



Organic and mineral fertilization on productivity and postharvest of okra

Adubação orgânica e mineral na produtividade e pós-colheita do quiabeiro

Jonnathan Richeds da Silva Sales^{1*}; Geocleber Gomes de Sousa²; Raimundo Gleidison Lima Rocha²; Francisco Hermes Rodrigues Costa²; Elizeu Matos da Cruz Filho²; Kelly Nascimento Leite³

Abstract: Mineral fertilization promotes good results for the components of production and quality of okra fruit; however, it raises the cost of production, making it, sometimes, unviable to the small producers. Thus, this study aimed to evaluate organic and mineral fertilization in different forms, in the components of production, productivity, and quality of okra fruits. The experiment was carried out, under full sunlight, in a completely randomized design (CRD), with six replications. The treatments corresponded to the different forms of fertilization, being: MF = mineral fertilization with NPK (100% of the recommended dose); BF = fertilization with bovine biofertilizer (100% of the NPK contents); VA = fertilization with vegetable ash (100% of NPK contents); MFBF = mineral fertilizer (50%) + bovine biofertilizer (50%); MFVA = mineral fertilizer (50%) + vegetable ash (50%); C = control (without fertilization). The variables analyzed were as follows: number of fruits per plant (NFP), average fruit mass (AFM), fruit length (FL), fruit diameter (FD), fruit skin thickness (FST), and yield (Y). Therefore, the use of bovine biofertilizer in isolation or supplemented with mineral fertilization enhances the production of okra and improves the quality of the fruits, revealing as promising alternatives for growing okra.

Key words: *Abelmoschus esculentus* L. Organic input. NPK.

Resumo: A fertilização mineral promove bons resultados para os componentes de produção e qualidade de frutos de quiabeiro, porém eleva o custo de produção e nem sempre é acessível ao pequeno produtor. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a adubação orgânica e mineral em diferentes formas, nos componentes de produção, produtividade e qualidade de frutos de quiabeiro. O experimento foi conduzido em condições de pleno sol no delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições. Os tratamentos corresponderam às diferentes formas de adubação, sendo: AM = adubação mineral com NPK (100% da dose recomendada); BF = adubação com biofertilizante bovino (100% dos teores de NPK); CV = adubação com cinza vegetal (100% dos teores de NPK); AMBF = adubo mineral (50%) + biofertilizante bovino (50%); AMCV = adubo mineral (50%) + cinza vegetal (50%); C = controle (sem adubação). As variáveis analisadas foram as seguintes: número de frutos por planta (NFP), massa média dos frutos (MMF), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), espessura da casca dos frutos (EC) e produtividade (PROD). A utilização do biofertilizante bovino de forma isolada ou complementada com adubação mineral eleva a produção de quiabo e melhora a qualidade dos frutos, se mostrando como alternativas promissoras para cultura do quiabo.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus* L. Insumo orgânico. NPK.

*Corresponding author

Submitted for publication on 20/02/2020, approved on 27/04/2020 and published on 26/05/2020

¹Mestrando/Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. E-mail: jonnathanagro@gmail.com

²Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, CE. E-mails: sousagg@unilab.edu.br; rochaagronomia@hotmail.com; hermesonrc@gmail.com; elizeu.cruz9@gmail.com

³Universidade Federal do Acre, Cruzeiro do Sul, AC. E-mail: knleite.ufac@gmail.com

INTRODUCTION

Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) is a plant originally from African, belonging to the Malvaceae family. It is mainly used in human food and recently has excited broad interest in the production of fibers. Its cultivation occurs in tropical and subtropical regions due to its rusticity and low production cost (MARIN *et al.*, 2017; TORRES *et al.*, 2014; SALES *et al.*, 2019). In 2017, Brazil produced about 128,460 tons of okra. The Southeast region stood out as responsible for approximately 53% of national production (IBGE, 2018).

Bearing in mind the scarcity in the adoption of cultural practices, studies that define appropriate techniques are needed, which could be used by producers, to promote increased okra yield and its expansion. Among the practices, the following highlighted: irrigation management, phytosanitary control, soil correction, and fertilization. Crop nutrition through the use of correctives and fertilizers has a direct influence on productivity and food quality (SOUZA *et al.*, 2019).

There are several studies in the literature reporting the use of synthetic mineral fertilizers for the okra cultivation. For instance, Adekiya *et al.* (2018), in their research, found a significant yield of okra fruits from nitrogen (N) fertilization, using 60 kg ha⁻¹ of urea; however, the highest growth in fruit and quality occurred at a dose of 120 kg ha⁻¹. Whereas in a study conducted by Miranda *et al.* (2020), they found that the increasing linear model was the one that best explained the effect of N doses and okra yield, getting a maximum studied dose (250 kg ha⁻¹) of 16.83 t ha⁻¹. Santos *et al.* (2019) notice that the number of okra fruits increased by 9.10% with the application of 240 kg ha⁻¹ of K₂O, compared to the control, indicating that the crop is demanding in fertilization with potassium (K).

The efficiency of N might be linked to the fact that this nutrient is constituent of proteins, participates in diverse biological processes, such as photosynthesis, respiration, general synthesis, multiplication, cell differentiation, and increased production of vegetative and floral buds (MALAVOLTA, 2002; CARDOSO; BERNI, 2012; FILGUEIRA, 2012). While, K favors the formation and translocation of carbohydrates, and the water-efficient use by the plant balances, the application of N and improves the product quality, in aspects such as color, flavor, and culinary properties, besides to add value to the products (PINHEIRO *et al.*, 2011).

INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma planta de origem africana, pertencente à família Malvaceae. É utilizado, principalmente, na alimentação humana e mais recentemente despertou interesse industrial, na produção de fibras. O seu cultivo ocorre em regiões tropicais e subtropicais devido à rusticidade e ao baixo custo de produção. (MARIN *et al.*, 2017; TORRES *et al.*, 2014; SALES *et al.*, 2019). O Brasil produziu no ano de 2017 cerca de 128.460 toneladas de quiabo, sendo a região Sudeste responsável por aproximadamente 53% da produção nacional (IBGE, 2018).

Tendo em vista a escassez na adoção de práticas culturais, são necessários estudos que definam práticas adequadas, passíveis de uso pelos produtores, a fim de promover o incremento de produtividade no quiabeiro e sua expansão. Entre as práticas, destacam-se: manejo da irrigação, controle fitossanitário, correção e adubação do solo. A nutrição das culturas por meio do emprego de corretivos e fertilizantes tem influência direta na produtividade e na qualidade dos alimentos (SOUZA *et al.*, 2019).

Diversos autores têm reportado na literatura científica a utilização de adubos minerais sintéticos para o cultivo do quiabeiro. Adekiya *et al.* (2018) verificaram que a adubação com nitrogênio (N), empregando 60 kg ha⁻¹ de ureia, promoveu ótimo rendimento de frutos de quiabo, mas o maior crescimento do fruto e da qualidade se deu na dose de 120 kg ha⁻¹. Em seus estudos, Miranda *et al.* (2020) verificaram que o modelo linear crescente foi o que melhor explicou o efeito de doses de N e produtividade de quiabo, obtendo na dose máxima estudada (250 kg ha⁻¹) produção de 16,83 t ha⁻¹. Santos *et al.* (2019) descrevem que o número de frutos de quiabo aumentou em 9,10% com a aplicação de 240 kg ha⁻¹ de K₂O, em comparação ao controle, indicando que a cultura é exigente em adubação com potássio (K).

A eficiência do N pode estar relacionada ao fato de que esse nutriente é um constituinte de proteínas, participa de vários processos biológicos, como fotossíntese, respiração, síntese em geral, multiplicação, diferenciação celular e aumento da produção de gemas vegetativas e florais (MALAVOLTA, 2002; CARDOSO; BERNI, 2012; FILGUEIRA, 2012). Já o K favorece a formação e translocação de carboidratos, e o uso eficiente da água pela planta equilibra a aplicação de N e melhora a qualidade do produto, em aspectos como cor, sabor e propriedades culinárias, além de agregar valor ao produto (PINHEIRO *et al.*, 2011).

Although mineral fertilization is required for crops, its indiscriminate use in agriculture has contributed to the increase in production costs, beyond causing soil contamination. Fertilizers that contain nitrates and phosphates in their composition, when released into the plantations, are subsequently dragged through the water, in the riverbed, or infiltrate the soil, reaching the groundwater, causing eutrophication and imbalances in the aquatic environment (SOUSA, 2011).

Given the circumstances, an affordable and sustainable alternative for agricultural production is organic fertilization, applying biofertilizers and vegetable ash. Biofertilizers, aside from acting as fertilizer, have a beneficial influence on fruit productivity and quality (OLIVEIRA *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2014; SALES *et al.*, 2019). Furthermore, vegetable ash, also, works as a soil conditioner for providing chemical improvements (BONFIM-SILVA *et al.*, 2015).

The strategy to maximize production and reduce costs is to use an organic input, preferably produced on the farm, and to add mineral fertilizers in complementary quantities (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Therefore, the objective of this study was to evaluate organic and mineral fertilization in different ways, in the components of production, yield, and quality of okra fruits.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out from september to december 2018, in the didactic vegetable garden Professor Luís Antônio da Silva, at the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusophony (UNILAB), on Liberdade *campus*, Redenção, CE. The municipality is located at latitude coordinates 4°13'33" S and longitude 38°43'50" W, at an altitude of 88 meters.

The climate of the region is classified as Aw', characterized as rainy tropical, very warm with predominant rains in the summer and autumn seasons (KÖPPEN, 1923). The substrate used was obtained from the mixture of sandy soil, sand, and bovine manure in the proportion of 4:2:1, respectively. The substrate had the following chemical attributes: organic matter - 9.15 g kg⁻¹; N - 0.54 g kg⁻¹; Ca - 2.0 cmol_c kg⁻¹; K - 3.31 cmol_c kg⁻¹; Mg - 2.0 cmol_c kg⁻¹; Na - 1.31 cmol_c kg⁻¹; H + Al - 0.83 cmol_c kg⁻¹; sum of bases - 8.62 cmol_c kg⁻¹; Cation exchange capacity - 9.45 cmol_c kg⁻¹; base saturation - 91%; P - 59 mg kg⁻¹; and pH - 6.3.

Embora necessária a adubação mineral aos cultivos, a sua utilização indiscriminada na agricultura tem contribuído para a elevação dos custos de produção, além de acarretar a contaminação do solo. Os fertilizantes que contêm em sua composição nitratos e fosfatos, ao serem lançados nas plantações, são posteriormente arrastados pela água, para o leito dos rios, ou infiltram o solo, chegando aos lençóis freáticos, causando eutrofização e desequilíbrios no meio aquático (SOUSA, 2011).

Diante das circunstâncias, uma alternativa acessível e sustentável para a produção agrícola é a adubação orgânica utilizando biofertilizantes e cinza vegetal. Os biofertilizantes, além de atuar como adubo, exercem influência benéfica sobre produtividade e qualidade de frutos (OLIVEIRA *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2014; SALES *et al.*, 2019). A cinza vegetal, além de fertilizante, atua como condicionador do solo por proporcionar melhorias químicas (BONFIM-SILVA *et al.*, 2015).

A estratégia para maximizar a produção e reduzir custos é usar um insumo orgânico, de preferência produzido na propriedade, e adicionar fertilizantes minerais em quantidades complementares (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Portanto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a adubação orgânica e mineral em diferentes formas, nos componentes de produção, produtividade e qualidade de frutos de quiabeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de setembro a dezembro de 2018, conduzido na Horta Didática Professor Luiz Antônio da Silva, pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), *Campus* da Liberdade, Redenção, CE. O município de Redenção está situado a uma latitude de 04° 13' 33" S e longitude de 38° 43' 50" W, com altitude média de 88 metros.

O clima da região é do tipo Aw', sendo caracterizado como tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações do verão e outono (KÖPPEN, 1923). O substrato utilizado foi obtido a partir da mistura de arisco, areia e esterco bovino na proporção de 4:2:1, respectivamente. O substrato apresentou os seguintes atributos químicos: matéria orgânica - 9,15 g kg⁻¹; N - 0,54 g kg⁻¹; Ca - 2,0 cmol_c kg⁻¹; K - 3,31 cmol_c kg⁻¹; Mg - 2,0 cmol_c kg⁻¹; Na - 1,31 cmol_c kg⁻¹; H + Al - 0,83 cmol_c kg⁻¹; soma de bases - 8,62 cmol_c kg⁻¹; capacidade de troca catiônica - 9,45 cmol_c kg⁻¹; saturação das bases - 91%; P - 59 mg kg⁻¹; e pH - 6,3.

The experiment was carried out, under full sunlight, in a completely randomized design (CRD), with six replications. The treatments corresponded to the different forms of fertilization, being: MF = mineral fertilization with NPK (100% of the recommended dose); BF = fertilization with bovine biofertilizer (100% of the NPK contents); VA = fertilization with vegetable ash (100% of NPK contents); MF_{BF} = mineral fertilizer (50%) + bovine biofertilizer (50%); MF_{VA} = mineral fertilizer (50%) + vegetable ash (50%); C = control (without fertilization), with six replications. The experimental unit consisted of polyethylene pots with a capacity of 25 dm³ of a substrate and one plant per plot, totaling 36 experimental units.

For the biofertilizer production, fresh manure of bovine origin was used, following the method of aerobic fermentation, with the addition of non-saline water (0.5 dS m⁻¹), in the proportion of 50% (volume of ingredients per volume of water), remaining in that process for 60 days, in a water tank with a capacity of 200 L. The vegetable ash used was the result of burning sugarcane and obtained from a local producer. Levels of mineral elements (Table 1), in the chemical composition of dry matter of bovine biofertilizer and vegetable ash, were analyzed according to the methodology suggested by Malavolta *et al.* (1997).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições. Os tratamentos corresponderam às diferentes formas de adubação, sendo: AM = adubação mineral com NPK (100% da dose recomendada); BF = adubação com biofertilizante bovino (100% dos teores de NPK); CV = adubação com cinza vegetal (100% dos teores de NPK); AM_{BF} = adubo mineral (50%) + biofertilizante bovino (50%); AM_{CV} = adubo mineral (50%) + cinza vegetal (50%); C = controle (sem adubação), com seis repetições. A unidade experimental consistiu de vasos de polietileno com capacidade de 25 dm³ de substrato e uma planta por parcela, totalizando 36 unidades experimentais.

Na confecção do biofertilizante foi utilizado esterco fresco de origem bovina e empregou-se o método da fermentação aeróbia com adição de água não salina (0,5 dS m⁻¹) na proporção de 50% (volume ingredientes por volume água), ficando nesse processo por 60 dias, em caixa d'água com capacidade de 200 L. A cinza vegetal utilizada foi resultado da queima de cana-de-açúcar e obtida de um produtor local. Os teores de elementos minerais (Tabela 1), na composição química da matéria seca do biofertilizante bovino e da cinza vegetal, foram analisados conforme metodologia sugerida por Malavolta *et al.* (1997).

Table 1 - Composition of macro and micronutrients in bovine biofertilizer and vegetable ash
Tabela 1 - Composição de macro e micronutrientes no biofertilizante bovino e na cinza vegetal

Adubos orgânicos	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	(g L ⁻¹)					(mg L ⁻¹)			
Biofertilizer	0.82	1.40	1.0	2.5	0.75	141.60	1.92	68.2	14.72
Vegetable ash	0.40	1.13	54.4	28.7	13.9	7819.1	10.5	37.8	240.8

The mineral fertilizer recommendation for the cultivation of okra was adopted according to Trani *et al.* (2013), being: 80 kg ha⁻¹ of N, 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅, and 60 kg ha⁻¹ of K₂O.

The determination of the recommended doses for fertilization with bovine biofertilizer and vegetable ash ensued during the culture cycle. It was calculated the quantity of nutrients held in the substrate (composed of sandy soil, sand, and bovine manure), contained N (0.54 g kg⁻¹); P (0.059 g kg⁻¹); and K (1.29 g kg⁻¹), multiplied by the density of the soil (1.3) by the volume of substrate (25 L) placed in each pot. After that, the value found was multiplied by the amounts of N, P, and K present in the substrate analysis. Organic inputs were applied at weekly intervals, manually in each pot (experimental unit).

Adotou-se a recomendação da adubação mineral para a cultura do quiabeiro conforme Trani *et al.* (2013), sendo: 80 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

Para adubação com o biofertilizante bovino e a cinza vegetal, foi determinada a dose recomendada durante o ciclo da cultura, calculando-se a quantidade de nutrientes presentes no substrato, composto por arisco + areia e esterco bovino, o qual continha 0,54 g kg⁻¹ de N; 0,059 g kg⁻¹ de P e 1,29 g kg⁻¹ de K por meio da multiplicação da densidade do solo (1,3) pelo volume de substrato (25 L) colocado em cada vaso e multiplicando-se em seguida o valor encontrado pelas quantidades de N, P e K presentes na análise do substrato. Os insumos orgânicos foram aplicados em intervalos semanais de forma manual em cada vaso (unidade experimental).

To provide the nutritional demand of the okra crops, through the nutrients present in the substrate mentioned before and the organic fertilizers (Table 1), 6 liters of bovine biofertilizer were used, providing 4.92 g of N, 8.4 g of P, and 6 g of K. Additionally, 8 kg of vegetable ash was used, promoting a total of 3.2 g; 9.9 g, and 435.2 g of N, P, and K, respectively.

Okra seeds of cultivar Santa Cruz 47 were sown, and at 15 days after seedling establishment, they were transplanted to plastic pots with a capacity of 25 L of the substrate, under full sunlight conditions.

Irrigation was made daily, using the pot weighing method (PUÉRTOLAS *et al.*, 2017), supplying the water volume every 24 h to keep the substrate with humidity corresponding to 60% of the field capacity, to avoid the risks of leaching of the fertilizers for each treatment (LIMA NETO *et al.*, 2015).

Fruit harvesting started at 45 days after transplanting the seedlings, manually and every three days, for ten weeks. After harvesting, the fruits were packed in plastic bags, identified and, later, taken to the Laboratory of Plant Physiology/UNILAB, where the evaluations took place.

The variables analyzed were as follows: number of fruits per plant (NFP); average fruit mass (AFM), obtained by dividing the fresh fruit mass of each plot by the number of fruits in the respective plot (g); fruit length (FL), measured with a ruler graduated in centimeters (cm); fruit diameter (FD), measured with the aid of a digital caliper in the median region of the fruit (mm); fruit skin thickness (FST), using a digital caliper (mm); and yield (Y), considering the production of the useful area of each plot by the population density of plants, expressed in $t\ ha^{-1}$.

Data obtained were submitted to analysis of variance (ANOVA), for the significant variables by the F test, the means were compared by the Tukey test ($p \leq 0.05$), using the computer program ASSISTAT 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Table 2 shows that there was a significant effect ($p \leq 0.01$) of the treatments for the variables: number of fruits per plant (NFP), average fruit mass (AFM), yield (Y), fruit length (FL), fruit diameter (FD), and fruit skin thickness (FST).

Para o suprimento da demanda nutricional da cultura do quiabo, através dos nutrientes presentes no substrato supracitado e nos adubos orgânicos (Tabela 1), foram utilizados 6 litros de biofertilizante bovino, fornecendo 4,92 g de N, 8,4 g de P e 6 g de K. Utilizou-se 8 kg de cinza vegetal, promovendo um total de 3,2; 9,9 e 435,2 g de N, P e K, respectivamente.

As sementes de quiabo, cultivar Santa Cruz 47, foram semeadas em sementeiras e aos 15 dias após o estabelecimento das plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade para 25 L de substrato, em condições de pleno sol.

A irrigação foi realizada em uma frequência diária por meio do método de pesagem de vaso (PUÉRTOLAS *et al.*, 2017), fornecendo o volume de água a cada 24 h para manter o substrato com umidade correspondente a 60% da capacidade de campo, a fim de evitar os riscos de lixiviação dos fertilizantes de cada tratamento (LIMA NETO *et al.*, 2015).

A colheita dos frutos iniciou-se aos 45 dias após o transplante das mudas, de forma manual e a cada três dias, durante dez semanas. Após a colheita, os frutos foram embalados em sacos plásticos devidamente identificados e, posteriormente, conduzidos ao Laboratório de Fisiologia Vegetal/UNILAB, onde se deram as avaliações.

As variáveis analisadas foram as seguintes: número de frutos por planta (NFP), massa média dos frutos (MMF), obtida dividindo a massa fresca de frutos de cada parcela pelo número de frutos da respectiva parcela, com resultado expresso em gramas (g), comprimento dos frutos (CF), aferido com régua graduada em centímetros (cm), diâmetro dos frutos (DF), medido com o auxílio de paquímetro digital na região mediana do fruto, com resultado expresso em milímetros (mm), espessura da casca dos frutos (EC), utilizando paquímetro digital, com o resultado em milímetros (mm) e produtividade (PROD), considerando a produção da área útil de cada parcela pela densidade populacional de plantas, expressa em $t\ ha^{-1}$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para as variáveis significativas pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), fazendo uso do programa computacional ASSISTAT. 7.7 Beta. (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 2 que houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) dos tratamentos para as variáveis: número de frutos por planta (NFP), massa média dos frutos (MMF), produtividade (PROD), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF) e espessura da casca (EC).

The number of fruits per plant was raised to 6.5 units when the form of fertilization with BF (Figure 1) was used, providing superiorities of up to 55% concerning the MF_{BF}, MF_{VA}, and C treatments. This result is possibly related to the positive effects of BF on the physical and chemical attributes of the substrate, consequently providing higher efficiency of plants in photosynthetic processes and the transport of organic solutes in plant tissues (SOUSA *et al.*, 2013).

O número de frutos por planta foi elevado à 6,5 unidades quando se utilizou a forma de adubação com BF (Figura 1), proporcionando superioridades de até 55% em relação aos tratamentos AM_{BF}, AM_{CV} e C. Esse resultado, possivelmente está relacionado com os efeitos positivos do BF nos atributos físicos e químicos do substrato, resultando em maior eficiência das plantas nos processos fotossintéticos e no transporte de solutos orgânicos nos tecidos vegetais (SOUSA *et al.*, 2013).

Table 2 - Summary of analysis of variance for the effect of different fertilizer compositions on the studied variables

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para o efeito das diferentes composições de fertilizantes sobre as variáveis estudadas

SV	DF	Medium square					
		NFP	AFM (g)	YIELD (t ha ⁻¹)	FL (cm)	FD (mm)	FST (mm)
Treatments	5	30.81**	98.32**	153.62**	27.95**	3.74**	1.47**
Residue	30	2.83	7.35	11.49	1.82	1.42	0.12
Total	35						
C.V. (%)		10.95	14.6	14.6	10.12	7.03	12.55

NFP - Number of fruits per plant; AFM - average fruit mass; YIELD - productivity; FL - fruit length; FD - fruit diameter; FST - fruit shell thickness. SV: Sources of variation; DF: Degrees of freedom; *, ** and ^{ns} - Significant by F test at 5%, 1% and not significant, respectively; C. V.: Coefficient of variation.

NFP - Número de frutos por planta; MMF - massa média dos frutos; PROD - produtividade; CF - comprimento do fruto; DF - diâmetro do fruto; EC - espessura da casca. FV: Fontes de variação; GL: Graus de liberdade; *, ** e ^{ns} - Significativo pelo teste F a 5%, 1% e não significativo, respectivamente; C. V.: Coeficiente de variação.

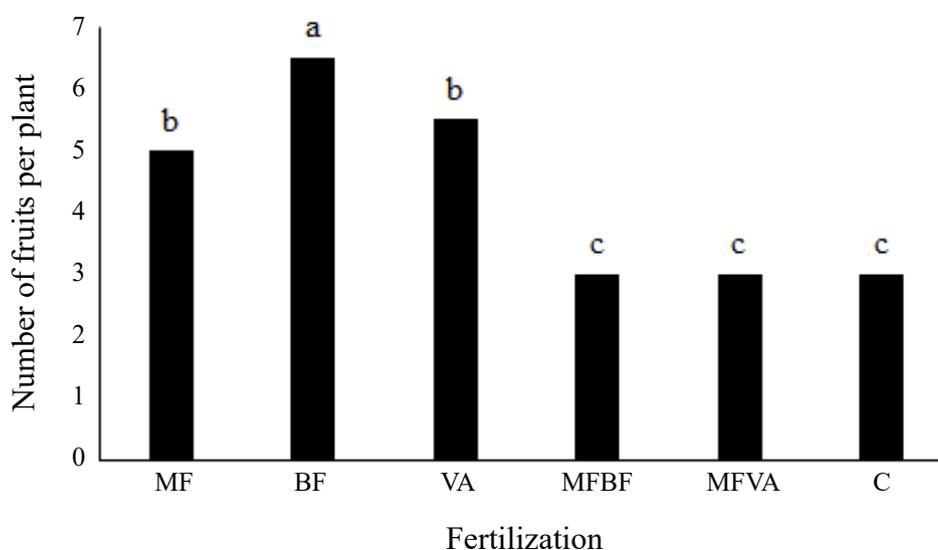


Figure 1 - Number of fruits per okra plant as a function of fertilization.

Mineral fertilization (MF); bovine biofertilizer (BF); vegetable ash (VA); mineral 50% + bovine 50% (MFvA); mineral 50% + ash 50% (MFVA) and control (C).

Figura 1 - Número de frutos por planta de quiabeiro em função das formas de adubação.

Adubação mineral (AM); biofertilizante bovino (BF); cinza vegetal (CV); mineral 50% + bovino 50% (AMvA); mineral 50% + cinza 50% (AMcv) e controle (C).

Besides, a positive effect of organic fertilization on the fruit quantity produced per plant was verified by Sales *et al.* (2019), in which the use of bovine and caprine biofertilizer promoted 7 and 5 fruits per okra plant, respectively. However, Oliveira *et al.* (2014), in field conditions, found in their study that intending to reach the maximum number of okra fruits (37 units), bovine manure and mineral fertilizer (NPK) have been used.

As shown in Figure 2, the treatments BF, MF, and MF_{BF} promoted a higher average fruit mass (24 g, 21 g, and 19.6 g, respectively) compared to the other treatments. These results were superior to those obtained by Oliveira *et al.* (2013), in which they achieved a maximum average fruit mass of 18 g, with a dose of 27.5 t ha⁻¹ of bovine manure. Whereas, in research conducted by Sales *et al.* (2019), they noticed that the use of bovine and caprine BF provided an increase of 29% in the mass of okra fruits.

The numerical superiority presented by the bovine fertilizer should be associated with the fact that adequate quantities of manure supply mineral elements gradually, as the mineralization of organic matter takes place, capable of meeting the need for plants in macronutrients (SANTOS *et al.*, 2017).

O efeito positivo da adubação orgânica sobre a quantidade de frutos produzidos por planta, foi verificado por Sales *et al.* (2019), em que a utilização de biofertilizante bovino e caprino promoveu 7 e 5 frutos por planta de quiabeiro, respectivamente. Oliveira *et al.* (2014), em condições de campo, no entanto, verificaram que para atingir o número máximo de frutos de quiabo (37 unidades) foi utilizado esterco bovino e complementação com adubo mineral (NPK).

Observa-se na Figura 2 que os tratamentos BF, AM e AM_{BF} promoveram maior massa média de frutos (24; 21 e 19,6 g, respectivamente) em relação aos demais tratamentos. Esses resultados foram superiores aos obtidos por Oliveira *et al.* (2013), em que obtiveram máxima massa média dos frutos de 18 g com a dose de 27,5 t ha⁻¹ de esterco bovino. Sales *et al.* (2019) verificaram que a utilização de BF bovino e caprino propiciaram incremento de 29% na massa dos frutos de quiabeiro.

A superioridade numérica apresentada pelo fertilizante bovino pode estar associada, possivelmente, ao fato de que em quantidades adequadas de esterco fornece elementos minerais gradualmente, na medida em que se processa a mineralização da matéria orgânica, capaz de suprir a necessidade das plantas em macronutrientes (SANTOS *et al.*, 2017).

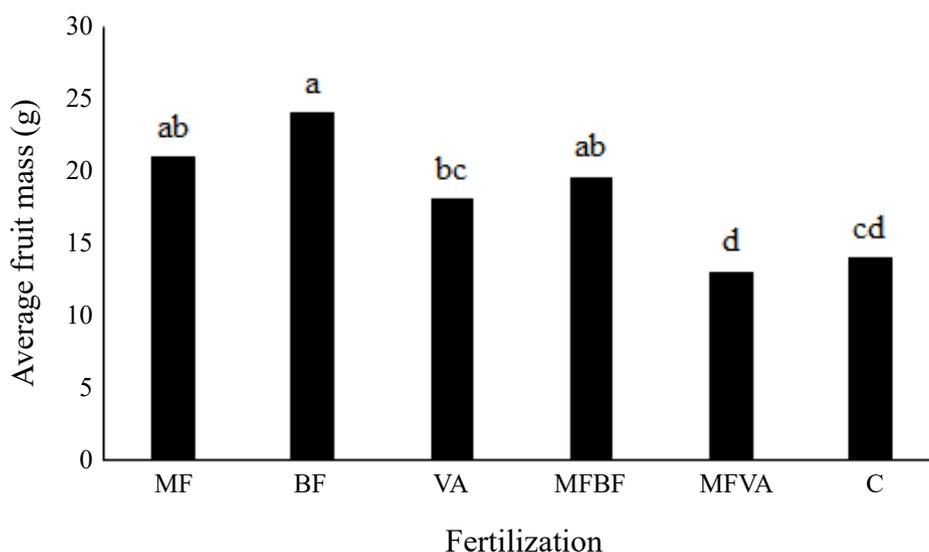


Figure 2 - Average mass of okra fruits as a function of fertilization.

Mineral fertilization (MF); bovine biofertilizer (BF); vegetable ash (VA); mineral 50% + bovine 50% (MBBF); mineral 50% + ash 50% (MFVA) and control (C).

Figura 2 - Massa média dos frutos de quiabeiro em função das formas de adubação.

Adubação mineral (AM); biofertilizante bovino (BF); cinza vegetal (CV); mineral 50% + bovino 50% (AMBF); mineral 50% + cinza 50% (AMcv) e controle (C).

The highest yield of okra (Figure 3) was obtained through treatments BF, MF and MF_{BF}, with values of 30; 26 and 24.5 t ha⁻¹, statistically similar. According to these results, the combination of bovine BF and MF on the productivity of okra demonstrates the possibility of establishing a more viable fertilization alternative for the species, mainly for places where bovine manure is available at low cost (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

As maiores produtividades do quiabeiro (Figura 3) foram obtidas por meio dos tratamentos BF, AM e AM_{BF}, com valores de 30; 26 e 24,5 t ha⁻¹, estatisticamente semelhantes. Conforme esses resultados, a combinação entre BF bovino e AM sobre a produtividade do quiabeiro, demonstra a possibilidade de se estabelecer alternativa mais viável de adubação para a espécie, especialmente para os locais em que o esterco bovino seja disponível a baixo custo (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

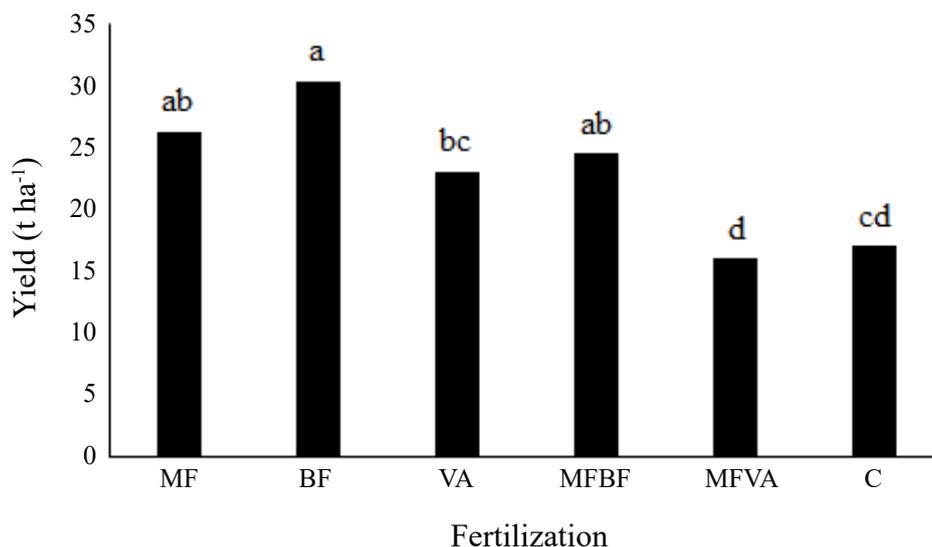


Figure 3 - Yield of okra as function of fertilization.

Mineral fertilization (MF); bovine biofertilizer (BF); vegetable ash (VA); mineral 50% + bovine 50% (MFBF); mineral 50% + ash 50% (MFvA) and control (C).

Figura 3 - Produtividade do quiabeiro em função das formas de adubação.

Adubação mineral (AM); biofertilizante bovino (BF); cinza vegetal (CV); mineral 50% + bovino 50% (AMBF); mineral 50% + cinza 50% (AMcv) e controle (C).

Mueller *et al.* (2013) observed that the highest tomato yields were achieved with the application of mineral fertilizer in isolation or with the use of organic fertilizer supplemented with mineral fertilizer. On the other hand, Sales *et al.* (2019) found that the productivity of the okra was increased with the increase in the doses of biofertilizer, with a maximum value of 30 t ha⁻¹.

In Figure 4, it is possible to observe that the use of treatments BF and MF determined a longer fruit length, 17 and 15 cm, respectively.

This result indicates that the organic fertilizer and the mineral presented statistically similar effects, so the producers might have a low-cost alternative, using BF, as long as it is available on their farms. According to Silva *et al.* (2016), organic fertilizers have become a viable and economical alternative in organic production for small and medium producers in the region, since they improve soil fertility and fruit quality.

Mueller *et al.* (2013) observaram que as maiores produtividades de tomate foram alcançadas com a aplicação da adubação mineral de forma isolada, ou com a aplicação de adubo orgânico complementado com adubo mineral. Por outro lado, Sales *et al.* (2019) verificaram que a produtividade do quiabeiro foi incrementada com o aumento das doses de biofertilizante, com valor máximo de 30 t ha⁻¹.

Verifica-se na Figura 4 que a utilização dos tratamentos BF e AM determinaram maior comprimento dos frutos, 17 e 15 cm, respectivamente.

Esse resultado indica que o adubo orgânico e o mineral apresentaram efeitos estatisticamente semelhantes, logo o produtor pode ter uma alternativa de baixo custo, empregando o BF, desde que disponha em sua propriedade. De acordo com Silva *et al.* (2016), os fertilizantes orgânicos tornaram-se uma alternativa viável e econômica na produção orgânica para os pequenos e médios produtores da região, uma vez que melhoram a fertilidade do solo e a qualidade dos frutos.

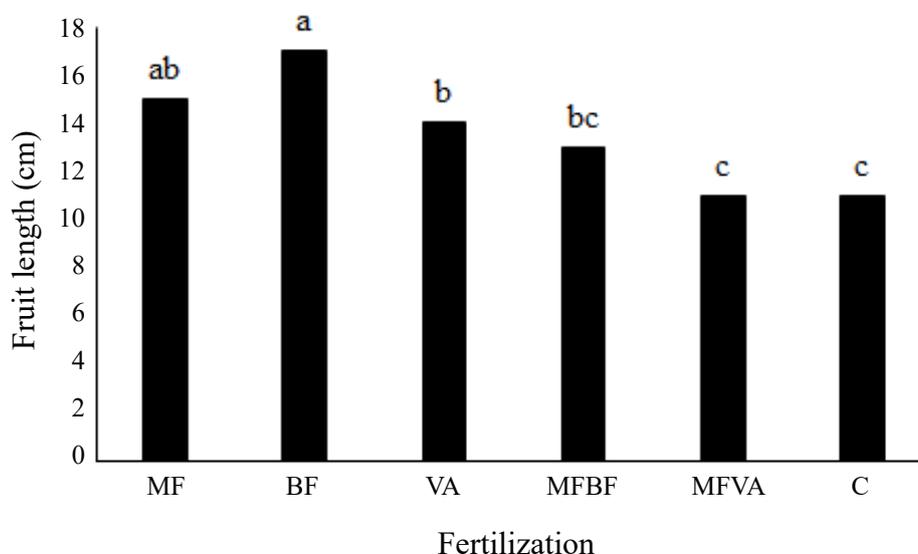


Figure 4 - Length of okra fruit as a function of fertilization.

Mineral fertilization (MF); bovine biofertilizer (BF); vegetable ash (VA); mineral 50% + bovine 50% (MBBF); mineral 50% + ash 50% (MFVA) and control (C).

Figura 4 - Comprimento de frutos do quiabeiro em função das formas de adubação.

Adubação mineral (AM); biofertilizante bovino (BF); cinza vegetal (CV); mineral 50% + bovino 50% (AMBF); mineral 50% + cinza 50% (AMcv) e controle (C).

Results of studies using organic sources for the fruit length variable were reported by Sales *et al.* (2019), in which the use of bovine BF exceeded the other treatments in the results of this variable. However, Souza *et al.* (2019) noticed that the vegetable ash used as fertilizer showed superior performance, for pod length, in the four studied peanut genotypes.

The average values of fruit diameter (Figure 5) were higher when bovine BF (18 mm) was used, except for the control (16 mm), the other treatments did not differ statistically. The diameter of the fruits is in the optimum range of commercial okra fruits, suggested by Sales *et al.* (2019), which ranges from 16 to 20 mm.

Moreover, Sales *et al.* (2019) and Santos *et al.* (2019), working with okra, observed that the increase in the doses of biofertilizer (0.0 to 2.0 L plant⁻¹ week⁻¹) and urea (0 to 300 kg ha⁻¹) expanded the diameter of the fruits

Fruit skin thickness (Figure 6) showed superiority when fertilized with bovine BF (3.3 mm), MF_{BF} (3.3 mm), MF (3.1 mm), and VA (2.8 mm). Possibly, these results are since the biofertilizer is an input that has a high concentration of mineral nutrients in its composition. Thus, the K present in fertilizers increases the fixation of CO₂, promoting the transport of photoassimilates to the fruits, explaining the improvement in the quality of the fruits (MEURER *et al.*, 2018).

Resultados de trabalhos utilizando fontes orgânicas para a variável comprimento dos frutos foram relatados por Sales *et al.* (2019), em que, a utilização do BF bovino superou os demais tratamentos nos resultados dessa variável. No entanto, Souza *et al.* (2019) verificaram que a cinza vegetal utilizada como adubo apresentou desempenho superior, para comprimento de vagens, nos quatro genótipos de amendoim estudados.

Os valores médios de diâmetro dos frutos (Figura 5) mostraram-se superiores quando foi utilizado BF bovino (18 mm), exceto o controle (16 mm), os demais tratamentos não se diferenciaram estatisticamente. O diâmetro dos frutos está na faixa ótima de frutos comerciais de quiabeiro, sugerida por Sales *et al.* (2019), que varia de 16 a 20 mm.

Trabalhando com o quiabeiro, Sales *et al.* (2019) e Santos *et al.* (2019) verificaram que o incremento das doses de biofertilizante de (0,0 a 2,0 L planta⁻¹ semana⁻¹) e de ureia (0 a 300 kg ha⁻¹) elevaram o diâmetro dos frutos.

A espessura da casca dos frutos (Figura 6) apresentou superioridade quando adubada com o BF bovino (3,3 mm), AM_{BF} (3,3 mm), AM (3,1 mm) e CV (2,8 mm). Possivelmente, esses resultados devem-se ao fato de que o biofertilizante é um insumo que apresenta grande concentração de nutrientes minerais em sua composição. Dessa forma, o K presente nos adubos incrementa a fixação de CO₂, promovendo o transporte de fotoassimilados para os frutos, justificando a melhoria na qualidade dos frutos (MEURER *et al.*, 2018).

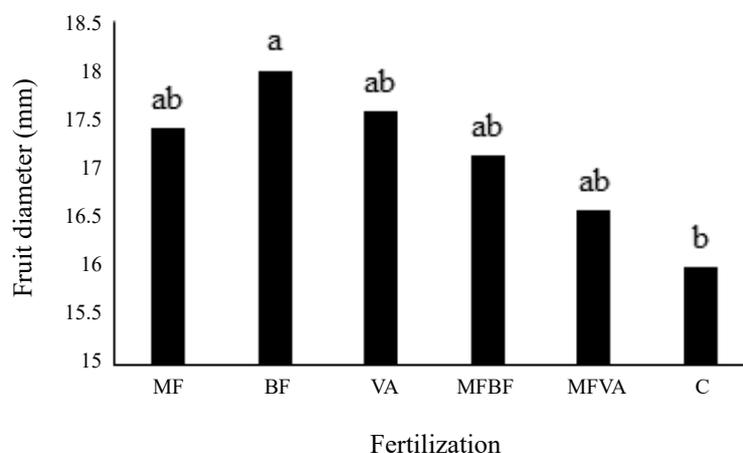


Figure 5 - Diameter of okra fruits as a function of fertilization. Mineral fertilization (MF); bovine biofertilizer (BF); vegetable ash (VA); mineral 50% + bovine 50% (MFBF); mineral 50% + ash 50% (MFVA) and control (C).
Figura 5 - Diâmetro dos frutos de quiabeiro em função das formas de adubação. Adubação mineral (AM); biofertilizante bovino (BF); cinza vegetal (CV); mineral 50% + bovino 50% (AMBF); mineral 50% + cinza 50% (AMcv) e controle (C).

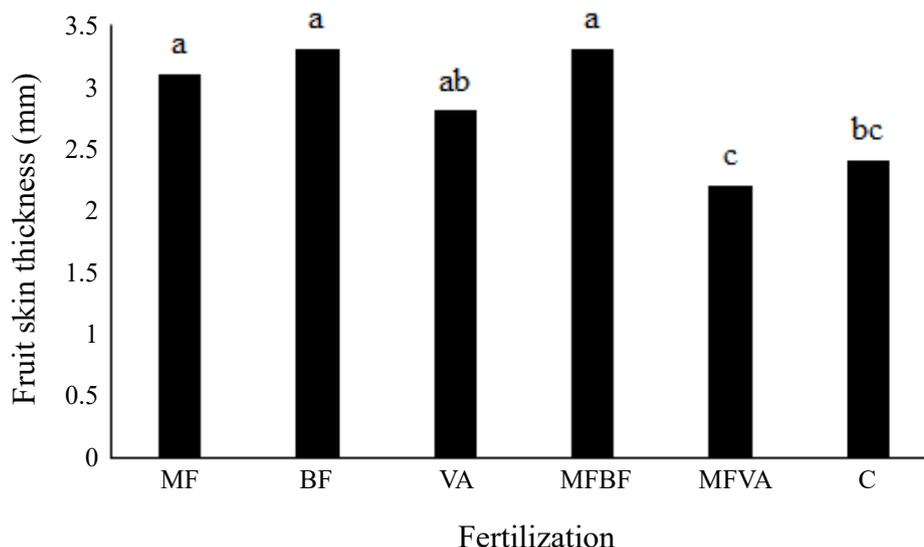


Figure 6 - Thickness of okra fruit peel depending on the forms of fertilization. Mineral fertilization (MF); bovine biofertilizer (BF); vegetable ash (VA); mineral 50% + bovine 50% (MFBF); mineral 50% + ash 50% (MFVA) and control (C).
Figura 6 - Espessura da casca de frutos do quiabeiro em função das formas de adubação. Adubação mineral (AM); biofertilizante bovino (BF); cinza vegetal (CV); mineral 50% + bovino 50% (AMBF); mineral 50% + cinza 50% (AMcv) e controle (C).

Similar results were observed by Santos *et al.* (2014) when using increasing doses of biofertilizer. These authors also describe that there was an increase in the thickness of the melon fruit mesocarp, compared to treatment with mineral fertilizer and control. Studying the culture of okra, Sales *et al.* (2019) notice that the use of bovine and caprine biofertilizer promoted an increase in the fruit skin thickness, with maximum values of 2.5 and 2.1 mm, respectively.

CONCLUSIONS

The use of bovine biofertilizer in isolation or supplemented with mineral fertilization enhances the production of okra and improves the quality of the fruits, revealing as promising alternatives for growing okra;

If available at low cost in small and medium-sized farms, it is recommended to use bovine biofertilizer for okra cultivation.

Resultados semelhantes foram observados por Santos *et al.* (2014), ao utilizarem doses crescentes de biofertilizante. Esses mesmos autores descrevem que houve acréscimo na espessura do mesocarpo de frutos de melão, em comparação ao tratamento com adubo mineral e controle. Estudando a cultura do quiabo, Sales *et al.* (2019) observaram que a utilização de biofertilizante bovino e de caprino promoveu acréscimo na espessura da casca dos frutos, com valores máximos de 2,5 e 2,1 mm, respectivamente.

CONCLUSÕES

A utilização do biofertilizante bovino de forma isolada ou complementada com adubação mineral eleva a produção de quiabo e melhora a qualidade dos frutos, mostrando-se como alternativas promissoras para cultura do quiabo;

Estando disponível a baixo custo nas propriedades rurais de pequeno e médio porte, recomenda-se a utilização do biofertilizante bovino para o cultivo do quiabeiro.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ADEKIYA, A. O; ABOYEJI, C. M; DUNSIN, O.; ADEBIYI, O. V; OYINLOLA, O. T. Efeito do fertilizante com ureia e da cinza de espiga de milho nas propriedades químicas do solo, crescimento, produtividade e composição mineral do quiabo, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. **Journal of Horticultural Research**, v. 26, n. 1, p. 67-76, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2478/johr-2018-0008>

BONFIM-SILVA, E. M.; CARVALHO, J. M. G.; PEREIRA, M. T. J.; SILVA, T. J. A. Cinza vegetal na adubação de plantas de algodoeiro em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 11, n. 21, p. 523-533, 2015.

CARDOSO, M. O; BERNI, R. F. Nitrogênio aplicado em quiabo sob cultivo não estanque e adubação residual. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 645-652, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400014>

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2012. 421p.

IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. 2017. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado><Acesso em 11 de janeiro. 2020>

KÖPPEN, W. P. **Die klimate der erde: Grundriss der klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter & So.1923. 369p.

LIMA NETO, A. J.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. C.; SOUTO, A. G. L.; BEZERRA, F. T. C. Mudanças de tamarindeiro irrigadas com água salina em solo sem e com biofertilizantes. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 730-744, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n4p730>

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201 p.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

- MARIN, M. V.; SANTOS, L. S.; GAION, L. A.; RABELO, H. O.; FRANCO, C. A.; DINIZ, G. M.; BRAZ, L. T. Selection of resistant rootstocks to *Meloidogyne enterolobii* and *M. incognita* for okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). **Chilean journal of agricultural research**, v. 77, n. 1, p. 58-64, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392017000100007>.
- MEURER, E. J.; TIECHER, T.; MATTIELLO, L. **XII – POTÁSSIO**. In: Fernandes, M. S., Souza, S. R., Santos, L. A. Nutrição mineral de plantas. 2. Ed. – Viçosa, MG: SBCS, 2018. 670p.
- MIRANDA, V. C.; REYES, I. D. P.; TAVARES, A. T.; CARLINE, J. V. G.; SOUSA, K. A. S.; NASCIMENTO, I. R. Aumento en la producción de okra con la adición de nitrógeno. **Agronomía Mesoamericana**, v. 31, n. 1, p. 105-115, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i1.36866>
- MUELLER, S.; WAMSER, A. F.; SUZUKI, A.; BECKER, W. F. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 86-92, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000100014>
- OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA, A. N.; SILVA, O. P. R.; PINHEIRO, S. M.; GOMES NETO, A. D. Rendimento do quiabo adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2629-2636, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6p2629>
- OLIVEIRA, A. P.; SILVA, O. P. R.; SILVA, J. A.; SILVA, D. F.; FERREIRA, D. T. A.; PINHEIRO, S. M. G. Produtividade do quiabeiro adubado com esterco bovino e NPK. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 989-993, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p989-993>
- PINHEIRO, S. M. G.; SILVA, D. F.; OLIVEIRA, A. N. O.; BARROS, J. R. A.; SILVA, P. O. R. Rendimento do quiabo em função de doses de esterco bovino e NPK. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 3686-3693, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p989-993>
- PUÉRTOLAS, J.; LARSEN, E. K.; DAVIES, W. J.; DODD, I. C. Applying ‘drought’ to potted plants by maintaining suboptimal soil moisture improves plant water relations. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 9, p. 2413-2424, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erx116>
- SALES, J. R. S.; SOUSA, G. G.; CAVALCANTE, F.; MORAES, J. G. L.; NASCIMENTO, K. L.; VIANA, T. V. V. Production and Quality of Okra Fruits Submitted to Doses and Types of Biofertilizers. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 4, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n4p507>
- SANTOS, A. P. G.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; GOMES-DO-Ó, L. M. G.; AZEVEDO, B. M.; SANTOS, A. M. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 409-416, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620140000400007>.
- SANTOS, E. O.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; CARVALHO, A. C. P.; AZEVEDO, B. M. Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana ‘prata catarina’ under biofertilisers. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 901-911, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n410rc>
- SANTOS, H. C.; PEREIRA, E. M.; MEDEIROS, R. L. S.; COSTA, P. M. A.; PEREIRA, W. E. Production and quality of okra produced with mineral and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 97-102, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n2p97-102>
- SILVA, F. L.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; COSTA, S. C.; AZEVEDO, B. M. Yield of common fig fertigated with bovine biofertilizer in the semiarid region of Ceará. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 425-434, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n219rc>
- SOUZA, F. E. C.; SOUSA, G. G.; SOUZA, M. V. P.; FREIRE, M. H. C.; LUZ, L. N.; SILVA, F. D. B. Produtividade de diferentes genótipos de amendoim submetidos a diferentes formas de adubação. **Nativa**, v. 7, n. 4, p. 383-388, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i4.6683>
- SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; BRAGA, E. S.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; BORGES, F. R. M. Fertirrigação com biofertilizante bovino: Efeitos no crescimento, trocas gasosas e na produtividade do pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 503-509, 2013. DOI: <http://doi.org/10.5039/agraria.v8i3a2288>
- SOUZA, L. A. (2014). Fertilizantes Químicos e Poluição. [S.l.], 2011, disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/quimica/fertilizantes-quimicos-poluicao.htm>> (Acesso em: 27 de abril de 2020).

TORRES, S. B.; SILVA, F. G. D.; GOMES, M. D. D. A.; BENEDITO, C. P.; PEREIRA, F. E. C. B.; SILVA, E. C. D. Differentiation of seeds lots of okra by accelerated aging test. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2103-2110, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120886>

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; TEODORO, M. C. C. L.; SANTOS, V. L.; FRARE, P. **Calagem e Adubação para a Cultura do Quiabo**. Instituto agronômico de Campinas, Campinas (SP), março de 2013.