

Caracteres biométricos de feijão-caupi submetido a diferentes doses de molibdênio inoculado com Bradyrhizobium

Biometric characters of cowpea bean submitted to different doses of molybdenum inoculated with Bradyrhizobium

Características biométricas del frijol caupí sometido a diferentes dosis de molibdeno inoculado con Bradyrhizobium

Mateus Ferreira Andrade

Mestrando em produção vegetal, UFRPE-UAST, Brasil
matheus.fandrade2013@gmail.com

Tânia da Silva Siqueira

Graduanda em Engenharia Agrônômica, UFRPE-UAST, Brasil.
taniaasilva0315@gmail.com

Josimar Bento Simplício

Professor Doutor, UFRPE-UAST, Brasil.
josimar.bento@ufrpe.br

Monalisa Alves Diniz da Silva

Professora Doutora, UFRPE-UAST, Brasil.
monalisa.diniz@ufrpe.br

RESUMO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), é uma Fabaceae herbácea que possui alto teor protéico e grande importância socioeconômica. Contudo, a obtenção de rendimentos satisfatórios é diretamente dependente do manejo de adubação, o que onera o custo de produção da cultura. Todavia, quando em simbiose com bactérias do gênero rizobium, realiza o processo de fixação biológica de nitrogênio FBN, processo inerente a disponibilidade de molibdênio no solo, micronutriente constituinte de duas enzimas responsáveis pela assimilação do nitrogênio atmosférico. Dentro desta perspectiva, a presente pesquisa tem como objetivo determinar a influência da inoculação e aplicação das doses de molibdênio aplicado via foliar, sobre as variáveis biométricas do feijão-caupi, variedade IPA 207. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 2x5, sendo o primeiro fator correspondente à inoculação ou não das sementes com o inoculante *Bradyrhizobium japonicum* e o segundo fator, à aplicação de molibdênio via foliar aos 20 dias após a emergência das plântulas, nas dosagens: 0, 50, 100, 150 e 200 g ha⁻¹. A inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* influenciou positivamente o desenvolvimento do feijão-caupi cv. IPA 207, proporcionando maior índice de área foliar às plantas; a interação das dosagens de molibdênio com o inoculante influenciou na altura de inserção da primeira vagem; a dose de máxima eficiência agrônômica estimada a ser aplicada com o inoculante, foi de 81,25 g.ha⁻¹ de molibdênio.

PALAVRAS-CHAVE: Inoculação; Fixação Biológica de Nitrogênio; Produtividade.

SUMMARY

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is a herbaceous Fabaceae that has a high protein content and great socioeconomic importance. However, obtaining satisfactory yields is directly dependent on fertilization management, which increases the cost of crop production. However, when in symbiosis with bacteria of the rizobium genus, it performs the process of biological nitrogen fixation FBN, a process inherent to the availability of molybdenum in the soil, a constituent micronutrient of two enzymes responsible for the assimilation of atmospheric nitrogen. Within this perspective, the present research aims to determine the influence of inoculation and application of doses of molybdenum applied via foliar route, on the biometric variables of cowpea, variety IPA 207. The experiment was conducted in randomized blocks, arranged in a factorial scheme 2x5, with the first factor corresponding to the inoculation or not of the seeds with the *Bradyrhizobium japonicum* inoculant and the second factor, to the application of molybdenum via foliar application 20 days after seedling emergence, in the dosages: 0, 50, 100, 150 and 200 g ha⁻¹. Seed inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* positively influenced the development of cowpea cv. IPA 207, providing a higher leaf area index to the plants; the interaction of molybdenum dosages with the inoculant influenced the insertion height of the first pod; the estimated maximum agronomic efficiency dose to be applied with the inoculant was 81.25 g.ha⁻¹ of molybdenum.

KEYWORDS: Inoculation; Biological Nitrogen Fixation; Productivity

RESUMEN

El caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) es una fabácea herbácea de alto contenido proteico y de gran importancia socioeconómica. Sin embargo, la obtención de rendimientos satisfactorios depende directamente del manejo de la fertilización, lo que aumenta el costo de producción del cultivo. Sin embargo, cuando está en simbiosis con bacterias del género rizobium, realiza el proceso de fijación biológica de nitrógeno FBN, proceso inherente a la disponibilidad de molibdeno en el suelo, micronutriente constituyente de dos enzimas responsables de la asimilación del nitrógeno atmosférico. Dentro de esta perspectiva, la presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la inoculación y aplicación de dosis de molibdeno por vía foliar, sobre las variables biométricas del caupí, variedad IPA 207. El experimento se realizó en bloques al azar, dispuestos en un esquema factorial 2x5, correspondiendo el primer factor a la inoculación o no de las semillas con el inoculante *Bradyrhizobium japonicum* y el segundo factor, a la aplicación de molibdeno vía foliar 20 días después de la emergencia de las plántulas, en las dosis: 0, 50, 100, 150 y 200 g ha⁻¹. La inoculación de semillas con *Bradyrhizobium japonicum* influyó positivamente en el desarrollo del caupí cv. IPA 207, proporcionando un mayor índice de área foliar a las plantas; la interacción de las dosis de molibdeno con el inoculante influyó en la altura de inserción de la primera vaina; la dosis estimada de eficiencia agronómica máxima a aplicar con el inoculante fue de 81,25 g.ha⁻¹ de molibdeno.

PALABRAS CLAVE: Inoculación; fijación biológica de nitrógeno; Productividad

1 INTRODUÇÃO

O Feijão-caupi, também conhecido como feijão-macassar, feijão-de-praia, feijão-de-rama, feijão-fradinho ou pelo nome científico de [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma planta Eudicotyledonea que pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae* e ao gênero *Vigna* (SILVA e FREIRE FILHO, 1999; VERDCOURT, 1970). Este gênero é composto por diversas espécies, oscilando de 150, segundo (ROBERTS, 1978) e (VERDCOURT, 1970) a 170 de acordo com (FARIS, 1965). A subespécie *unguiculata* é dividida em quatro grupos: *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis* (MARÉCHAL et al., 1978).

A cultura é uma das mais importantes para as regiões Norte e Nordeste do Brasil, por desempenhar importância fundamental no contexto socioeconômico das famílias de baixa renda, além de ser um alimento com alto valor nutritivo e apresentar um conteúdo considerável de proteína, (SOUZA et al., 2005).

A produtividade do feijão caupi está diretamente relacionada com o estado nutricional do solo, ainda que o suprimento de parte do nitrogênio absorvido tenha relação com relações simbióticas realizadas pela planta e microrganismos do solo. Vários autores concluíram que o feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é capaz de nodular e estabelecer simbiose com diversas espécies de bactérias do grupo rizóbio, incluídos os gêneros *Azorhizobium*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, entre outros (NEVES & RUMJANEK, 1997; WILLEMS, 2006; ZILLI et al., 2006; ZHANG et al., 2007; MOREIRA, 2008). Para essa cultura já existem quatro estirpes de *Bradyrhizobium* disponíveis no mercado, estas são: UFLA3-84 (SEMIA 6461), BR 3267 (SEMIA 6462), INPA3-11B (SEMIA 6463) e BR 3262 (SEMIA 6464) (ZILLI et al., 2008).

O molibdênio possui um papel muito importante na fixação biológica de nitrogênio, podendo aumentar o acúmulo de N nas raízes e nas folhas e, a partir disso, transferir para os grãos e aumentar a produtividade da cultura. Porém, sua carência pode afetar a produtividade da cultura do feijão-caupi, causando atrofia geral e amarelecimento, tipicamente resultante de fornecimento insuficiente de N, mostrando assim, sua importância como coadjuvante para o suprimento do nitrogênio para o feijoeiro.

O suprimento de Mo é feito predominantemente na forma de molibdato (MoO_4^{2-}) presente na solução do solo, que chega às raízes via fluxo de massa pelo xilema e floema (MESCHÉDE et al., 2004). No solo o Mo é facilmente lixiviado, assim, as quantidades de molibdênio ali presentes podem não ser suficientes para atender às demandas das culturas, havendo a necessidade de sua suplementação via adubação (HANSEL & OLIVEIRA, 2016).

Os sintomas acarretados pela insuficiência de molibdênio apresentam-se de forma semelhante à deficiência de nitrogênio, causando clorose total das folhas mais velhas ou de meia idade fisiológica, seguida de necrose. Isso se deve a inibição da atividade da enzima nitrato redutase e subsequente acúmulo de nitrato (SFREDO e OLIVEIRA, 2010).

A fixação biológica de N_2 é um dos processos mais importantes e conhecidos na natureza, esse processo é realizado apenas por micro-organismos procariotos simbiotes (REIS et al., 2006). Segundo Herridge et al., (2008) estima-se que cerca de 4×10^7 toneladas de N_2 seja fixado por ano, só nas culturas leguminosas, dando a esse processo enorme importância na manutenção da vida no planeta.

O Nitrogênio é o elemento mineral requerido em maiores quantidades pelas plantas,

devido ser componente dos ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, enzimas coenzimas, nucleotídeos e da molécula de clorofila (TAIZ et al., 2017). Por isso é necessário desenvolver novas tecnologias que possibilitem aumentar a disponibilidade e o fornecimento deste elemento para as culturas, e com isso obter-se incrementos significativos nos níveis de produtividade. Uma dessas tecnologias é o fornecimento de molibdênio em quantidade adequada via foliar, de forma a incrementar a disponibilidade do nitrogênio seja por via adubação química ou via Fixação Biológica de Nitrogênio.

É fato que as leguminosas são capazes de interagir com bactérias do gênero rizóbios, e essa relação é iniciada através de sinais simbióticos de ambos os lados (YOKOTA; HAYASHI, 2011).

As bactérias se aderem aos pêlos radiculares das plantas hospedeiras em um processo relativamente constante e irreversível, que ocorre em duas etapas: inicialmente, as células isoladas aderem à superfície radicular, provavelmente a sítios específicos e, em seguida, outras bactérias aderem às que já estão presas aos pêlos radiculares (HUNGRIA; STACET (1997) E MOREIRA; SIQUEIRA (2006)). Ainda segundo Moreira e Siqueira (2006) nesse processo, alguns compostos, em geral, atuam como sinais moleculares e induzem a transcrição de genes de nodulação nas bactérias.

No estudo realizado por Fernandes Júnior e Reis (2008), foi observado que esses micro-organismos procariotos apresentam grande diversidade metabólica que resulta em ampla diversificação de ambientes que podem ocupar, trazendo importantes colaborações na entrada de N em diversos ambientes.

Dentro desta perspectiva, a presente pesquisa tem como objetivo determinar a influência da inoculação e aplicação das doses de molibdênio aplicado via foliar, sobre as variáveis biométricas do feijão-caupi, variedade IPA 207.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Quixaba-PE, Sítio Baixio, situado a 7º 11' 04" S e 37º 31' 06" O, o solo da área é classificado como Cambissolo, segundo os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2000).

O município de Quixaba está localizado na parte setentrional da microrregião Pajeú, porção norte do Estado de Pernambuco, situa-se a uma altitude de 482 metros (BELTRÃO et al., 2005), contando com uma precipitação média de 746 mm por ano (APAC, 2023).

Aproximadamente, 30 dias antes da implantação do experimento, foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm em pontos distintos com a finalidade de aferir a fertilidade do solo a ser usado como substrato dos vasos com os diferentes tratamentos.

O experimento foi realizado em vasos (Figura 1), as sementes de feijão-caupi foram semeadas no dia 22 de julho de 2021, adotando-se um espaçamento entre o centro dos vasos de 0,5 x 0,35 metros (com 3 plantas por vaso, separadas por uma distância de 12 cm), a variedade de feijão-caupi utilizada foi a IPA 207 que apresenta porte semi-prostrado, com abertura da flor aos 58 dias e maturação da primeira vagem aos 73 dias da semeadura, segundo (COSTA et al., 2013).

Figura 1 - Vista parcial da área experimental, Sítio Baixio, Quixaba-PE em julho de 2021. Fonte: acervo pessoal.



Fonte: Autores (2021)

As sementes foram obtidas do banco de germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA. O solo utilizado como substrato foi coletado na própria área do estudo, na camada de 0 a 20 cm. A área onde foram coletadas as amostras de solo passou por uma aração com profundidade de até 20 cm para possibilitar a coleta do solo utilizado como substrato nos vasos com diâmetro de 30 cm, altura de 37 cm e capacidade para até 20 litros.

Antes do enchimento dos vasos com solo, os mesmos foram perfurados e posteriormente foi adicionada uma camada de 2 centímetros de brita no fundo de cada vaso, para facilitar a drenagem do excesso de água e permitir umidade adequada às plantas.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 2x5, totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, sendo o primeiro fator correspondente à inoculação ou não das sementes de feijão-caupi cv. IPA 207 com o inoculante *Bradyrhizobium japonicum*. O segundo fator foi à aplicação de molibdênio na forma de molibdato de sódio que em sua composição apresenta 39% de molibdênio, aplicado via foliar aos 20 dias após a emergência das plântulas, nas dosagens: 0, 50, 100, 150 e 200 g ha⁻¹ (GRIS et al., 2005).

Antes das sementes serem inoculadas, as mesmas foram desinfestadas superficialmente por imersão em álcool 70%, por 5 minutos, e em solução de hipoclorito de sódio, a 1% por 3 minutos e, em seguida, lavadas cinco vezes com água destilada estéril e deixadas para secar a sombra conforme proposto por PACHECO (2014). Após a secagem, as sementes de feijão-caupi, cultivar IPA 207, que fizeram parte dos tratamentos com inoculação, foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (contendo 10⁷ células viáveis por mL do inóculo) na dosagem de 200 g para cada 50 kg de sementes, adquirido do núcleo de fixação biológica do nitrogênio nos trópicos, laboratório responsável pela fabricação do inoculante, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco IPA. (Figuras 3 e 4).

O processo de inoculação foi realizado às 7 horas da manhã do dia 21 de julho, após isso, foi necessário um intervalo de 24 horas, até às 7 horas do dia 22 de julho de 2021, como recomendado pelos fabricantes é necessário que se espere 24 horas após a inoculação para que as sementes possam ser semeadas e o inoculante tenha maior eficácia, figuras 4 (A e B).

Após 24 horas da inoculação das sementes procedeu-se com a semeadura, distribuindo-se equidistantemente 3 sementes por vaso, levando-se em conta seus respectivos tratamentos (com e sem inoculação).

O molibdênio foi aplicado na forma de molibdato de sódio (contendo 39% de Mo), via foliar aos 20 dias após a emergência, quando as plantas apresentaram o terceiro trifólio, utilizando-se um pulverizador costal com volume de 20 litros e vazão de 320 L ha⁻¹.

O solo utilizado como substrato, foi coletado na própria área, e levado para o laboratório de fertilidade do solo, pertencente ao IPA, onde foi analisado para determinação das suas propriedades químicas (Tabela 1). Com base nos resultados da análise do solo, foi realizada a adubação conforme recomendado para a cultura (CAVALCANTI, 2008).

Tabela 1 - Análise química inicial do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, Sítio Baixo, Quixaba-PE em julho de 2021.

Amostra (cm)	P mg/dm ³	pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Na	K	Al	H	S	CTC	V %	m%	
			----- dm ³ dm ³ -----										
0-20	2	5,50	1,75	1,00	0,01	0,24	0,35	3,11	3,0	6,5	46	10	
20-40	3	5,50	1,65	1,10	0,01	0,31	0,10	2,20	3,1	5,4	57	3	

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo. IPA.

Para efeito de verificação dos objetivos propostos, foram analisadas as seguintes variáveis: área foliar total por planta (AFTP), número de folhas (NF), área de cada folíolo (ADF), índice de área foliar (IAF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), e altura de inserção da primeira vagem (AIPV).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com desdobramento do efeito quantitativo das dosagens em regressão, empregando o nível de significância de até 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de quadrado médio obtidos neste estudo para as variáveis: área foliar total por planta (AFTP), número de folhas (NF) e área de cada folíolo (ADF), encontram-se na Tabela 2. Onde se observa a significância isolada do fator inoculante para as variáveis: área foliar total por planta (AFTP) e área de cada folíolo (ADF). Além destas, também são mostrados os valores de quadrado médio das doses de molibdênio (Mo) interagindo com o inoculante para todas as variáveis citadas.

Tabela 2 - Quadro de análise de variância dos valores médios de: área foliar total por planta (AFTP), número de folhas (NF) e área de cada folíolo (ADF) em função de crescentes doses de molibdênio (Mo) associadas à presença e ausência do inoculante.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		AFTP (cm ²)	NF	ADF (cm ²)
Inoculante	1	462895,225000**	119,025000 ^{ns}	112,225000*
Dose Mo	4	95516,687500 ^{ns}	59,287500 ^{ns}	21,162500 ^{ns}
Inocu.*Dose de Mo	4	55736,412500 ^{ns}	29,587500 ^{ns}	10,912500 ^{ns}
Bloco	3	47666,091667 ^{ns}	61,425000 ^{ns}	12,091667 ^{ns}
Erro	27	57318,573148	33,591667	21,480556
Total	39	-	-	-
CV(%)		25,37	22,80	12,50

CV=Coefficiente de variação; GL=Grau de liberdade; ** Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo, respectivamente, pelo teste F. Fonte: Autores (2021).

As crescentes doses de molibdênio não resultaram no aumento de nenhuma das variáveis presentes na Tabela 2, concordando com os resultados obtidos por Alves et al., (2002), que avaliando o efeito da aplicação foliar de molibdênio em feijão-caupi não encontraram respostas significativas mesmo com a elevação das doses.

Para justificar os resultados da não significância estatística mediante ao aumento das doses de molibdênio, sugerem-se duas possíveis condições: a ocorrência dos fatores climáticos, principalmente, as baixas temperaturas e radiação solar incidentes desfavoráveis nos estádios fenológicos de pós aplicação das doses de molibdênio, ou a baixa adesão das partículas nas folhas, possibilitando a não ou baixa absorção do micronutriente em função da baixa frequência de abertura dos estômatos. A temperatura é um fator preponderante que pode afetar as reações químicas de fotossíntese, como, a integridade de membranas em cloroplastos e absorção e translocação dos nutrientes (TAIZ; ZINGER, 2013)

O inoculante apresentou significância de forma isolada para a variável área foliar de cada folíolo (ADF) (Tabela 3), onde observou-se um aumento de 8,64% na área foliar, quando comparado com os tratamentos sem a inoculação.

De acordo com Nascimento (2009), a área foliar, geralmente, apresenta-se como um importantíssimo parâmetro na determinação da capacidade fotossintética, da densidade ótima de plantio, da relação solo-água-planta, ou em investigações sobre nutrição de várias culturas. Além disso, ela se relaciona com o metabolismo da planta, produção de massa seca e produtividade (SEVERINO et al., 2004).

O aumento da área foliar observado em cada folíolo indica que a inoculação foi positiva e que este aumento está relacionado à eficiência na fixação do nitrogênio FBN. Estes resultados reforçam os encontrados por Epstein e Bloom (2006). Esses autores enfatizaram que uma FBN eficiente disponibiliza mais N para as plantas aumentando a biomassa vegetal e, conseqüentemente, a área foliar.

Tabela 3 - Área foliar de cada folíolo (ADF) de feijão-caupi, cv. IPA 207, com ou sem inoculação.

Inoculante	Área foliar (cm ²)
Com	38,75 A
Sem	35,40 B

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2021).

Analisando os dados da Tabela 4, ficou caracterizado que houve diferença significativa estatisticamente para as variáveis: área foliar total por planta (AFTP) e comprimento radicular (CR) em função da presença e ausência do inoculante rizobiano. A AFTP foi maior na dosagem de 0 g.ha⁻¹ de molibdênio; sendo, esta dose associada à presença dos rizóbios. O pior desempenho para esta variável foi na dosagem 100 g.ha⁻¹ de molibdênio na ausência do inoculante rizobiano, mostrando que para um bom desenvolvimento da planta é crucial a realização da inoculação, visto que estes microrganismos fornecem o nitrogênio as plantas, este que é o elemento mineral requerido em maiores quantidades e atua no crescimento e desenvolvimento das culturas.

O número de folhas (NF) não apresentou diferença significativa, mesmo com o aumento das dosagens de molibdênio, estes resultados corroboram com os de Matoso e Kusdra (2014) que aplicando molibdênio via semente não encontraram efeito significativo para a massa seca de raízes, da parte aérea, massa seca total da planta, número de nódulos e nitrogênio na parte aérea.

A possível causa de não haver diferença entre os tratamentos, foi a baixa temperatura na época da aplicação do micronutriente, o que reduziu o metabolismo da planta e consequentemente a absorção foliar, além do pH do solo ácido (Tabela 1). Nestas condições, de acordo com estudos de MALAVOLTA (1980) e SANTOS (1991), normalmente não há resposta significativa.

Tabela 4 - Valores médios de área foliar total por planta (AFTP), número de folhas (NF) das plantas de feijão-caupi, cv. IPA 207, em função de crescentes doses de molibdênio (Mo) associadas à presença e ausência de inoculante.

Variáveis	Dose de Molibdênio (g.ha ⁻¹)									
	0		50		100		150		200	
	Inoculante									
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
AFTP (cm ²)	1159,5a	720,75b	1125,0a	805,50a	849,50a	700,75a	1161,25a	999,50a	953,75a	953,75a
NF	30,0a	22,5a	30 ^a	23,25a	21,0a	20,25a	29,0a	25,5a	25,5a	27,0a

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2021)

Os valores de quadrado médio para as variáveis: índice de área foliar (IAF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e altura de inserção da primeira vagem (AIPV) encontram-se na Tabela 7. Onde se observa a significância da interação das dosagens de molibdênio associadas com o inoculante, apenas para a variável altura de inserção da primeira vagem (AIPV). Além disso, também são mostrados na tabela 7, os valores de quadrado médio das doses de molibdênio (Mo) interagindo com o inoculante para todas as variáveis citadas.

Tabela 5 - Quadro de análise de variância dos valores médios de: índice de área foliar (IAF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), e altura de inserção da primeira vagem (AIPV) em função de crescentes doses de molibdênio (Mo) associadas à presença e ausência de inoculante.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		IAF (m ² /M ²)	AP (cm)	DC (cm)	AIPV (cm)
Inoculante	1	0,100000 ^{ns}	2,500000 ^{ns}	0,001000 ^{ns}	28,900000 ^{ns}
Dose Mo	4	0,087500 ^{ns}	1,750000 ^{ns}	0,573500 ^{ns}	14,850000 ^{ns}
Inocu.*Dose de Mo	4	0,162500 ^{ns}	14,250000 ^{ns}	0,313500 ^{ns}	72,275000 ^{**}
Bloco	3	0,166667 ^{ns}	36,566667*	1,187667 ^{ns}	65,766667 ^{**}
Erro	27	0,129630	9,825926	0,887667	12,859259
Total	39	-	-	-	-
CV(%)		31,31	7,60	13,17	11,74

CV = Coeficiente de variação; GL = Grau de liberdade; ** Significativo a 1% de probabilidade;

*Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo, respectivamente, pelo teste F. Fonte: Autores (2021).

A Tabela 8 mostra os valores médios de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e índice de área foliar (IAF), em função das dosagens crescentes de molibdênio associadas à inoculação com rizóbio, para estas variáveis os tratamentos não diferiram estatisticamente.

Os resultados corroboram os obtidos por Guareschi; Perin et al. (2009) que também não obtiveram resposta do Mo sobre a altura de plantas de feijão comum. Rossi et al., (2012) testando doses de cobalto e molibdênio foliar, em quantidades que variaram de 0 a 180 g.ha⁻¹, aplicadas em estádios semelhantes (R1 e V4) na cultura da soja, também não obtiveram resultados significativos na massa de 100 grãos e altura de plantas além de outros parâmetros.

Observou-se numericamente que as médias dos diâmetros do caule (DC), diferiram dos valores obtidos por Souza et al., (2014) que encontraram média do diâmetro de caule em torno de 1,5 cm, respectivamente, ao final do ciclo da cultura.

Tabela 6 - Valores médios de índice de área foliar (IAF), diâmetro do caule (DC) e altura de planta (AP) de feijão-caupi, cv. IPA 207, em função de crescentes doses de molibdênio (Mo) associadas à presença e ausência de inoculante.

Variáveis	Dose de Molibdênio (g.ha ⁻¹)									
	0		50		100		150		200	
	Inoculante									
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
IAF (m ² /m ²)	1,5a	1,0a	1,25a	1,0a	1,0a	1,0a	1,25a	1,25a	1,0a	1,25a
DC (mm)	7,25a	7a	7,5a	7,75a	7,25a	6,75a	7,0a	7,05a	6,75a	7,25a
AP (cm)	41,5a	41,5a	40,75a	41,5a	42,75a	39,50a	41,5a	42,25a	38,5a	42,75a

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2021).

Na tabela 9, a análise de regressão para a variável altura de inserção da primeira vagem (AIPV), mostra a significância do modelo de regressão quadrático a 5% de probabilidade para o tratamento com inoculante rizobiano.

Tabela 7 - Análise de regressão para avaliar o efeito causado pela aplicação de crescentes doses de molibdênio via foliar, interagindo com a presença e ausência de inoculante sobre a altura de inserção da primeira vagem de plantas de feijão-caupi, cv. IPA 207.

Modelo testado	Quadrado médio	
	Com	Sem
Linear	22,50000ns	48,40000ns
Quadrática	56,000000*	44,642857ns

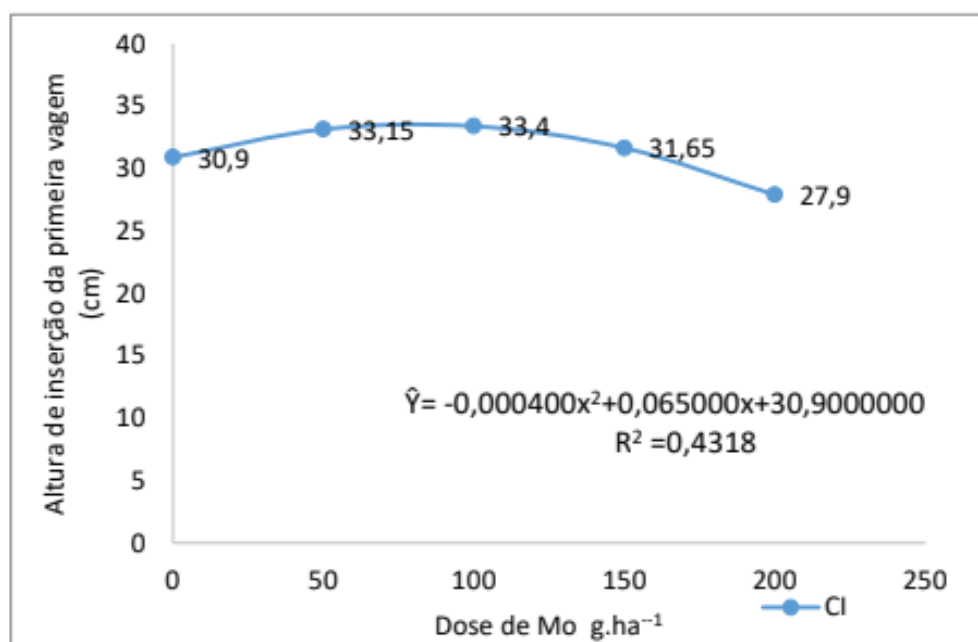
** : significativo a 1%, * : significativo a 5% e ^{ns}: não significativo, respectivamente, pelo teste F. Fonte: Autores (2021).

A altura de inserção da primeira vagem apresentou resposta quadrática com o aumento das dosagens de molibdênio; de acordo com a equação de regressão a dose que proporcionou a maior altura de inserção da primeira vagem foi de 81,25 g.ha⁻¹ de molibdênio, que refletiu em uma altura de vagem de 33,53cm.

De acordo com Silva (2008), para uma colheita mecanizada com baixo percentual de perda de grãos, são necessárias plantas de feijão-caupi com porte ereto, vagens mais altas em relação ao solo, uniformidade de maturação e resistência ao acamamento. Kappes et al., (2008) atribuem a altura de inserção da primeira vagem como sendo a característica mais importante para o processo da colheita mecanizada, uma vez que quanto maior o número de vagens inseridas abaixo da altura de corte da colhedora, maior será a perda por área.

Segundo Queiroz et al., (1981) a altura de inserção da primeira vagem deve ser de no mínimo 13cm, para que se reduza as perdas durante a colheita. Assim, com relação à média dos valores absolutos da altura de inserção da primeira vagem, independente dos tratamentos aplicados (Figura 10), constata-se que não há limitações para a colheita mecânica do feijão-caupi cv. IPA 207.

Figura 2 - Altura de inserção da primeira vagem (cm) de plantas de feijão-caupi, cv. IPA 207, em função de crescentes doses de molibdênio (Mo) associadas á presença do inoculante rizobiano.



Fonte: Autores (2021)

4 CONCLUSÃO

1- A inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* influenciou positivamente o desenvolvimento do feijão-caupi cv. IPA 207, proporcionando maior índice de área foliar às plantas;

2- A interação das dosagens de molibdênio com o inoculante influenciou na altura de inserção da primeira vagem;

3- A dose de máxima eficiência agronômica estimada a ser aplicada com o inoculante, foi de 81,25 g.ha⁻¹ de molibdênio.

5 REFERÊNCIAS

- ALVES, J.M.; GUIMARÃES, E.C.; ALVES, J.S.; JACOB NETO, J. Aplicação foliar de molibdênio em caupi (*Vigna unguiculata* (L.)). **Revista Ciências da Vida**, v.22, n. 2, p. 193- 197, 2002.
- CAVALCANTI, F.J. de A. (Coord.). Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª. aproximação. 3 ed. rev. Recife: IPA, 2008. 154 p.
- COSTA, A.F. da; SOUZA, M. da C.M.; CANUTO, V.T.B.; COITINHO, R.L.B. de;
- TAVARES, J.A.; FONSECA, M.A.C. Miranda IPA 207, Nova Cultivar de Feijão-Caupi para o Nordeste Brasileiro. Nota Científica-Melhoramento Vegetal. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.18, n.1, p.39-43, 2013. <http://dx.doi.org/10.12661/pap.2013.008>.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição e crescimento. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Tradução de Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta**, p. 251-286, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERNANDES JÚNIOR, P. I. F.; REIS, V. M. **Algumas limitações à fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2008.
- GUARESCHI, R. F & PERIN, A. Efeito do Molibdênio nas culturas da soja e do feijão via adubação foliar. **Global Science and Technology**. v.2, n.3, p. 08-15, 2009.
- GRIS, E.P.; CONTE, A.M.; OLIVEIRA, F.F. Produtividade da soja em resposta à aplicação de molibdênio e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.29, p.151-155, 2005.
- HANSEL, F. D.; DE OLIVEIRA, M. L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **Informações agronômicas** nº 153. International Plant Nutrition Institute, São Paulo, 2016.
- HUNGRIA, M.; STACEY, G. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.819-830, 1997.
- KAPPES, C.; WRUCK, F. J.; CARVALHO, M. A. C. de; YAMASHITA, O. M. Feijão comum: características morfoagronômicas de cultivares. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9. 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 506-509.
- MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J. M.; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) 42 sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, v. 28, p. 1-273, 1978.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica: Ceres, p.251, 1980.
- MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, 2014.
- MESCHEDE, D. K.; BRACCINI, A. L.; BRACCINI, M. C. L.; SCAPIM, C. A.;
- SCHUAB, S. R. P. Rendimento, teor de proteínas nas sementes e características agronômicas das plantas de soja em resposta à adubação foliar e ao tratamento das sementes com molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum Agronomy**,

v. 26. n. 2, p.139-145, 2004.

MOREIRA, F. M. DE S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006, p. 729.

NASCIMENTO, S. P. do. **Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.

PACHECO, R. S. **Fixação Biológica de Nitrogênio em Cultivares de Feijoeiro Estimada pela Abundância Natural de ¹⁵N**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, p.38. 2014.

QUEIROZ, E.F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E.; PEREIRA, L.A.G.; BIANCHETTI, A.;

TERAZAWA, F.; PALHANO, J.B.; YAMASHITA, J. Recomendações técnicas para a colheita mecânica. In: MIYASAKA, S., MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p.701-10.

REIS, E.M (Org.). **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004, 316 p.

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. L. M.; BALDANI, V.L.D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI,

J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. (ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. SBCS, Viçosa, 2006. 154-194p.

ROBERTS, E. H.; SUMMERFIELD, R. J.; MINCHM, F. R.; KATRINE, A. S.;

STEWART, W. INDUNGURU, B. J. Effects of air temperature on seed growth and maturation in cowpea (*Vigna unguiculata*). **Annals of Applied Biology**, v. 90, n. 3, p. 437- 446, 1978.

SANTOS, O. S. dos. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). Micronutrientes na agricultura, Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p. 191-217, 1991.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do; SATOS, J. W. dos. Método para

determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1. 2004.

SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.N. **Soja: molibdênio e cobalto**. Embrapa Soja, 32p. Documentos, 322, 2010.

SILVA. S. M. de S. e; FREIRE FILHO, F. R. **Proteínas de feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: caracterização e aplicação nutricional**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 20 p., 1999.

SOUSA, Geocleber Gomes et al. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@ mbiente on-line**, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

SILVA, J. G. da Altura de corte das plantas e perda de feijão com colhedora automotriz axial. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9. 2008, Campinas.

Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 1 CD-ROM. (IAC. Documentos, 85).

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; M. MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre : Artmed, 2017. 354 p.

VERDCOURT, B. **Studies in the leguminosae: papilionoideae for the 'Flora of tropical East Africa'**. Kew Bulletin, London, v. 24, p. 507-569, 1970.

YOKOTA, K., HAYASHI, M. Function and evolution of nodulation genes in legumes.

Cellular and Molecular Life Sciences, v.68, p. 1341-1351, 2011.

ZHANG, W. T. et al. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Biology and Fertility of Soils**, 2007.

ZILLI, J.E.; XAVIER, G.R.; MOREIRA, F.M.S.; FREITAS, A.C.R. & OLIVEIRA, L.A.

Fixação biológica de nitrogênio. In: . **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**.

Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009. p.185-221.

ZILLI, J. É.; MARSON, L.C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão- caupi em Roraima Contribution of rhizobia strains to cowpea development and grainin. **Acta Amazonica**,v. 39, n.4 p. 749-758, 2006.

ZILLI, J.É.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. **BR 3262**: nova estirpe de *Bradyrhizobium* para a inoculação de feijão-caupi em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 7p. (Embrapa Roraima. Comunicado técnico, 10).