMb = massa seca do bulbo (g).

2.4 Análises físico-químicas e qualidade visual

Na ocasião da colheita, bulbos de rabanete foram separados em função dos diferentes tratamentos e, realizadas as seguintes avaliações: teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, cor da polpa e cor da casca dos bulbos.

Para quantificação do conteúdo de sólidos solúveis totais, bulbos de rabanetes foram homogeneizados até formar um suco, posteriormente o teor foi obtido através do uso de refratômetro digital portátil de bancada (INSTRUTHERM, RTD-95, São Paulo, Brasil), sendo utilizado aproximadamente 1 ml de suco para a realização da leitura e os resultados foram expressos em porcentagem (Horwitz & Latimer Junior, 2005).

A acidez titulável foi realizada segundo Astello-García et al. (2015), com algumas modificações, utilizando solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N. Os resultados foram calculados pela fórmula a seguir e expressos em % de ácido cítrico.

$$AT = \frac{N \times V \times Eq \text{ ácido cítrico}}{v}$$

Em que: AT= acidez titulável, (% de ácido cítrico); N= concentração de NaOH; V= Volume de NaOH usado na titulação, (mL); Eq= equivalente gramas de ácido cítrico (64,02); v= Volume da sulco utilizada (mL).

A razão entre sólidos solúveis e acidez foi estimada como indicador de qualidade dos bulbos.

As medidas de cor das cascas e polpa dos rabanetes foram realizadas também no dia da colheita, através do uso de um calorímetro portátil RGB-1002 (LUTRON). Os parâmetros de cor RGB foram determinados na superfície dos bulbos e da polpa e convertidos para valores CIE (Commission International de l'Eclairage) $L^*a^*b^*$ utilizando o website público <http://www.easyrgb.com/index.php?X=CALC#Result>, sendo o D65 considerado o iluminante padrão (luz do dia) e observador = 2°. Os valores de Cromaticidade (C) foram obtido através da seguinte equação $C^*=(a^*2+b^*2)1/2$.

2.5 Levantamento da ocorrência de pragas e inimigos naturais

Durante o período experimentou foi realizado um monitorando das ocorrências de pragas na cultura de rabanete cv. Saxa, mediante análise visual estas foram identificadas e, classificadas em espécie, ordem, família e hábito alimentar. A identificação e caracterização foi realizada utilizando o livro Tópicos em Entomologia Agrícola VIII (Busoli, et al., 2015). A partir do levantamento entomológico foram observados a presença dos seguintes insetos pragas: *Myzus persicae* Sulzer., *Liriomyza* sp, *Ascia monuste orseis* e *Edessa meditabunda* (Tabela 2). Além disso, observou-se a ocorrência de insetos predadores, sendo detectada a presença das espécies das joaninhas, *C. sanguinea* e *C. septempunctata* L. (Tabela 2).

Tabela 2. Levantamento entomológico dos insetos pragas e inimigos naturais presentes durante o cultivo do rabanete cv. Saxa.

Nome científico	Ordem	Família	Hábito alimentar
<i>Myzus persicae</i> Sulzer.	Hemiptera	Aphididae	Herbívoro sugador
<i>Liriomyza</i> sp.	Diptera	Agromyzidae	Herbívoro minador
<i>Ascia monuste orseis</i>	Lepidoptera	Pieridae	Desfolhador
<i>Edessa meditabunda</i>	Hemiptera	Pentatomidae	Herbívoro sugador
<i>Cycloneda sanguinea</i>	Coleoptera	Coccinellidae	Predador
<i>Coccinellsept empunctata</i> L.	Coleoptera	Coccinellidae	Predador

Fonte: Autores (2022).

2.6 Delineamento e análise estatística

O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados, com cinco repetições, compostos por cinco tratamentos (0, 15, 30, 45 e 60) tonelada por hectare de esterco bovino, totalizando 25 unidades experimentais. Cada unidade

experimental continha 0,5 x 0,5 m, ou seja, 0,25 m² e as plantas estavam dispostas no espaçamento 0,10 entre fileiras e 0,05 m entre plantas, contabilizando 50 plantas por parcela.

Os dados foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. e homoscedasticidade de Levene, em seguida procedeu-se à análise de variância e, havendo significância, foi realizado a análise de regressão por meio de ajustes polinomiais e ajustadas equações de regressão para explicar o comportamento dos dados, ajustadas equações de regressão e realizado teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software RStudio (R Core Team, 2018) e os gráficos confeccionados no programa SigmaPlot 14.0 (Systat software inc., 2013). O modelo estatístico utilizado foi:

$$y_{ij} = m + b_j + t_i + e_{ij}$$

Onde: y_{ij} : valor observado da característica estudada, no tratamento i ($i = 1, 2, \dots, I$) e no bloco (ou repetição) j ($j = 1, 2, \dots, J$); m : média geral (de todas as observações) do experimento; b_j : efeito devido ao j -ésimo bloco na parcela experimental; t_i : efeito do tratamento i ; e_{ij} : erro associado à observação y_{ij} ou efeito dos fatores não-controlados sobre ela.

3. Resultados

Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) para as alturas das plantas, número de folhas, índice de área foliar e diâmetro do caule do rabanete submetido a diferentes doses de esterco bovino (Tabela 3).

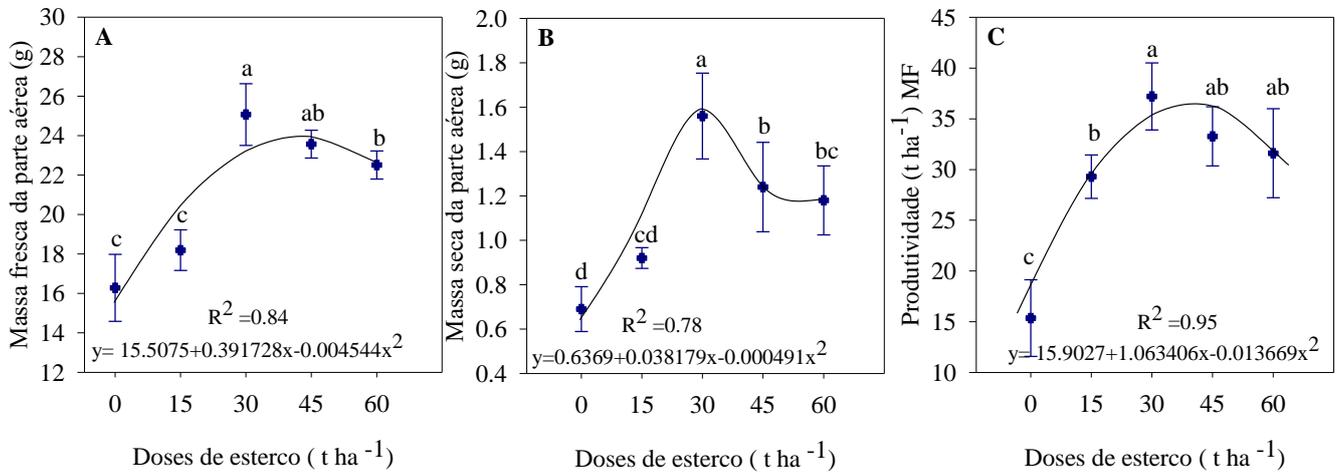
Tabela 3. Altura das plantas, número de folhas, índice de área foliar e diâmetro do caule do rabanete cv. Saxa em função das doses de esterco bovino.

	Doses de esterco (t ha ⁻¹)					Ŷ	P-valor	EPM
	0	15	30	45	60			
Altura de planta (cm)	27,0±4,1	22,9±5,2	25,49±0,9	24,7±0,4	26,1±0,8	25,3	0,42	1,0
Número de folhas	5,9±0,5	6,4±0,8	6,2±0,9	5,6±0,4	5,8±1,1	5,9	0,86	0,3
Índice de Área Foliar (cm ² cm ⁻²)	1,2±0,3	1,1±0,3	1,2±0,1	1,1±0,4	1,3±0,1	1,2	0,18	0,1
Diâmetro do caule (mm)	7,8±1,1	7,9±1,1	7,4±0,7	7,4±0,6	7,8±0,7	7,7	0,23	0,4

Fonte: Autores (2022).

Para explicar o comportamento das variáveis massa fresca (MFPA), massa seca (MSPA) da parte aérea e produtividade da cultura do rabanete submetida a diferentes doses de esterco bovino, a equação de regressão que melhor se ajustou foi a quadrática (Figura 2A, B e C). As máximas produções para as variáveis massa fresca, seca da parte aérea e produtividade foram 23,95g; 1,40g e 36,58 t ha⁻¹, correspondentes as doses 43,1 t ha⁻¹; 39,41 t ha⁻¹ e 38,90 t ha⁻¹ respectivamente. Não houve diferença na massa fresca parte aérea e produtividade para as doses 30, 45 e 60 t ha⁻¹, as quais resultaram maior produção. A dose de 30 t ha⁻¹ incrementou em 57% a produção de massa seca parte aérea em relação a dose 0 t ha⁻¹.

Figura 2. Massa fresca da parte aérea (g) (A), massa seca da parte aérea (g) (B) e produtividade (t ha⁻¹) (C) do rabanete cv. Saxa sob diferentes doses de esterco. Os pontos com barras referem-se as médias e desvio padrão dos valores observados, as curvas representam os valores estimados por meio da equação. As letras minúsculas comparam as doses.

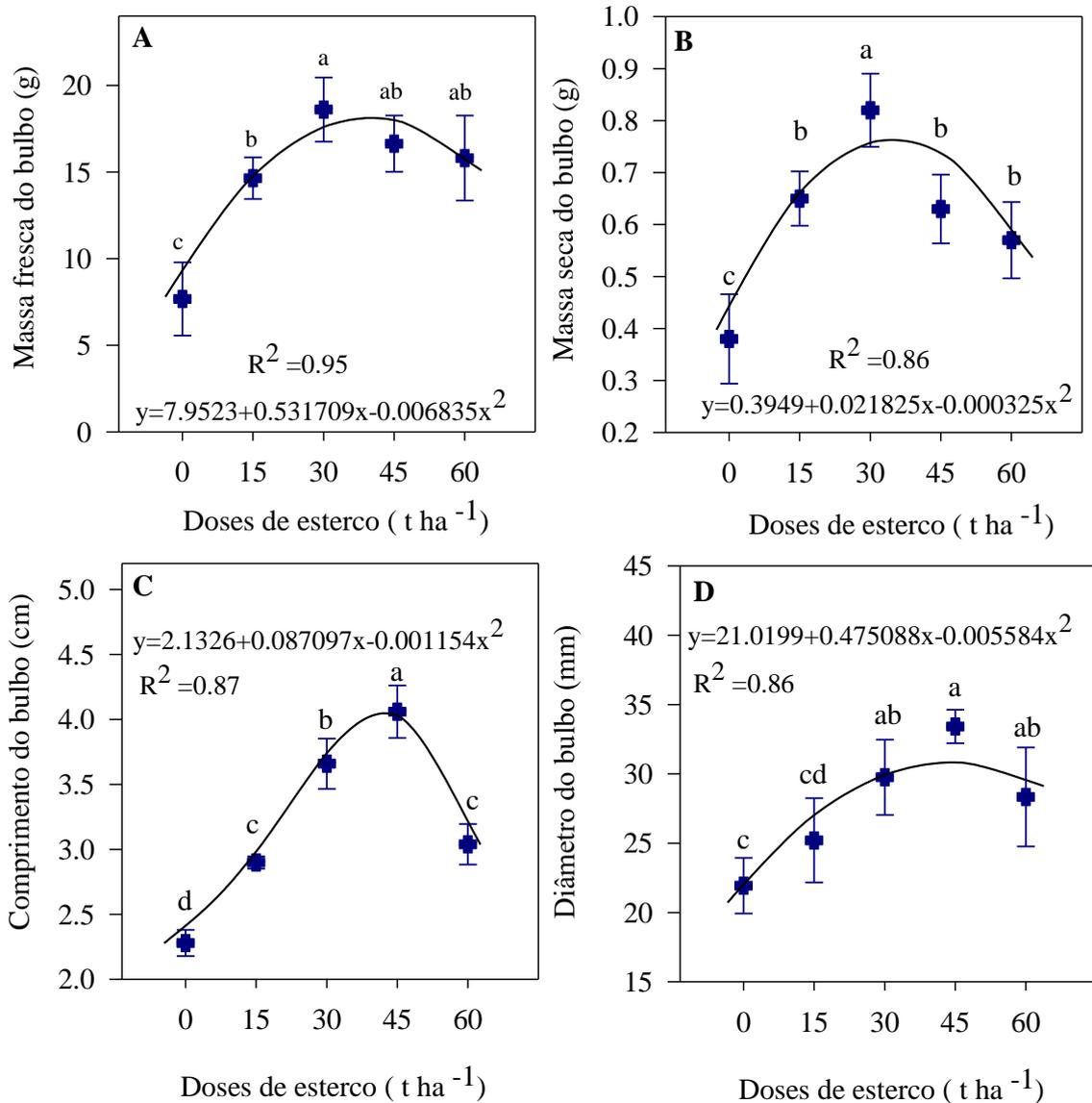


Fonte: Autores (2022).

Observou-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para explicar o comportamento da massa fresca (MFB) e massa seca (MSB) do bulbo de rabanete em relação as doses de esterco bovino utilizadas, conforme este modelo de regressão, a dose de máxima eficiência foi de 39 t ha⁻¹ que proporcionou um peso máximo para MFB de 19,20g (Figura 3A). Já para a MSB do bulbo a dose de máxima eficiência foi de 33,6 t ha⁻¹ a qual proporcionou 0,76g (Figura 3B). As doses de 30, 45 e 60 t ha⁻¹ não diferiram quanto a MFB, resultando em maiores valores (Figura 3A). A dose de 30 t ha⁻¹ incrementou em 54% a MSB em comparação com a dose de 0 t ha⁻¹ (Figura 3B).

Foi constatado que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para explicar o comprimento e o diâmetro do bulbo, sendo que as doses de máxima eficiência 37,7 t ha⁻¹ e 42,5 t ha⁻¹ as quais proporcionaram 3,8 cm de comprimento e 31,1 mm de diâmetro do bulbo (Figura 3C e D). As doses de 30, 45 e 60 t ha⁻¹ não diferiram, e resultaram em maior diâmetro dos bulbos (Figura 3D). Aplicação de 45 t ha⁻¹ incrementou em 44% o comprimento dos bulbos em comparação com a dose de 0 t ha⁻¹.

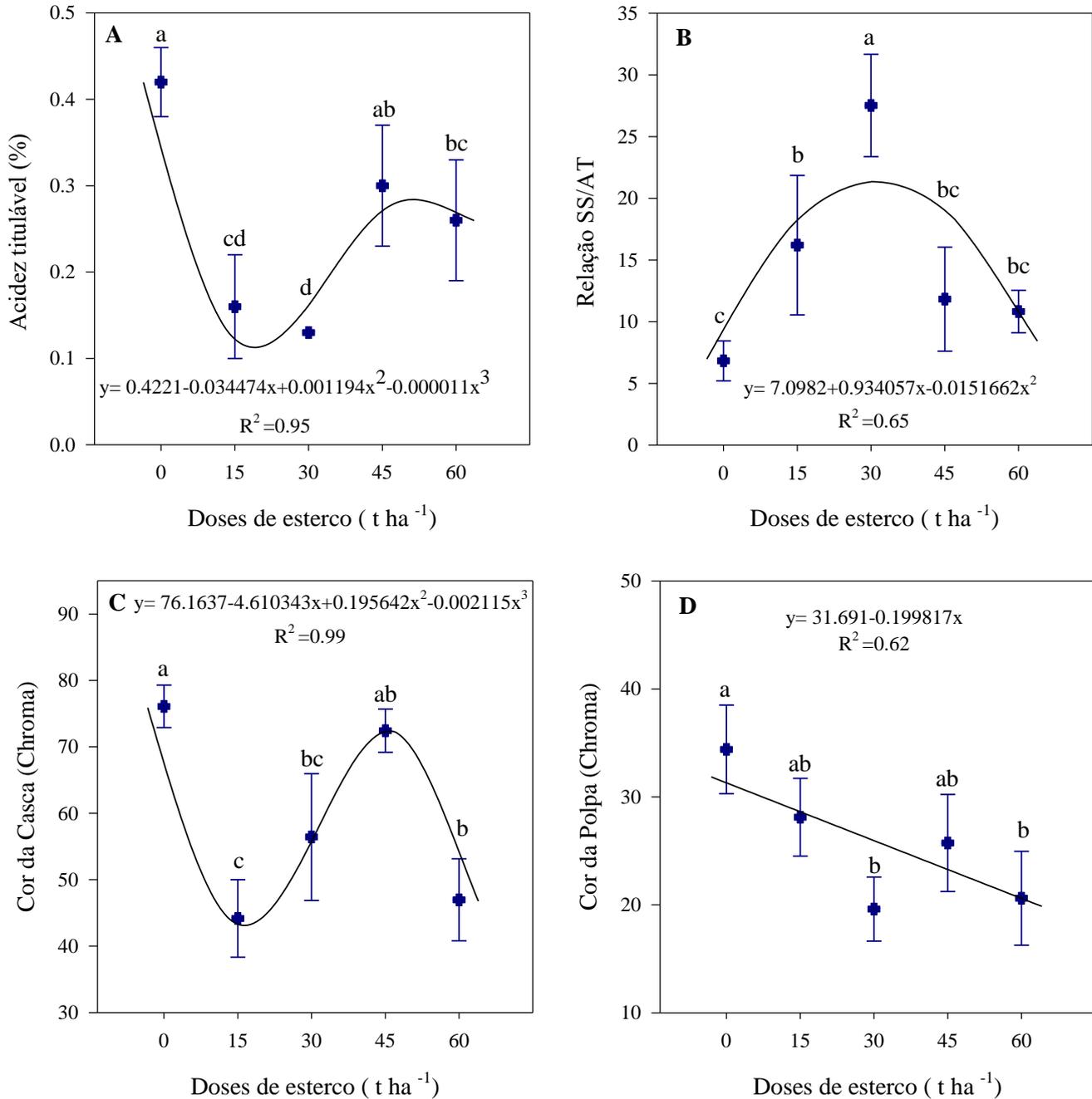
Figura 3. Massa fresca do bulbo (g) (A), massa seca do bulbo (g) (B), comprimento do bulbo (cm) (C) e diâmetro do bulbo (cm) (D) do rabanete cv. Saxa sob diferentes doses de esterco. Os pontos com barras referem-se as médias e desvio padrão dos valores observados, as curvas representam os valores estimados por meio da equação. As letras minúsculas comparam as doses.



Fonte: Autores (2022).

Verificou-se que o modelo cúbico se ajustou melhor para as variáveis acidez total titulável e cor da casca do rabanete, para as quais as doses 0 e 45 t ha⁻¹ não diferiram entre si e proporcionaram maiores valores (Figura 4A e C). Quanto a relação sólido solúvel e acidez total (SS/AT) o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou, a máxima relação SS/AT foi de 21,5 obtida na dose de 37,8 t ha⁻¹ (Figura 4B). A dose de 30 t ha⁻¹ incremento de 75% a relação SS/AT em relação a dose de 0 t ha⁻¹ (Figura 4B). A cor da polpa apresentou comportamento linear negativo, não apresentando diferença entre as doses de 0,15 e 45 t ha⁻¹, as quais proporcionaram em maior intensidade de cor da polpa (Figura 4B).

Figura 4. Acidez titulável (%) (A), relação SS/AT (B), cor da casca (chroma) (cm) (C) e cor da polpa (chroma) (D) do rabanete cv. Saxa sob diferentes doses de esterco. Os pontos com barras referem-se as médias e desvio padrão dos valores observados, as curvas representam os valores estimados por meio da equação. As letras minúsculas comparam as doses.



Fonte: Autores (2022).

Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) nas variáveis sólidos solúveis totais e teor de água do bulbo de rabanete submetido a diferentes doses de esterco bovino (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de sólidos solúveis totais e teor de água dos bulbos rabanete cv. Saxa em função das doses de esterco bovino.

	Doses de esterco (t ha ⁻¹)					Ŷ	P-valor	EPM
	0	15	30	45	60			
Teor de sólidos solúveis totais	2,8±0,6	2,3±0,2	3,5±0,5	3,3±0,5	2,7±0,8	2,9	0,42	0,3
Teor de água dos bulbos (%)	94,8±0,9	95,5±0,6	95,5±0,6	96,2±0,6	96,3±0,9	95,7	0,95	0,3

Fonte: Autores (2022).

4. Discussão

Uma adubação adequada é algo crucial para maximização da produtividade e qualidade na cultura do rabanete (Silva et al., 2020). O presente trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento, desenvolvimento, produtividade e características físico-químicas do rabanete cv. Saxa submetido a diferentes doses de adubação orgânica cultivados no semiárido brasileiro. Nesse estudo as doses de 30, 45 e 60 t ha⁻¹ de esterco bovino não se diferiram e, resultaram em maior produtividade para bulbos de rabanete (Fig. 2C).

O esterco bovino proporciona incrementos na produtividade, uma vez que sua incorporação possibilita melhorias nos aspectos químicos e físicos do solo, principalmente no fornecimento de nitrogênio que é um macronutriente essencial para uma maior capacidade fotossintética, síntese de proteínas e ativação enzimática, sendo bastante requerido pela maioria das hortaliças (Taiz & Zeiger, 2017). Rodrigues et al., (2013) observaram em seu estudo, que a produtividade máxima do rabanete cultivado sob níveis de esterco bovino, foi na dose de 30 t ha⁻¹.

Quanto ao acúmulo de biomassa seca e fresca do bulbo e parte aérea, a dose de 30 t ha⁻¹ proporcionou maiores retornos produtivos, em decorrência dos maiores teores de matéria orgânica fornecida ao solo, influenciando positivamente na retenção e porosidade e favorecendo o melhor desenvolvimento da planta. Em contrapartida, o aumento das doses a partir de 30 t há ocasionou um decréscimo na massa seca do bulbo, o que pode ter ocorrido devido ao aumento na relação C/N, resultando em uma mineralização mais lenta e menor disponibilização de nitrogênio que afeta diretamente culturas de ciclo curto (Bonela et al., 2017)

O efeito de composto de origem bovina na cultura do rabanete influenciou positivamente os parâmetros avaliados. Além disso, foi observada uma correlação entre a produção de biomassa da raiz e da parte aérea, sendo este um comportamento esperado, uma vez que um melhor desenvolvimento da raiz reflete positivamente na parte aérea. De acordo com Medeiros et al. (2018), o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular e consequentemente da parte aérea estão associados às boas condições físicas do solo.

A resposta a produção de massa fresca do bulbo e matéria seca do bulbo (Figura 3) pode estar relacionadas ao fato de que quantidades adequadas de esterco bovino de boa qualidade pode ser capaz de suprir as necessidades da planta em macronutrientes, devido à elevação dos teores de N, P e K disponíveis, sendo o potássio, o elemento que atinge teores mais elevados no solo, pelo uso contínuo, além de propiciar melhoria das condições físicas do solo, tornando esses elementos altamente disponíveis aos vegetais (Medeiros et al., 2018). É importante salientar que são estes os parâmetros que comercialmente interessam por serem o tamanho e o peso da raiz de rabanete que interferem na sua qualidade e consequentemente, no valor. Outro aspecto importante em relação ao desenvolvimento desta planta em doses mais acentuadas de esterco bovino, pode ser explicado pela ocorrência de fitotoxicidade devido ao aumento das concentrações deste resíduo, associada a alta salinidade da água, impactando no desenvolvimento da cultura (Lopes et al., 2019).

Quanto a relação SS/AT (ratio) a melhor dose foi 30 t ha⁻¹, a qual possibilitou uma média de 27,53 sendo este inferior aos relatados por Nunes (2013), que obteve 31,18 e superior ao encontrado por Cruz et al. (2015), que obteve 24,55 na cultura

da rúcula sobre diferentes doses de adubação orgânica. Essa relação entre acidez titulável e sólidos solúveis ratifica uma medição da relação entre açúcares e ácidos presentes na planta, sendo um importante critério na avaliação do sabor das plantas pelos consumidores (Chitarra & Chitarra, 2005).

Este estudo mostrou o efeito positivo do uso do esterco bovino na produção de rabanete em condições semiáridas, sendo este dependente dos níveis utilizados. Outros estudos com outras fontes de adubação orgânica podem ser conduzidos para avaliar o desempenho agrônômico do rabanete. Ressalta-se ainda que o uso da adubação orgânica apresenta ao produtor benefícios em termos financeiros, possibilitando a reutilização de resíduos de sua propriedade.

5. Conclusão

O uso do esterco bovino na cultura do rabanete cv. Saxa, mostrou-se favorável em relação a adubação química, a qual proporciona melhor desenvolvimento em cultivos do semiárido brasileiro. Sendo recomendados doses entre 30 a 45 t ha⁻¹ para obtenção de maior produtividade em massa fresca e seca da parte aérea e bulbos e relação entre SS/AT.

Com base nos resultados obtidos, devem-se realizar estudos futuros, principalmente para avaliar o uso do esterco bovino em substituição ao uso de fertilizantes químicos na produção de hortaliças, bem como o efeito residual da incorporação desse composto nas propriedades físicas e químicas do solo. Além disso, pesquisas podem ser conduzidas avaliando a influência de diferentes fontes de adubação orgânica sob a qualidade visual, sensorial e produtividade de hortaliças.

Referências

- Abebe, T. G., Tamtam, M. R., Abebe, A. A., Abtemariam, K. A., Shigut, T. G., Dejen, Y. A., & Haile, E. G. (2022). Growing Use and Impacts of Chemical Fertilizers and Assessing Alternative Organic Fertilizer Sources in Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*. <https://doi.org/10.1155/2022/4738416>
- Astello-García, M.G., Cervantes, I., Nair, V., Santos-Díaz, M. del S., Reyes-Agüero, A., Guéraud, F., Negre-Salvayre, A., Rossignol, M., Cisneros-Zevallos, L., Barba de la Rosa, A.P., 2015. Chemical composition and phenolic compounds profile of cladodes from *Opuntia* spp. cultivars with different domestication gradient. *J. Food Compos. Anal.* 43, 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.04.016>
- Audette, Y., Smith, D. S., Parsons, C. T., Chen, W., Rezanezhad, F., & Van Cappellen, P. (2020). Phosphorus binding to soil organic matter via ternary complexes with calcium. *Chemosphere*, 260, 127624. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127624>
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data* 2018 5:1, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Bonela, G. D., Santos, W. P., Sobrinho, E. A., & Gomes, E. J. da C. (2017). Produtividade E Qualidade De Raízes De Rabanete Cultivadas Sob Diferentes Fontes Residuais De Matéria Orgânica. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 7(2), 66–74. <https://doi.org/10.21206/rbas.v7i2.413>
- Busoli, A. C., de Souza, L. A., Fraga, D. F., & Grigolli, J. F. J. (2015). Tópicos em Entomologia Agrícola VIII.
- Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. Lavras: ESAL/FAEPE, 785 p.
- Cruz, L. K. A., Ruffino, G. M., Pelvine, R. A., & Cardoso, A. I. I. (2021). Fontes de adubos orgânicos na produção de rúcula. *Revista Brasileira De Agroecologia*, 16(2), 123–131. <https://doi.org/10.33240/rba.v16i2.23252>
- Fogler, K., Guron, G. K. P., Wind, L. L., Keenum, I. M., Hession, W. C., Krometis, L. A., Strawn, L. K., Pruden, A., & Ponder, M. A. (2019). Microbiota and Antibiotic Resistome of Lettuce Leaves and Radishes Grown in Soils Receiving Manure-Based Amendments Derived From Antibiotic-Treated Cows. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3(April), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00022>
- Gao, Y., Liu, X., Hou, W., Han, Y., Wang, R., & Zhang, H. (2021). Characteristics of Saline Soil in Extremely Arid Regions: A Case Study Using GF-3 and ALOS-2 Quad-Pol SAR Data in Qinghai, China. *Remote Sensing*, 12, 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs13030417>
- Hashemi, S. Z., Darzi-Naftchali, A., Karandish, F., Ritzema, H., Solaimani, K. (2022). Assessing agro-environmental sustainability of intensive agricultural systems. *Science of the Total Environment*, 831, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154994>
- Horwitz, W., & Latimer Junior, G. W. (2005). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry international*. USA: AOAC international.
- Hui, K., Tang, J., Cui, Y., Xi, B., & Tan, W. (2021). Accumulation of phthalates under high versus low nitrogen addition in a soil-plant system with sludge organic fertilizers instead of chemical fertilizers. *Environmental Pollution*, 291. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118193>
- Lacerda, V. R., Gonçalves, B. G., Oliveira, F. G., Sousa, Y. B. de, & Castro, I. L. de. (2017). Características Morfológicas E Produtivas Do Rabanete Sob Diferentes Lâminas De Irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11(1), 1127–1134. <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n100513>

- Leal, M. A. de A., Guerra, J. G. M., Peixoto, R. T., & Almeida, D. L. de. (2007). Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, 25(3), 392–395. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362007000300014>
- Lopes, H. L. S., Sampaio, A. S. de O., Sousa, A. C. P. de, Lima, D. C., Souto, L. S., Silva, A. M. da, & Maracajá, P. B. (2019). Crescimento inicial da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) submetida a níveis e fontes de fertilizantes orgânicos. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 13(1), 19–24. <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/6152>
- Matos, R. M. de, Silva, P. F. da, Lima, S. C. de, Santos, C. S. dos, & Neto, J. D. (2016). características foliares e índice de colheita do rabanete irrigado com água residuária em ambiente protegido. *Enciclopédia Biosfera*, 15(2), 1–23.
- Mead, B. R., Christiansen, P., Davies, J. A., Falagán, N., Kourmpetli, S., Liu, L., Walsh, L., Hardman, C. (2021). Is urban growing of fruit and vegetables associated with better diet quality and what mediates this relationship? Evidence from a cross-sectional survey. *Appetite*, 163, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105218>
- Medeiros, T. S. de, Gomes, A. R. M. G., Alves, M. P. B., Marcelino, A. de S., Santos, D. de M., Giongo, A. M. M., Costa, A. R. da, & Doutora. (2018). Produção de rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivado sob níveis de esterco bovino e respiração basal do solo. *Brazilian Applied Science Review*, 3(2), 1348–1357.
- Nunes, C.J.S.; Souza, M.L.; Ferreira, R.L.F. (2013). Qualidade e pós-colheita da rúcula orgânica armazenada sob refrigeração. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17), 2231–2240.
- Oliveira, A. P. De, Silva, O. P. R., Bandeira, N. V. S., Silva, D. F., Silva, J. A., & Pinheiro, S. M. G. (2014). Rendimento de maxixe em solo arenoso em função de doses de esterco bovino e biofertilizante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(11), 1130–1135.
- Oliveira, A. P., Santos, João F., Cavalcante, L. F., Pereira, W. E., Santos, M. do C. C., Oliveira, A. N. P., & Silva, N. V. (2010). Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. *Horticultura Brasileira*, 28, 277–281.
- Oueriemmi, H, Kidd, P. S, Trasar-Cepeda, C, Garrido, B. R, Zoghalmi, R. I, Ardhaoui, K, Prieto-Fernández, A, Moussa, M. (2021). Evaluation of composted organic wastes and farmyard manure for improving fertility of poor sandy soils in arid regions. *Agriculture*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/agriculture11050415>
- Pahalvi, H. N., Rafiyya, L., Rashid, S., Nisar, B., & Kamili, A. N. (2021). Chemical Fertilizers and Their Impact on Soil Health. *Microbiota and Biofertilizers*, 2. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4>
- R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna
- Rodrigues, J. F., Reis, J. M. R., & Reis, M. de A. (2013). Utilização de estercos em substituição a adubação mineral na cultura do rabanete. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, 7(2), 160–168.
- Silva, E. M. B., Fernandes, G. B., Alves, R. D. de S., Castañon, T. H. F. M., & Silva, T. J. A. (2020). Adubação mineral, orgânica e organomineral na cultura do rabanete. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 23300–23318. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-037>
- Sousa, L. D. C., Fonseca, K. S., da Silva, L. F., da Silva, T. G. F., de Andrada, L. V. P., dos Santos, A. R. M., Apolinário, P. L. M. F., do Nascimento Souza, J. F., & do Nascimento Simões, A. (2021). Growth and vase life of gladiolus plants cultivated under different conditions in the semi-arid region of Brazil. *Ornamental Horticulture*, 27(3), 398–407. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.V27I3.2364>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2017). Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal .pdf. In *Biochemical Education*. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0307441276901217>
- Vanies, F. S. S., Brito, M. E. B., Silva, L. A., Moreira, R. C. L., Paiva, E. P., Souto, L. S. (2018). Correção de solo salino-sódico com condicionadores e doses de fósforo para cultivo do sorgo sacarino. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12, 2854 – 2865. 2
- Vasco, C, Torres, B, Jácome, E, Torres, A, Eche, D, Velasco, C. (2021). Use of chemical fertilizers and pesticides in frontier areas: A case study in the Northern Ecuadorian Amazon. *Land Use Policy*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105490>
- Xu, Z., Yin, X., He, P., Liu, L. L. (2022). Simultaneously improving yield and nitrogen use efficiency in a double rice cropping system in China. *European Journal of Agronomy*, 137, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126513>
- ZHANG, J. jia, DING, W. cheng, CUI, R. zong, LI, M. yue, ULLAH, S., & HE, P. (2022). The Nutrient Expert decision support system improves nutrient use efficiency and environmental performance of radish in North China. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(5), 1501–1512. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63660-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63660-2)