



Atributos químicos de solo e crescimento de fava cultivada sob diferentes adubações orgânicas

Chemical attributes of soil and growth of lima bean grown under different organic fertilizers

Elisângela de Freitas Mariano¹, Raunira da Costa Araújo², Renato Lemos dos Santos³, Belisia Lúcia Moreira Toscano Diniz², Welliton Barros de Magalhães², Thiago de Sousa Melo²

¹ Campus Avançado de Parnamirim da Universidade Federal de Rural de Pernambuco (UFRPE), Brasil.

² Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Campus Universitário III, Bananeiras, Paraíba, Brasil

³ Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Campus Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil

Contato: elisangela.freitas.mariano@gmail.com

Palavras-Chave

Phaseolus lunatus
agroecologia
sustentabilidade

RESUMO

A adubação orgânica pode contribuir positivamente com a fertilidade do solo e favorecer o desenvolvimento da fava. Objetivou-se avaliar atributos químicos de solo e o desenvolvimento de fava cultivada sob diferentes adubações orgânicas. O experimento foi composto pelos tratamentos: testemunha; adubação mineral; adubação orgânica; inoculação; bioestimulante; ½ da adubação mineral + inoculação; adubação orgânica + inoculação; inoculação + bioestimulante; adubação mineral + bioestimulante; adubação orgânica + bioestimulante. No período florescimento, foram avaliados: diâmetro, altura, massa seca da parte aérea e da raiz e clorofila total. Após a colheita, foram analisados: pH, P, K+, Na+, (H+Al), Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺², SB, CTC, V, m, matéria orgânica e carbono orgânico do solo. As adubações que promoveram maior produção de biomassa da fava Rajada foram a adubação mineral, adubação orgânica, adubação mineral + inoculação, adubação + inoculação, adubação mineral + bioestimulante e a adubação orgânica + bioestimulante. Assim a adubação orgânica pode substituir a adubação mineral na produção de matéria seca. É possível reduzir a adubação mineral em 50% quando a fava Rajada é inoculada com *Rhizobium tropici* BR322 SEMIA4077. A adubação orgânica combinada ou não com inoculação ou bioestimulante pouco alteraram as características químicas do solo.

Key-word

Phaseolus lunatus
agroecology
sustainability

ABSTRACT

*Organic fertilization can contribute positively to soil fertility and support the development of lima beans. The objective was to evaluate chemical attributes of soil and development of lima bean grown under different organic fertilizers. The experiment was composed for treatments: control; mineral fertilization; organic fertilization; inoculation; biostimulant; ½ of mineral fertilization + inoculation; organic fertilization + inoculation; inoculation + biostimulant; mineral fertilization + biostimulation; and organic fertilization + biostimulation. During the flowering period, were evaluated: diameter, height, dry mass of the area and root part and total chlorophyll of the plants. After harvest, the following parameters were analyzed: pH, P, K+, Na+, (H+Al), Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺², SB, CTC, V, m, organic matter and organic carbon of the soil. The fertilizers that promoted greater production of biomass of the Rajada lima bean were mineral fertilization, organic fertilization, mineral fertilization + inoculation, fertilization + inoculation, mineral fertilization + biostimulation and organic fertilization + biostimulation. Thus organic fertilization can replace mineral fertilization in the production of dry matter. It is possible to reduce mineral fertilization by 50% when the Rajada bean is inoculated with *Rhizobium tropici* BR322 SEMIA4077. Organic fertilization combined or not with inoculation or biostimulant did little to change the chemical characteristics of the soil.*

Informações do artigo

Recebido: 31 de agosto, 2020

Aceito: 28 de outubro, 2020

Publicado: 30 de dezembro, 2020

Introdução

A fertilidade do solo é um dos principais fatores que influenciam na agricultura. O uso de adubos sintetizados e corretivos foram importantes para o avanço das fronteiras agrícolas no Brasil. Entretanto, alguns estudos sugerem que as fontes nutricionais alternativas têm se mostrado eficientes na melhoria das propriedades químicas do solo e na produtividade das culturas (HIGASHIKAWA, MENEZES JÚNIOR, 2017; GRANJA et al., 2019). Por outro lado, o desenvolvimento e inovação em insumos para a nutrição mineral de plantas é estratégico para agricultura brasileira, onde 75% dos fertilizantes consumidos no país são importados e há uma crescente busca por fontes alternativas de nutrientes, em decorrência da elevação do preço dos fertilizantes minerais nos últimos anos (VIDIGAL et al. 2010; ANDA, 2016).

O Nordeste do Brasil dispõe de 92,81% do rebanho caprino nacional (IBGE, 2017).

Na região, a adubação orgânica oriunda do esterco desses animais, pode representar uma fonte nutricional relevante para as culturas agrícolas locais. Estudos com diferentes espécies vegetais tem demonstrado respostas positivas na produção de biomassa, produção de grãos, frutos e na atenuação do estresse salino a partir do uso esterco caprino (SOUZA et al., 2015; SOUZA et al., 2019).

A inoculação de sementes de espécies da família *Phaseolus* com bactérias fixadoras de nitrogênio tem se mostrado eficiente na oferta do N, conforme pesquisas mais recentes (SILVA et al., 2016; PERES et al., 2018; SOUSA et al. 2018). De igual maneira, o uso de bioestimulantes para otimização da produção em diversas culturas tem crescido nos últimos anos (OLIVEIRA et al., 2015; SANTOS et al., 2017). Entretanto, poucas pesquisas analisam os efeitos dessas fontes nutricionais nas propriedades químicas do solo.

As recomendações de manejo conservacionista do solo sugerem práticas agrícolas que favoreçam a sua microbiota, por considerar que os organismos atuam nas transformações físicas e químicas no solo (CUNHA et al., 2012). As fontes de nutrientes que estimulam a atividade biológica do solo relacionam-se com práticas condizentes à promoção da agricultura sustentável.

A avaliação das propriedades químicas do solo, possibilita a compreensão sobre a sua qualidade. Desse modo, o estudo sobre os usos agrícolas de solos, a partir de seus atributos como indicadores, constitui um trabalho contínuo na avaliação de sistemas produtivos com o propósito de adaptar sistemas ou sugerir usos do solo mais sustentáveis (CORRÊA et al., 2009).

A avaliação da produção de biomassa vegetal, na fase reprodutiva das plantas, representa um mecanismo eficiente na avaliação do aproveitamento dos nutrientes pela formação de matéria seca.

Para a cultura da fava (*Phaseolus lunatus* L.), poucas pesquisas apontam resultados sobre o acúmulo de massa seca em função de diferentes fontes nutricionais, havendo a necessidade de mais estudos que descrevam o comportamento vegetal sob esta variável ambiental.

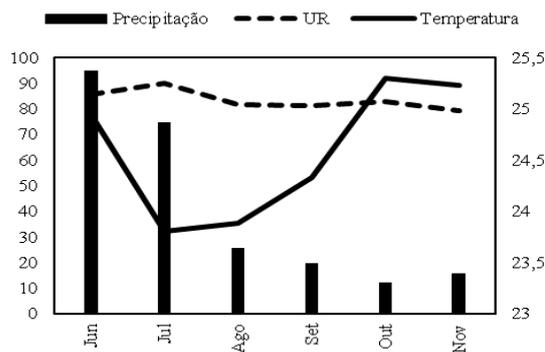
Compreender as alterações das propriedades químicas do solo após a utilização agrícola, bem como a comparação de diferentes fontes de nutrientes e suas implicações nos atributos dos solos agrícolas e seus efeitos na produção vegetal, pode ser um mecanismo eficiente na avaliação da sustentabilidade agrícola. Neste trabalho, objetivou-se avaliar os atributos químicos de solo e o crescimento de fava cultivada sob diferentes adubações orgânicas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em campo aberto, no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, localizado no município de Bananeiras – PB, entre 01 de junho e 21 de novembro de 2018. O clima da região é do tipo As' (tropical chuvoso), quente e úmido, segundo a classificação de Köppen, e se caracteriza por temperatura máxima de 27,8 °C e mínima de 18,8 °C, com chuvas de outono-inverno (concentradas de março a julho) e precipitação pluviométrica anual de 1187,9 mm (BRASIL, 2019). A precipitação acumulada observada durante a condução do experimento foi 241,8 mm. Este estudo foi realizado em sistema de sequeiro. As médias de temperatura e de precipitação pluviométrica durante a condução do trabalho podem ser observadas na Figura 1. Os dados foram obtidos na estação meteorológica da UFPB/CCHSA, Campus III.

A área encontrava-se em pousio há sete meses, sendo cultivada anteriormente com milho. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), de textura franco-argilo-arenoso. O solo da área foi amostrado para realização da caracterização química. As análises para a caracterização química do solo foram realizadas no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), conforme a metodologia proposta pela Embrapa (2017). Os resultados indicaram: pH (H₂O) = 5,7; matéria orgânica = 27,23 g.kg⁻¹; carbono orgânico: 15,79 g.kg⁻¹; P = 7 mg.dm⁻³; Ca⁺² = 1,4 cmolc.dm⁻³; Mg⁺² = 1,3 cmolc.dm⁻³; Na⁺ = 0,05 cmolc.dm⁻³; K = 0,05 cmolc.dm⁻³; Al⁺³ = 0,1 cmolc.dm⁻³; H⁺ = 5,42 cmolc.dm⁻³; CTC: 8,3 cmolc.dm⁻³; SB: 2,8 cmolc.dm⁻³ e V = 33,7%.

Figura 1. Valores médios de temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar registrados durante a condução do experimento. Bananeiras - PB, 2018.



O acesso de fava Rajada (*Phaseolus lunatus* L.) foi submetido a dez adubações: testemunha (T₁), adubação mineral (T₂), adubação orgânica (T₃), inoculação (T₄), bioestimulante (T₅), ½ da adubação mineral + inoculação (T₆), adubação orgânica + inoculação (T₇), inoculação + bioestimulante (T₈), adubação mineral + bioestimulante (T₉), adubação orgânica + bioestimulante (T₁₀). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições.

Antes da semeadura realizou-se uma aração, seguida de duas gradagens e abertura dos sulcos de plantio. Foi utilizado o espaçamento de 0,5 m x 1 m, com três linhas de 5 m de comprimento em cada parcela, considerando-se a fileira central como área útil. Foram semeadas duas sementes por cova. Aos vinte dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova.

A adubação mineral foi realizada conforme a recomendação para a cultura do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) proposta pelo manual de recomendação de adubação do estado de Pernambuco (IPA, 2008). No plantio foram aplicados 44,4 kg.ha⁻¹ de ureia (20 kg.ha⁻¹ de N), 113 kg.ha⁻¹ de superfosfato triplo (40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) e 113 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio (60 kg.ha⁻¹ de K₂O). O nitrogênio foi parcelado, aplicando-se 50% na semeadura e o restante, 30 dias após o plantio.

A adubação orgânica foi realizada com esterco caprino curtido na dose de 15 t.ha⁻¹ (SANTOS, 2016). Os resultados da análise química do esterco caprino indicaram: pH (H₂O) = 8,13; matéria orgânica = 134,28 g.kg⁻¹; carbono orgânico: 77,89 g.kg⁻¹; P = 14,96 mg.dm⁻³; Ca⁺² = 1,2 cmol_c.dm⁻³; Mg⁺² = 2,2 cmol_c.dm⁻³; Na = 5,59 cmol_c.dm⁻³; K = 0,55 cmol_c.dm⁻³; Al⁺³ = 0,0 cmol_c.dm⁻³; H⁺ = 2,81 cmol_c.dm⁻³; CTC: 12,35 cmol_c.dm⁻³.

As sementes foram inoculadas à sombra com o *Rhizobium tropici* BR322 SEMIA4077, obtido na Embrapa Agrobiologia. Para melhor aderência do inoculante turfoso, as sementes foram umedecidas com água açucarada a 10%, conforme a recomendação da Embrapa. A semeadura foi efetuada no mesmo dia da inoculação.

O bioestimulante foi aplicado semanalmente na dose 6 mL para um volume de 10 L de água até a pré-floração, e a partir do período da emissão dos botões florais, foram aplicados 9 mL do produto para 10 L de água, semanalmente.

O produto foi aplicado com uma bomba costal com bico tipo meia lua. A composição do bioestimulante, em g 100 ml⁻¹, foi de: aminoácidos livres 7,0% m.m⁻¹, nitrogênio total 1,8% m.m⁻¹, nitrogênio orgânico 1,8% m.m⁻¹, ácido aspártico 1,6% m.m⁻¹, arginina 2,4% m.m⁻¹, glicina 2,5% m.m⁻¹, tryptofano 0,5% m.m⁻¹, cádmio < 0,5 mg.l⁻¹, níquel < 1,0 mg.l⁻¹, chumbo < 1,0 mg.l⁻¹, mercúrio < 0,1 mg.l⁻¹, cromo < 3,0 mg.l⁻¹, zinco < 200 mg.l⁻¹, água q.s.p. 100 ml.

As plantas foram tutoradas com o auxílio de varas. As plantas espontâneas foram controladas por meio de capinas manuais até o período de florescimento.

Para o controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa*) foram realizadas aplicações nas primeiras quatro semanas, de calda de alho e cebola, sendo utilizado 350 g de cebola e 20 g de dentes de alho.

Estes foram triturados e imersos em 5 L de água, conforme ficha técnica proposta pelo Ministério de Agricultura, Pecuária (MAPA, 2018). Para controle preventivo do oídio (*Erysiphe* spp) foram realizadas duas aplicações de calda de leite, na seguinte proporção, 95% de água para 5% de leite de vaca (BETTOL, 2004). No período que antecedeu o florescimento foi realizada a aplicação suplementar, em todos os tratamentos, do adubo foliar Niphocan, na dose de 50 mL para o volume 10 L de água.

Aos 91 dias após a semeadura, durante a fase reprodutiva da cultura, foram avaliadas as variáveis que integram a biomassa vegetal, sendo elas: diâmetro do colo (mm), altura da planta (cm), massa seca da parte aérea (g), massa seca da raiz (g) e clorofila total. Para mensurar a altura da planta utilizou-se uma régua graduada em centímetros, considerando-se a distância entre o colo da planta a extremidade da haste principal.

O diâmetro caulinar foi mensurado através de um paquímetro digital de precisão, no colo da planta a um centímetro. Para obtenção da massa seca da raiz e da parte aérea, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação de ar, à temperatura de 65 °C até atingir o peso constante, em seguida foram pesadas em balança de precisão. O índice de clorofila foi determinado por meio do clorofilômetro portátil Falker ClorofiLOG1030®. As leituras foram realizadas no período da manhã entre às 8h30min e 10h30min. Foi adotado para análise o folíolo central considerando três folhas totalmente expandida por planta, de três plantas por parcela.

Aos 165 dias após o plantio, no final do experimento, foi realizada a coleta de solo para avaliação das suas propriedades químicas. Foram retiradas amostras simples nos berços das parcelas úteis, na camada de 0 a 20 cm.

Após a coleta, secagem e tamizamento para obtenção da terra fina seca ao ar, as amostras foram caracterizadas quanto a: pH, fósforo (P), potássio (K⁺), sódio (Na⁺), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al⁺³), cálcio (Ca⁺²), magnésio (Mg⁺²), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases trocáveis (V), saturação por alumínio (m) e matéria orgânica do solo (MOS) no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas no CCHSA/UFPB, de acordo com metodologia da Embrapa (2017).

O pH foi determinado em H₂O na proporção solo:água de 1:2,5; Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foram extraídos com solução extratora de KCl 1 mol.L⁻¹, na diluição solo:solução e 1:10; K⁺, Na⁺ e P, extraídos com solução extratora de Mehlich 1 de HCl 0,05 mol.L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol.L⁻¹, na proporção solo: solução de 1:10, em que o K⁺ e Na⁺ foram determinados por fotometria de chama e o P por espectrofotometria.

Para a MOS foi utilizado um conjunto de peneiras com malha de diâmetro: 1,00 mm e pesado 0,500 g de solo em Erlenmeyer, adicionado dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,2 mol.L⁻¹ em meio sulfúrico e titulado com sulfato ferroso amoniacal 0,05 mol.L⁻¹ e o H⁺ Al⁺³, extraído com solução de acetato de cálcio 0,5 mol.L⁻¹, ajustada a pH 7, na proporção 1:15, segundo metodologia da Embrapa (2017).

Os valores de SB, CTC, V e m, foram calculados a partir desses resultados. Os dados foram analisados para homogeneidade de variância (Levene) e normalidade (Kolmogorov-Smirnov), havendo a necessidade de transformação de dados para todas as variáveis exceto para CT, pH, MOS e CO, a partir da seguinte equação $\sqrt{(x+0,5)}$.

Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância e testados pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR. Quando foram observados efeitos significativos, foi aplicado o teste de comparação de média de Scott Knott ($p < 0,05$).

Resultados e Discussões

Produção de Biomassa

Foi verificado efeito significativo ($p < 0,05$) das diferentes fontes de adubação para as variáveis diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) (Tabela 1).

Tabela 1. Médias para diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e clorofila total (CT) da fava Rajada (*Phaseolus lunatus* L.) diferentes fontes de adubação¹. Bananeiras – PB.

Tratamentos ¹	DC mm	AP cm	MSPA g	MSR g	CT
T1	4,024 a	11,17 a	12,45 a	1,336 a	34,876 a
T2	7,918 b	11,03 a	44,06 b	2,351 b	36,707 a
T3	7,109 b	11,72 a	40,43 b	2,603 b	39,500 a
T4	4,352 a	10,22 a	18,90 a	1,026 a	38,614 a
T5	4,922 a	11,67 a	19,26 a	1,069 a	30,576 a
T6	6,173 b	10,88 a	37,94 b	1,741 b	38,252 a
T7	6,855 b	10,53 a	38,69 b	1,982 b	36,466 a
T8	4,606 a	10,10 a	15,15 a	0,775 a	27,509 a
T9	7,413 b	11,67 a	44,55 b	2,986 b	36,414 a
T10	6,577 b	10,68 a	35,68 b	2,399 b	37,023 a
Média	5,99	10,97	30,71	1,827	35,594

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ¹Tratamentos: testemunha (T₁), adubação mineral (T₂), adubação orgânica (T₃), inoculação (T₄), bioestimulante (T₅), ½ da adubação mineral + inoculação (T₆), adubação orgânica + inoculação (T₇), inoculação + bioestimulante (T₈), adubação mineral + bioestimulante (T₉), adubação orgânica + bioestimulante (T₁₀).

Em relação ao diâmetro do caule (DC), as maiores médias foram observadas nas plantas submetidas a adubação mineral (T₂), adubação mineral + bioestimulante (T₉), adubação orgânica (T₃), adubação orgânica + inoculação (T₇), adubação orgânica + bioestimulante (T₁₀) e adubação mineral + inoculação (T₆) (Tabela 1) ($p < 0,05$), representando um incremento de 36% em relação aos tratamentos testemunha (T₁), inoculação (T₄), bioestimulante (T₅) e bioestimulante + inoculação (T₈).

As médias dos tratamentos significativamente maiores variaram entre 6,1 mm e 7,9 mm. Os resultados obtidos nestes estudo são distintos dos encontrados por Silva et al. (2015), que obtiveram médias de DC variando entre 4,35 mm e 4,66 mm, ao estudar a variedade Cancan sob influência do uso de composto orgânico e urina de vaca em ambiente controlado.

Provavelmente, as menores médias observadas por Silva et al. (2015), podem estar associadas ao fato dos

acessos de fava, se tratar de variedades com hábito de crescimento indeterminado, que são conhecidas por apresentar formação de biomassa verde inferior.

Barreiro Neto et al. (2015), estudando a caracterização morfológica e produtiva de acessos de fava sob adubação equilibrada observou uma variação entre 9,00 mm e 16,33 mm para a variável DC.

A altura da planta (AP) não foi alterada ($p > 0,05$) pelas diferentes fontes de nutrientes aplicadas (Tabela 1).

A média observada neste estudo foi 10,97 cm. A AP é uma variável de crescimento relacionada com o alongamento celular, que por sua vez, depende do acúmulo de nutrientes como potássio, cloro e nitrato que são responsáveis pelo aumento da pressão osmótica dentro das células (TAIZ et al., 2017).

Neste estudo, esta variável foi pouco influenciada pelas diferentes fontes de nutrientes adotadas.

Albrecht et al. (2011) analisaram o manejo na aplicação de biorregulador no desempenho de plantas de soja em dois anos agrícolas e constaram que não ocorreu efeito significativo em ambos os anos agrícolas para a variável AP.

Isso sugere que a AP pode estar associada ao caráter genético da cultura sendo pouco influenciada pelos fatores ambientais.

Ainda, a ausência de resposta em AP pode estar relacionada também ao estresse hídrico provocado pela escassez de chuvas a partir de julho (Figura 1) e/ou direcionamento de energia/fotossintetizados para o crescimento das gemas/ramos laterais da fava (TAIZ et al., 2017), uma vez que o genótipo utilizado apresenta hábito de crescimento indeterminado.

O maior acúmulo na massa seca da parte aérea (MSPA) foi observado nas plantas que receberam adubação mineral + bioestimulante (T₉), adubação mineral (T₂), adubação orgânica (T₃), adubação orgânica + inoculação (T₇), adubação mineral + inoculação (T₆) e adubação orgânica + bioestimulante (T₁₀), resultando em um incremento de 59% na biomassa da parte aérea em relação aos tratamentos testemunha (T₁), inoculação (T₄), bioestimulante (T₅) e bioestimulante + inoculação (T₈).

Efeito positivo na MSPA em todos os tratamentos que foram compostos parcial ou totalmente por adubo orgânico ou mineral é decorrente de resposta nutricional (ANTUNES et al., 2011). O maior acesso e, provavelmente, maior absorção de nutrientes por plantas adubadas com fertilizante orgânico ou mineral promoveu maior produção de MSPA.

Silva et al. (2019), estudando diferentes fontes nutricionais na cultura do feijão caupi, observou a formação de biomassa e produção de grãos superior nas plantas fertilizadas com adubo mineral.

Entretanto, esse efeito nem sempre ocorre, porque o maior acúmulo de biomassa pode não estar diretamente correlacionado com a produção final, como sugere Melo (2005), que para a cultura da fava, propôs que a maior produção de massa verde não culminou com o aumento do rendimento de grãos para algumas variedades.

O nitrogênio (N) é um dos principais elementos envolvidos na produção de biomassa vegetal.

As plantas respondem positivamente à adubação nitrogenada e o efeito externo do N mais visível é a produção de biomassa verde e abundante, entretanto, o

excesso de N é prejudicial ao desenvolvimento vegetal (CIRIELLO et al., 2014), podendo resultar em desequilíbrio nutricional, com implicações na produtividade das culturas.

Quanto à massa seca da raiz (MSR), as maiores médias ($p < 0,05$) foram obtidas nas plantas submetidas à adubação mineral + bioestimulante (T₉), adubação orgânica + bioestimulante (T₁₀), adubação mineral (T₂), adubação orgânica + inoculação (T₇) e adubação mineral + inoculação (T₆) (Tabela 1), sendo responsáveis por um acréscimo de 55% na produção de fitomassa radicular em relação aos tratamentos testemunha (T₁), inoculação (T₄), bioestimulante (T₅) e bioestimulante + inoculação (T₈).

Segundo Taiz et al. (2017), a amplitude na qual as raízes crescem dentro de uma mancha de solo varia com as concentrações dos nutrientes. Ainda para esses autores, em concentração ideal de nutrientes, as plantas podem investir menos no desenvolvimento radicular e redistribuir os nutrientes para a parte aérea e estruturas reprodutivas.

As raízes são essenciais para a absorção do P, portanto sugere-se que o crescimento radicular seja regulado pela disponibilidade de P (DIAS et al., 2017). É provável que o maior acesso e absorção de P por plantas que receberam fertilizante mineral ou orgânico, fontes de P, tenha promovido maior produção de MSR em detrimento às plantas que tiveram acesso apenas ao P oriundo do solo.

Rocha et al. (2018), ao avaliar a produção de biomassa de feijão-caupi em função de doses de fósforo e inoculação, em casa de vegetação e campo, concluiu que o incremento de fósforo propiciou a máxima produção da massa seca da raiz na dose 120 kg.ha⁻¹.

O índice de clorofila total (CT) também não foi influenciado ($p > 0,05$) pelas fontes de adubação.

Bertoldo et al. (2015) não encontraram efeito significativo para a variável CT ao avaliar a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, juntamente com a aplicação de pó de rocha, molibdênio e extrato de alga, enquanto fontes alternativas em substituição à ureia para a cultura do feijão.

De igual maneira, Silva et al. (2019), não observaram efeito significativo para a variável CT, ao estudar inoculantes, adubos orgânicos e mineral na cultura do feijão-caupi.

As clorofilas, que absorvem a luz nos comprimentos de onda compreendidos entre 400 e 700 nm, são pigmentos responsáveis pela conversão da radiação luminosa em energia, sob a forma de ATP e NADPH, portanto, estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao seu crescimento, produção e adaptabilidade a diferentes ambientes (SILVA et al. 2012; EVERT, EICHHORN, 2014).

O N e o Mg participam da composição química das clorofilas e, provavelmente, as fontes nutricionais utilizadas neste estudo não apresentaram insuficiência de N e Mg, o que supostamente não promoveu diferenças significativas entre os tratamentos quanto a CT.

É possível que a redução da precipitação pluviométrica a partir de julho tenha limitado a resposta da cultura (Figura 1), pois a água é um fator determinante para o crescimento vegetal (TAIZ et al., 2017). Entretanto, mesmo sob condições de escassez hídrica, típica da região Nordeste do Brasil, a cultura da feijão demonstrou capacidade responsiva às diferentes adubações, inclusive às orgânicas.

As fontes nutricionais orgânicas (adubação orgânica, adubação orgânica + inoculação e a adubação orgânica + bioestimulante) utilizadas neste estudo se mostraram efetivas para a produção de biomassa, constituindo-se em uma estratégia para aproveitamento de resíduo de fazendas e redução de custo de produção.

Atributos químicos do solo

Os teores de fósforo (P) e potássio (K⁺) no solo ($p < 0,05$) foram influenciadas pelas diferentes adubações aplicadas (Tabela 2).

Os maiores teores de P no solo ($p < 0,05$) foram observados nos tratamentos nos quais as plantas foram submetidas à inoculação (T₄), adubação orgânica (T₃), adubação mineral (T₂) e adubação mineral + inoculação (T₆) (Tabela 2). Esses tratamentos resultaram em um incremento de 34% no teor de P no solo em relação aos tratamentos testemunha (T₁), bioestimulante (T₅), adubação orgânica + inoculação (T₇), inoculação + bioestimulante (T₈), adubação mineral + bioestimulante (T₉) e adubação orgânica + bioestimulante (T₁₀).

As médias dos teores de P dos tratamentos significativamente maiores variaram entre 11,37 e 14,49 mg.dm⁻³.

A maior média entre os tratamentos foi observada nas plantas que tiveram suas sementes submetidas a inoculação. Segundo Bastos et al. (2010), o P é frequentemente o elemento mais limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas em decorrência de sua adsorção nos solos.

Na planta, sua carência compromete a redistribuição ou remobilização do N na planta (das folhas aos grãos ou frutos), principalmente, na fase reprodutiva e de enchimento de frutos e grãos (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Desse modo, o P tem uma participação efetiva no metabolismo do N. O N e o P interagem de forma sinérgica, em que ambos os nutrientes em doses adequadas, promovem aumento na produção vegetal maiores do que aqueles obtidos com aplicação de cada nutriente isoladamente.

A fixação biológica de N é um processo com custo energético elevado, desse modo, a ausência de P pode afetá-la (PNG et al., 2017).

Tabela 2. Valores médios de (pH), fósforo assimilável (P), potássio trocável (K⁺), sódio trocável (Na⁺), acidez potencial (H + Al), acidez trocável (Al³⁺), cálcio trocável (Ca²⁺), magnésio trocável (Mg²⁺), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), percentual de saturação por alumínio (M), matéria orgânica do solo (MOS), carbono orgânico (CO) em solo cultivado com feijão (*Phaseolus lunatus* L.) diferentes fontes de adubação1. Bananeiras - PB.

Tratamentos	pH	P	K ⁺	Na ⁺	(H + Al)	Al ³⁺	Ca ²⁺
	mg.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³				
T1	05,48 a	07,50 a	0,040 a	0,153 a	1,377 a	0,283 a	1,483 a
T2	05,18 a	13,71 b	0,080 a	0,147 a	2,533 a	0,250 a	1,383 a
T3	05,06 a	14,06 b	0,113 b	0,276 a	1,927 a	0,150 a	1,467 a
T4	04,94 a	14,49 b	0,170 b	0,217 a	2,423 a	0,233 a	1,333 a
T5	05,02 a	10,04 a	0,047 a	0,190 a	1,430 a	0,317 a	1,350 a
T6	04,80 a	11,37 b	0,150 b	0,253 a	2,807 a	0,283 a	1,117 a
T7	05,06 a	09,42 a	0,103 b	0,223 a	2,423 a	0,200 a	1,500 a
T8	05,04 a	07,05 a	0,053 a	0,207 a	2,807 a	0,300 a	1,183 a
T9	04,87 a	09,02 a	0,147 b	0,297 a	2,917 a	0,266 a	1,433 a
T10	04,89 a	10,27 a	0,100 b	0,247 a	2,093 a	0,250 a	0,967 a
Média	05,03	10,69	0,1003	0,221	2,274	0,253	1,321
Tratamentos	Mg ²⁺	SB	CTC	V	m	MOS	CO
	cmolc.dm ⁻³			%		Dag.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
T1	0,917 a	2,593 a	3,970 a	65,315 a	9,840 a	2,589 a	15,02 a
T2	1,283 a	2,893 a	5,426 a	53,317 a	7,954 a	2,557 a	14,83 a
T3	1,533 a	3,390 a	5,316 a	63,751 a	4,238 a	2,661 a	15,44 a
T4	0,833 a	2,553 a	4,976 a	51,306 a	8,363 a	2,537 a	14,72 a
T5	1,117 a	2,704 a	4,134 a	65,409 a	10,49 a	2,702 a	15,72 a
T6	1,050 a	2,570 a	5,377 a	47,796 a	9,919 a	2,453 a	14,23 a
T7	1,067 a	2,893 a	5,316 a	54,421 a	6,466 a	2,518 a	14,60 a
T8	1,317 a	2,760 a	5,567 a	49,578 a	9,804 a	2,706 a	15,70 a
T9	1,100 a	2,977 a	5,894 a	50,509 a	8,202 a	2,687 a	15,58 a
T10	1,567 a	2,881 a	4,974 a	57,921 a	7,985 a	2,632 a	15,26 a
Média	1,178	2,821	5,093	59,52	8,835	2,604	15,11

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ¹Tratamentos: testemunha (T₁), adubação mineral (T₂), adubação orgânica (T₃), inoculação (T₄), bioestimulante (T₅), ½ da adubação mineral + inoculação (T₆), adubação orgânica + inoculação (T₇), inoculação + bioestimulante (T₈), adubação mineral + bioestimulante (T₉), adubação orgânica + bioestimulante (T₁₀).

Os teores de potássio (K) no solo foram acrescidos pelas adubações: orgânica (T₃), inoculação (T₄), ½ da adubação mineral + inoculação (T₆), adubação orgânica + a inoculação (T₇), adubação mineral + bioestimulante (T₉), adubação orgânica + bioestimulante (T₁₀) (Tabela 2) (p<0,05). Essas fontes nutricionais promoveram um acréscimo de 42% nas concentrações de K no solo em relação aos tratamento testemunha (T₁), adubação mineral (T₂), bioestimulante (T₅) e inoculação + bioestimulante (T₈). As médias dos tratamentos significativamente maiores variaram entre 0,10 cmolc dm⁻³ e 0,17 cmolc dm⁻³, encontrando-se abaixo do valor anterior à instalação do experimento. Segundo os critérios de classificação propostos por Sobral et al. (2015), estes valores são considerados baixos podendo significar que as plantas extraíram nutrientes disponíveis da solução do solo conforme necessário, diminuindo, assim, o teor de potássio adsorvido no complexo sortivo do solo (DANTAS et al., 2014). O K⁺ atua na regulação osmótica, na manutenção da água na planta por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos (KANO et al., 2010; CORREA et al., 2013). Nas condições de campo do experimento, as plantas podem ter requerido maiores quantidades de K para a regulação osmótica, em decorrência de uma possível limitação hídrica (Figura 1).

Não foi verificado efeito significativo das diferentes tratamentos (P>0,05) nos atributos químicos pH, Na, H + Al, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SB, CTC, V, m, MOS e CO (Tabela 2), provavelmente, por se tratar de um solo cultivado com uma cultura anual e os efeitos dos tratamentos expressos a longo prazo.

A faixa ideal de pH para absorção da maioria dos nutrientes pelas plantas varia entre 5,5 a 6,5. O valor

médio de pH encontrados neste estudo foi 5,03 (Tabela 2), indicando um caráter ácido do solo. Este valor foi inferior ao determinado no início do estudo. Isso pode ser atribuído à remoção de cátions básicos pelas plantas, resultando no aumento de formas trocáveis de H⁺ e Al³⁺ no complexo sortivo. Este efeito foi observado por Silveira et al. (2010) ao estudar as alterações nos atributos químicos do solo cultivado com diferentes culturas de cobertura, segundo esses autores, a extração das bases e a exudação de ácidos pelas plantas podem resultar na diminuição dos valores de pH no solo em decorrência da adição de H⁺. As concentrações de Al³⁺ foram de 0,2 cmolc.dm⁻³ (Tabela 2) sendo superiores às concentrações iniciais observadas antes da instalação do experimento que foi 0,1 cmolc.dm⁻³. Esta observação reforça a hipótese de que remoção das bases trocáveis pela cultura culmina com a elevação do Al³⁺. Entretanto, o valor inicial da soma das bases não foi alterado após o cultivo, sugerindo que os nutrientes aplicados foram absorvidos pela cultura ao longo do estudo.

O pH interage com a acidez potencial do solo de modo que quanto mais elevado o pH mais baixo serão os valores de H + Al (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2015; BAMBOLIM et al., 2015). Neste estudo, o valor médio de H + Al foi 2,274 cmolc.dm⁻³. A acidez potencial é parte integrante do equilíbrio da acidez do solo. Representa o fator quantidade, que por sua vez relaciona a concentração de H⁺ (representado pelo hidrogênio de ligação covalente associado a cargas negativas no solo variável e aos polímeros de alumínio) e as concentrações de alumínio trocável e outros cátions (Mn, Fe) adsorvidos nos colóides do solo (SOUZA, 2007).

O percentual de saturação por alumínio obtido neste estudo foi 8,83%, sendo considerado baixo conforme os critérios de interpretação proposto por Sobral et al. (2015).

O Al é um elemento tóxico aos vegetais e quando em excesso no solo, afeta o sistema radicular das plantas, alterando a morfologia e o crescimento das raízes. As raízes podem ficar grossas e ocorrer a diminuição na emissão de raízes secundárias (MIGUEL et al. 2010), prejudicando, dessa forma, a absorção de água e nutrientes com consequências negativas no crescimento e desenvolvimento vegetal. A absorção do Al pela célula vegetal pode levar à acumulação de espécies reativas de oxigênio (EROs), inibição da fotossíntese, desorganização da estrutura de membrana e homeostase iônica, inibição de reações enzimáticas e ativação da morte celular programada (TAIZ et al., 2017).

A média observada no teor de Na^+ neste estudo foi $0,22 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, não variando em função dos tratamentos aplicados (Tabela 2). O Na^+ não é essencial ao metabolismo vegetal e os fertilizantes não o tem como elemento importante na sua composição (BRADY, WEIL, 2013). Desse modo, neste estudo, os tratamentos aplicados, inclusive as fontes nutricionais orgânicas, não acrescentaram Na^+ ao solo. Este comportamento foi similar ao observado por Silva et al. (2004) ao estudar os teores de Na^+ em solo cultivado com milho submetido à adubação com esterco bovino. De acordo com os autores, as doses de até 40 t.ha^{-1} de esterco não promoveram incremento no teor de Na^+ , aos 120 dias após a aplicação, na profundidade de 0 a 0,2 m.

Segundo os critérios de classificação proposto por Sobral et al. (2015), os teores de Ca e Mg são considerados baixos e médios, respectivamente. Para Ca foi obtido $1,321 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ e para os teores de Mg observou-se $1,178 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$. A absorção de Ca está associada às relações de equilíbrio com o Mg e K na solução do solo (BOTTEGA et al., 2011). O suprimento adequado de Ca e Mg no solo é necessário, para que esses elementos possam competir por sítios de ligação no sistema radicular, uma vez que a planta preferencialmente absorve K, o qual inibe de forma competitiva a absorção de Ca e Mg. Isso ocorre porque o K pode atravessar a membrana plasmática com maior velocidade devido este ser monovalente e de menor grau de hidratação em relação ao Mg (SILVA, TREVIZAM, 2015). Neste estudo, foi observado a relação Ca/K igual 1:15 e Mg/K 1:13, esta relação é considerada baixa, sugerindo que houve uma preferência de absorção do K pela cultura. Para os nutrientes Ca^{+2} e Mg^{+2} foi observada uma relação próxima a 1:1, quando a interação Ca/Mg é equivalente, o equilíbrio entre dois nutrientes é mantido, como constatou Silva et al. (2012) em que a relação Ca:Mg de 1:1 proporcionou a maior produção de matéria seca da parte aérea da soja.

Para a CTC em pH 7, a média obtida neste estudo foi $5,093 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$. Segundo os critérios de classificação propostos por Sobral et al. (2015), este valor é considerado médio. A CTC é responsável direta pelo crescimento vegetal, representada pelos cátions adsorvidos nas superfícies da argila e da matéria orgânica; estes estão disponíveis para as plantas e mantêm um equilíbrio

dinâmico com aqueles cátions na solução do solo (MEURER, 2007).

Os cátions retidos são o K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , além dos nutrientes que são cátions metálicos como cobre, ferro, manganês e zinco (FREITAS et al., 2017). Estes autores ainda evidenciaram que a CTC é influenciada pelo pH e pelas concentrações da MOS no solo ao estudá-la sob diferentes profundidades e em diferentes sistemas de uso do solo, demonstrando, que a fertilidade do solo é complexa e dependente da interação entre os elementos minerais e as variações da acidez do solo.

A média do percentual de saturação por base se manteve acima de 50% permitindo caracterizar o solo em estudo como eutrófico (Tabela 2), diferente da classificação na caracterização inicial (distrófico). O solo consiste em um sistema aberto e, provavelmente, a elevação da saturação por bases pode ter ocorrido em função da adubações aplicadas e de resíduos orgânicos presentes no solo, anterior a instalação do experimento. A saturação por bases descreve a proporção de cátions considerados básicos (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e Na^+) que ocupa a CTC do solo (SERRAT et al., 2007). Ainda que não tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, os valores de V para o tratamento testemunha são maiores que os demais. Isso ocorreu, provavelmente, em decorrência da decomposição de materiais orgânicos ao longo da condução do experimento.

A decomposição da MOS constitui um processo que fornece nutrientes minerais aos vegetais e a velocidade da liberação depende da taxa de mineralização (OLIVEIRA et al., 2013). Neste estudo, o movimento do solo pelo cultivo deve ter acelerado a decomposição da MOS já presente no solo, liberando e aumentando as bases trocáveis e sua saturação.

Os valores médios de MOS obtidos neste estudo foi $2,604 \text{ dag.kg}^{-1}$. Este valor é considerado médio, conforme Sobral et al. (2015). A ausência de resposta da MOS, inclusive pela aplicação de adubo orgânico, pode estar relacionada ao tempo entre a adubação e a coleta do solo, que foi curto para que ocorresse a decomposição e incremento ao solo.

O teor da MOS resulta das taxas de produção, alteração e decomposição de resíduos orgânicos, é dependente de uma série de fatores, como temperatura, aeração, pH, disponibilidade de água e nutrientes e o tempo (NASCIMENTO et al., 2010).

Estes fatores influenciam nas relações de equilíbrio entre ganhos e perdas da MOS. Giácomo et al. (2019), estudando atributos químicos de um solo degradado, cultivado com *Mabea fistulifera* Mart, após aplicação de composto orgânico e adubação mineral não verificou efeitos na MOS após um ano.

Ao final do experimento, foi observado o acúmulo de $15,11 \text{ g.kg}^{-1}$ de CO. De acordo com Ribeiro et al. (1999), o valor médio obtido permite classificar os teores de CO, no solo em estudo, como médio.

As concentrações de CO do solo são dependentes das interações com a biosfera, por meio dos produtos da fotossíntese, que aportam grande parte do C no solo, bem como, da entrada de material orgânico no solo (MARTEL e CAIRAMPOMA, 2012).

Nos solos agrícolas, as técnicas de manejo intensivo utilizadas, associadas à constantes intervenções,

expõe a matéria orgânica ao O₂, resultando na sua oxidação e decomposição.

Em sistemas conservacionistas, sem mobilização do solo ou com revolvimento mínimo, utilizando culturas que permitem maior aporte de matéria seca, tendem a preservar ou, até mesmo, a aumentar o estoque de C (ROSA et al., 2012), demonstrando, que em sistemas agrícolas de uso intensivo, os teores de CO tendem a ser inferiores ao recomendável.

Conclusão

Os tratamentos que promoveram maior produção de biomassa da fava Rajada foram adubação mineral, adubação orgânica, adubação mineral + inoculação, adubação + inoculação, adubação mineral + bioestimulante e a adubação orgânica + bioestimulante. Desse modo a adubação orgânica pode substituir a adubação mineral na produção de matéria seca da parte aérea e de raiz, tornando-se alternativa mais acessível na nutrição da cultura.

Quando a fava Rajada foi inoculada com *Rhizobium tropici* BR322 SEMIA4077 e recebeu ½ da adubação mineral (T6) apresentou produção de matéria seca da parte aérea e da raiz semelhante a adubação mineral (T2). Desse modo, com a inoculação foi possível reduzir a adubação mineral em 50%.

A adubação orgânica combinada ou não com inoculação ou bioestimulante pouco alteraram as características químicas do solo. Entretanto, no solo no qual se utilizou a inoculação, adubação orgânica e a adubação mineral + a inoculação, foi observado incremento de 33% e 42% para P e K, respectivamente, em relação aos tratamentos testemunha (T₁), bioestimulante (T₅), adubação orgânica + inoculação (T₇), inoculação + bioestimulante (T₈), adubação mineral + bioestimulante (T₉) e adubação orgânica + bioestimulante (T₁₀), ao final do experimento.

Agradecimentos

À universidade Federal da Paraíba (UFPB) pela oportunidade de cursar a Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia). À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Referências

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. P.; RICCI, T. T. Manejo de biorregulador nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 865-876, 2011.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, F. M. R.. Acidez Potencial Estimada pelo método do pH SMPem Solos do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 767-773, 2015.

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. Setor de Fertilizantes: Anuário Estatístico 2016. Consultada em 13 de dezembro de 2018 em: <http://anda.org.br/pdfs/INDICE-ANUARIO-2016.pdf>.

ANTUNES, J. E. L.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A.; ARAÚJO, A. S. F.; LYRA, M. C. C. P.; FIGUEIREDO, M. V. B. Eficiência simbiótica de isolados de rizóbio noduladores de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 751-757, 2011.

BAMBOLIM, A.; CAIONE, G.; SOUZA, N. F.; SEBEN JUNIOR, G. F.; FERBONINK, G. F. Calcário líquido e calcário convencional na correção da acidez do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 3, p. 34-37, 2015.

BARREIRO NETO, M.; FAGUNDES, R. A. A.; BARBOSA, M. M.; ARRIEL, N. H. C.; FRANCO, C. F. O.; SANTOS, J. F. Características morfológicas e produtivas em acessos de feijão-fava consorciados. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 3, p. 23-27, 2015.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; OLIVEIRA, S. A.; ALBUQUERQUE, A. W. Resposta do milho a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 485-491, 2010.

BRASIL. Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/> Acesso em: 26 set. 2019.

BERTOLDO, J. G.; PELISSER, A.; SILVA, R. P.; FAVRETO, R.; DE OLIVEIRA, L. A. D. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 348-355, 2015.

BETTIOL, W. Leite de Vaca Cru para o Controle de Oídio. Jaguariuna, n. 13, 2004.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BOTTEGA, E. L.; SILVA, S. A.; COSTA, M. M.; BOTTEGA, S. P. Cokrigagem na estimativa dos teores de Ca e Mg em um Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 821-828, 2011.

CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de Plantas de guanandi. **Revista Cerne**, Lavras, v. 20, n. 4, p. 653-660, 2004.

CORREA, C. V.; CARDOSO, A. I. I.; CLAUDIO, M. T. R. Produção de repolho em função de doses e fontes de potássio em cobertura. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2129-2138, 2013.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 305-314, 2009.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.1, p. 56-63, 2012.

DANTAS, M. S. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; SILVA, E. F. F.; PEDROSA, E. M. R.; DANTAS, D. C. Chemical Attributes of Soil Fertilized with Cassava Mill Wastewater and Cultivated with Sunflower. **Hindawi Publishing Corporation the Scientific World Journal**, v. 2014, p. 01-10, 2014.

DIAS, L. P. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; ARRUDA, B.; COSTA, M. M. Distribuição e morfologia do sistema radicular de *Eucalyptus dunnii* em resposta à aplicação de fósforo. **Revista de Ciências Agrovetenárias**, Lages, v.16, n.3, p.203-213, 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, v. 3, 2017. 573p.

Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA. **Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco (2ª aproximação)**. Recife: v. 2, 2008. 198p.

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileira de classificação dos solos**. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectiva**. 2 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.
- EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. ed. 8. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, Marília, v. 26, n. 1-2, p. 08-25, 2017.
- GRANJA, M. B.; VITORINO, P. J. P.; SOUSA, V. F. O.; RODRIGUES, M. H. B. S.; DINIZ, G. L.; ANDRADE, F. H. A.; NOBRE, R. G. Variedades de feijão-fava submetidas à níveis de salinidade e adubação orgânica. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 1, p. 104-114, 2019.
- GLÁCOMO, R. G.; ALVES, M. C.; ARRUDA, O. G.; SOUTO, S. N.; PEREIRA, M. G.; MORAES, M. L. T. Atributos químicos de um solo degradado após aplicação de composto orgânico e crescimento de *Mabea fistulifera* Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 754-768, 2019.
- HIGASHIKAWA, F. S.; MENEZES JÚNIOR, F. O. G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 01-10, 2017.
- IBGE. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>>. Acesso em: 27 de jan. 2019.
- KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R. L. Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 28, n. 3, p. 287-291, 2010.
- MAPA - Ministério de Agricultura, Agropecuária e Abastecimento. Extrato de alho e cebola no controle de insetos. Consultado em 15 de junho de 2018 em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichasagroecologicas/arquivos-sanidade-vegetal/25-extrato-de-alho-e-cebola-no-controle-deinsetos.pdf>.
- MARTEL, C.; CAIRAMPOMA, L. Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en “cicra”, Madre de Dios (Perú). **Ecología Aplicada**, Lima, v. 11, n. 2, p. 61-65, 2012.
- MELO, Luiz José Vieira de. **Morfofisiologia e rendimento de fava sob diferentes condições de manejo cultural**. 2005. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.
- MEURE, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**, Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 66-86.
- MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 24, n. 1, p. 12-30, 2010.
- NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S.; ZOFFOLI, H. J. O. teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 339-348, 2010.
- OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA, O. P. R.; OLIVEIRA, A. N. P.; GONDIM, S. C.; SILVA, J. A. Produção e teor de amido da batata-doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 830-834, 2013.
- OLIVEIRA, F. D. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R. D. C.; LIMA, L. A.; SANTOS, S. T.; DE RÉGIS, L. R. Produção de feijão caupi em função da salinidade e regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 11, p. 1049-1056, 2015.
- PERES, A. R.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; ARF, O.; FRANCO, A. A.; GARÉ, L. M. Efeito do cultivo de feijão com co-inoculação (*Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*) e lâminas de irrigação sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas. **Investigação Agrária**, San Lorenzo, v. 20, n. 1, p. 11-21, 2018.
- PNG, G. K., TURNER, B. L., ALBORNOZ, F. E., HAYES, P. E., LAMBERS, H., & LALIBERTÉ, E. Greater root phosphatase activity in nitrogen-fixing rhizobial but not actinorhizal plants with declining phosphorus availability. **Journal of Ecology**, v. 105, p.1246–1255, 2017.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. & ALVAREZ V., V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999.
- ROCHA, W. S., DOS SANTOS, M. G., SAKAI, T. R. P., DA SILVA, T. A., FIDELIS, R. R., & DOS SANTOS, M. M. Acúmulo de biomassa em função de doses de fósforo e inoculação de rizóbio em feijão-caupi. **Revista de Ciências Agrônômicas Ilha Solteira**, v. 27, n. 2, p. 273-286, 2018.
- ROSA, C. M.; CASTRO, R. M. V.; PAULETTO, E. A.; PILLON, C. N.; LEAL, O. A. Conteúdo de carbono orgânico em Planossolo Háplico sob sistemas de manejo do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1769-1776, 2011.
- SANTOS, Emanice Martins dos. **Produção e qualidade da variedade local de feijão Gurgutuba em resposta a diferentes adubações**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Agroalimentar) – Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, 104 p.
- SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.; SOUSA, D. C. V.; SILVA, A. R. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de soja. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.12, n. 3, p. 512-517, 2017.
- SERRAT, B. M.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M. R. (Ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006.
- SILVA, A. G.; CAVALCANTE, A. C. P.; OLIVEIRA, D. S.; SILVA, M. J. R. Crescimento inicial de *Phaseolus lunatus* L. submetido a diferentes substratos orgânicos e aplicação foliar de urina de vaca. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 11, n. 1, p. 131-135, 2015.
- SILVA, C. F.; MOURA, M. F.; VILELA, A. R. R.; ARAÚJO, M. B.; MARQUES, J. D. S. Produção de feijão-caupi em função do emprego de inoculante e adubos orgânicos e mineral. **Diversitas Journal**, Maceió, v. 4, n. 3, p. 1130-1145, 2019.
- SILVA, J. A. N.; CECCON, G.; ROCHA, E. C.; SOUZA, C. M. A. Produtividade de feijão-caupi e braquiária com inoculação nas sementes, em cultivo solteiro e consorciado. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 31, p. 44-46, 2016.
- SILVA, J.; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, M.; SILVA, K. M. B. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.2, p. 326-331, 2004.
- SILVA, J. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, A. N. P.; ARAÚJO, M. A. M. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 253-257, 2012.

SILVA, M. A. G.; MANNIGEL, A. R.; MUNIZ, A. S.; PORTO, S. M. A.; MARCHETTI, M. E.; NOLLA, A.; BERTANI, R. M. A. Ammonium sulphate on maize crops under no tillage. **Bragantia**, Campinas, v.71, n.1, p. 90-97, 2012.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agrônômicas**, v. 49, p. 16, 2015.

SILVA, R. S.; SENA, W. L.; MATOS, G. S. B.; FERNANDES, A. R.; GAMA, M. A. P. Crescimento e estado nutricional da soja influenciados pela relação Ca: Mg em solo do cerrado paraense. **Revista Ciências Agrárias**, Castamhal, v. 55, n. 1, p. 52-57, 2012.

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

SOUSA, D. M.G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 133-204.

SOUZA, M. V. P.; SOUSA, G. G.; SALES, J. R. S.; FREIRE, M. H. C.; SILVA, G. L.; VIANA, V. A. Saline water and biofertilizer from bovine and goat manure in the Lima bean crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 3, p. 01-08, 2019.

SOUZA, R. R.; MATIAS, S. S. R.; SILVA, R. R.; SILVA, R. L.; BARBOSA, J. S. M. Qualidade de mudas de mamão produzidas em substrato com esterco caprino e doses de superfosfato simples. **Revista Agrarian**, Dourados, v.8, n. 28, p. 139-146, 2015.

SOUSA, W. N.; BRITO, N. F.; BARROS, I. B.; SOUZA, J. T. R.; SIA, E. F.; REIS, I. M. S. Resposta do feijão-caupi à inoculação de *bradyrhizobium Japonicum*, adubação nitrogenada e nitrogênio do solo. **Agroecossistemas**, Belém, v. 1, n. 2, p. 298-308, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VIDIGALI, S. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; SANTOS, M. R. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 28, n. 2, p. 168-173, 2010.