

Crescimento de feijão-caupi cultivado em Plintossolo Pétrico Concrecionário

Marcio Nikkel^{1*}, Saulo de Oliveira Lima¹, Marciane Cristina Dotto¹, Eduardo Andrea Lemus Erasmo¹

¹Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Rua Badejós, Lote 7, Chácara 69/72, Zona Rural, CEP 77402-970, Caixa Postal 66, Gurupi, Tocantins, Brasil.

*Email autor correspondente: markel.26@hotmail.com
Artigo enviado em 12/02/2021, aceito em 01/06/2021

Resumo: Os Plintossolos com a presença de cascalho de petroplintita nos horizontes superficiais do solo apresentam características indesejadas do ponto de vista agrônomo. Logo, o feijão-caupi, *Vigna unguiculata*, é considerado uma planta rústica a qual consegue se desenvolver em condições adversas no contexto nutricional e hídrico do solo. Diante disso, o objetivo do trabalho foi de avaliar o desenvolvimento do feijão-caupi cultivado em solo com e sem concreções de petroplintita. Dois tratamentos, solo com concreções de petroplintita e solo sem concreções foram montados. Trocas gasosas foram determinadas e a parte aérea e radicular foram separadas, secas e pesadas. Os resultados foram comparados por meio de teste de Wilcoxon independente e Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade. Transpiração, condutância estomática e temperatura foliar, mostraram diferença estatística aos 45 dias após a emergência (DAE) com menores valores no feijão cultivado em solo sem petroplintita. O feijão cultivado em solo com petroplintita apresentou maior massa seca radicular e menor relação parte aérea radicular. Os resultados demonstram que cascalhos de petroplintita interferiram nas trocas gasosas e sistema radicular do feijão-caupi, mas que a espécie se mostrou rústica, capaz de se desenvolver em um ambiente radicular adverso.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, restrição radicular, petroplintita.

Growth of cowpea cultivated in Concretionary Petric Plinthosol

Abstract: The Plinthosols with the presence of petrified plinthite gravel on the superficial soil layer show unwanted soil characteristics by the agronomic point of view. In this sense, cowpea, *Vigna unguiculata*, is considered a strong crop that succeeds to grow in unfavorable conditions, by the means of soil nutritional and hydric context. Thereby, the objective of this work was to evaluate the growth of cowpea cultivated under soil with and without plinthite ironstones gravel. Two treatments, soil with plinthite ironstones and soil without plinthite ironstones were assembled. Gas exchanges were determined and aerial and root system were separated, dried and weight. The results were compared by independent Wilcoxon and Kruskal-Wallis test at 5% of probability. Transpiration, stomatal conductance and leaf temperature showed statistical significance at 45 days after emergence (DAE) with lower values on cowpea cultivated in soil without plinthite ironstones. Cowpea grown on soil with plinthite ironstones showed higher root dry mass and lower value on shoot root ratio. The results demonstrate that plinthite ironstone concretions interfered on the gas exchange and root system of cowpea, but that the species proved be a rustic crop, capable to grow in an adverse root environment.

Keywords: *Vigna unguiculata*, root restriction, plinthite ironstones.

Introdução

Plintossolos são solos minerais, formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, geralmente mal ou imperfeitamente drenados, com expressiva plintitização, com ou sem petroplintitas (Embrapa, 2018). Plintita é uma formação proveniente da mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro, ou ferro e alumínio, com grãos de quartzo e outros minerais. Já petroplintita, após ciclos repetitivos de umedecimento e ressecamento sofre consolidação vigorosa, tornando-se pétrico de modo irreversível (Embrapa, 2018). Azevedo e Bueno (2017) comentam que apesar das características indesejáveis do ponto de vista agrônomo, como maior desgaste de implementos agrícolas, agricultura nesta ordem de solo, quando apresenta caráter concrecionário, não chega a ser um impeditivo, pois espécies de interesse econômico, como soja e feijão, (Nikkel e Lima, 2019) as quais requerem considerável mecanização agrícola, são cultivadas. Contudo, a produtividade pode ser menor, quando comparado ao cultivo em outras ordens de solo, como Latossolos, por exemplo.

Uma vez que o sistema radicular de plantas que se desenvolvem em um ambiente adverso, como seca, por exemplo, apresentam maior direcionamento de fotoassimilados às raízes a fim de estimular o crescimento para camadas mais profundas (Franchini et al., 2017), plantas cultivadas em solo concrecionário, com concreções de petroplintita nas camadas superiores do solo, podem estar sendo impedidas de crescer livremente, requerendo assim maior quantidade de fotoassimilados.

Considerada como espécie rústica para se desenvolver em solos pobres e

resistente à estresse hídrico, o feijão-caupi, *Vigna unguiculata*, é uma leguminosa muito cultivada no semi-árido brasileiro (Rocha et al., 2017) e região Norte do Brasil (Miqueloni et al., 2018). Em geral, o feijão-caupi é constituído de um sistema radicular formado por raiz principal pivotante, que apresenta eixo principal, partindo deste, ramificações secundárias e terciárias (Cavalcante et al., 2009). Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com feijão-caupi, os quais visam observar o comportamento da leguminosa frente a obstáculos de natureza, como estresse salino e déficit hídrico (Gomes Filho et al., 2019; Meira et al., 2020; Guimarães et al., 2020). Porém, há escassez de estudos quanto às limitações físicas e fisiológicas desta cultura, quando cultivada em solos da ordem dos Plintossolos. Neste sentido, o estudo teve como objetivo, avaliar e comparar o desenvolvimento do feijão-caupi cultivado em solo com concreções petroplintita e na ausência destas.

Material e métodos

O estudo foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizado na região sul do estado do Tocantins a 11° 43' S e 49° 04' W, a 280 m de altitude. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é tropical de savana (Aw) (Dubreuil et al., 2018), cuja temperatura média anual é de 27° C com precipitação média anual de 1.500 mm, sendo verão chuvoso, inverno seco e elevado déficit hídrico entre os meses de maio a setembro.

O solo foi descrito e classificado (Tabela 1) como Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico litoplântico (Embrapa, 2018).

Tabela 1. Características morfológicas do solo estudado em Gurupi, TO.

Profundidade (m)	Horizonte	Textura	Cor úmida	Estrutura		
				Tipo	Classe	Grau
0,0 - 0,27	Ac	franco-argilo-arenosa-casc.	7,5YR 3/3	fraca	muito pequena	granular
0,27 - 0,44	ABc	argilo-arenosa casc.	7,5YR 4/4	fraca	muito pequena	granular
0,47 - 1,38	Btc	argila casc.	5YR 5/8	fraca blocos subangulares que se desfaz em fraca muito pequena granular		
1,38 - 1,50 +	F	-	2,5YR 4/4	muito casc.	maciça	

⁽¹⁾ casc = cascalhenta. Fonte: Autores (2019).

Amostras de solo foram coletadas em área nativa na camada 0,0 - 0,20 m. Parte do solo foi peneirado em peneira com malha até 3,10 mm a fim de separar as concreções mais grosseiras de petroplintita.

Na Tabela 2 constam valores da granulometria do solo coletado e a sua respectiva composição de concreções no solo.

Tabela 2. Granulometria de Plintossolo Pétrico coletado na camada 0 - 0,20 m, em Gurupi, TO.

Abertura malha (mm)	12,00	10,00	7,93	6,39	4,00	3,10	< 3,10
Peso ¹ (g 1000 g ⁻¹)	4,24	6,636	38,75	103,27	362,4	159,4	325,35
%	0,42	0,66	3,87	10,33	36,24	15,94	32,54

¹ Os valores se referem ao peso das concreções retidas nas peneiras. Fonte: Autores (2019).

Em amostras de solo frações maiores que 2 mm de diâmetro foram retiradas, de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 2017) para análises físico-químicas. A análise textural mostrou que o solo possui 645 g kg⁻¹ de areia, 50 g kg⁻¹ de silte e 305 g kg⁻¹ de argila. Foi feita a incubação de solo para neutralização do Al, elevação do pH e suprimento de Ca e Mg na quantidade de calcário de 0,82 Mg ha⁻¹.

Os dois tratamentos, solo sem concreções de petroplintita e solo com concreções, com oito repetições, foram adubados com base na recomendação de

Ribeiro et al. (1999) com 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ cuja fonte foi superfosfato simples e 30 kg ha⁻¹ de K₂O com cloreto de potássio como fonte. Para o experimento, sacos plásticos com volume de 14 L foram preenchidos com solo e posteriormente semeados com sementes de feijão-caupi cv BRS Novaera (Guimarães et al., 2020) com cinco sementes por saco. Aos sete dias após a emergência (DAE) fez-se o desbaste, deixando apenas 1 planta por saco plástico. O plantio foi conduzido em época de chuva, contudo, irrigação suplementar foi realizada quando a precipitação fora insuficiente (chuva a cada dois dias) de modo que o solo

chegasse a 80% da capacidade de campo. Realizou-se uma aplicação de Tiametoxam e Lambda-cialotrina aos 33 DAE para controle da larva minadora (*Liriomyza* spp).

Aos 45 e 58 DAE, em estágio vegetativo pleno, foi feita a aferição das trocas gasosas, dentre elas: condutância estomática (gs) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de concentração interna de CO_2 (Ci) e temperatura foliar (Tleaf) ($^{\circ}\text{C}$) utilizando analisador de gás infravermelho LI-6400 (LI-COR, Lincoln, NE, EUA). As leituras foram realizadas entre 9:00 e 10:00 horas, em folha de trifólio localizado no terço médio da planta. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência no uso da água (Eua) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação (EIC) (A/C_i) (Cordão et al., 2018). Foi utilizado um nível de irradiância saturante de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), com temperatura calibrada a 28°C , dentro da câmara de medida, que abrange uma área foliar de seis cm^2 ($2 \times 3 \text{ cm}$).

Aos 78 DAE o experimento foi encerrado e a parte aérea e o sistema radicular foram separados, lavados e colocados em estufa de secagem com circulação forçada a 65°C durante 72 h. Após esse período, as massas secas foram pesadas em balança de precisão.

Partiu-se diretamente para uma estratégia não paramétrica de análise dos dados em função do menor número de amostras (Torman et al., 2012; Le Boedec, 2016). As médias foram comparadas por meio de teste de Wilcoxon para amostras independentes ao nível de 5% de probabilidade e as análises fatoriais foram realizadas por meio do teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade. Ambos os testes foram realizados utilizando o

suplemento ActionStat (Periotto e Gualtieri, 2017) para Excel (Microsoft, 2018).

Resultados e discussão

A Tabela 3 mostra as trocas gasosas de *Vigna unguiculata* coletadas aos 45 e 58 DAE cultivado em Plintossolo Pétrico. A condutância estomática (gs), aos 45 DAE, os valores apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$). O feijão cultivado em solo com plintita obteve $1,69 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ao passo que o feijão cultivado em solo sem petroplintita mostrou $1,39 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de gs. Na segunda leitura não houve diferença estatística. Em relação à evolução das variáveis avaliadas entre os períodos, não houve diferença estatísticas dos 45, já aos 58 DAE, o feijão cultivado em solo com petroplintita aumentou sua condutância estomática de $1,39 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $1,74 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Terceiro et al. (2016), estudando o comportamento fisiológico do feijão-caupi, frente a competição com *Cyperus rotundus* acrescido de compactação de solo e na ausência desta em vasos, perceberam menores valores de gs quando o ambiente era de restrição radicular e mato-competição. Contudo, plantas sob condições de estresse anaeróbico apresentam limitações nas trocas gasosas pelo fechamento estomático, causado pela baixa disponibilidade de oxigênio que pode afetar a condutância estomática, diminuindo a perda de água pela transpiração (Padilha et al., 2016). Uma vez que os solos neste experimento foram conduzidos em vaso, a estrutura natural do solo foi comprometida, isso quer dizer, a relação macro e microporosidade tem comportamento diferente ao encontrado à campo (Stefanoski et al., 2013).

Tabela 3. Médias da condutância estomática (Gs), fotossíntese líquida (A), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (Ci), temperatura foliar (Tleaf), eficiência no uso de água (Eua) e eficiência instantânea da carboxilação (EIC) em plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) cultivado em solo com e sem concreções de petroplintita aos 45 e 58 DAE em Gurupi, TO.

		Solo com Petroplintita		Solo sem Petroplintita		
unidade		45 DAE		58 DAE		p-valor
Gs	mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	1,69	a A	1,39	b B	0,02
		1,84	a A	1,74	a A	0,72
		p-valor	0,40		0,02	
A	μmol m ⁻² s ⁻¹	18,22	a A	17,5	a A	0,27
		18,44	a A	18,64	a A	0,87
		p-valor	0,80		0,07	
E	mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	8,62	a A	7,88	b B	0,0002
		9,18	a A	8,59	a A	0,57
		p-valor	0,24		0,008	
Ci	mmol CO ₂ mol ⁻¹	198,04	a B	197,17	a A	0,38
		206,73	a A	195,92	b A	0,001
		p-valor	0,01		0,50	
Tleaf	°C	30,11	a B	29,63	b B	0,0003
		30,69	a A	30,37	a A	0,72
		p-valor	0,03		0,0007	
Eua	mmol CO ₂ mol H ₂ O ⁻¹	2,11	a A	2,22	a A	0,10
		2,01	a A	2,17	a A	0,27
		p-valor	0,50		0,75	
EIC		0,092	a A	0,089	a A	0,70
		0,089	a A	0,095	a A	0,16
		p-valor	0,60		0,14	

Médias minúsculas seguidas por letras iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Wilcoxon independente a 5 % de probabilidade e letras maiúsculas seguidas por letras iguais nos dias de

avaliação de cada solo não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5 % de probabilidade. Fonte: Autores (2019).

O solo sem petroplintita pode ter disposto de uma menor infiltração de água quando comparado ao solo com petroplintita, com concreções de petroplintita maiores que 2 mm de diâmetro, ou seja uma taxa de infiltração mais rápida, ao passo que o solo sem petroplintita, maior adsorção de água, o que pode ter sido o causador da menor abertura estomática constatada nas plantas cultivadas em solo sem petroplintita.

Os valores da fotossíntese líquida (A) não apresentaram diferença entre os solos nem mesmo em relação aos períodos avaliados. Esperava-se diferença significativa de A, com valores maiores no feijão cultivado em solo sem petroplintita, uma vez que estresses nas plantas tendem a interferir nos valores de fotossíntese líquida, como observaram Dutra et al. (2015) quando cultivaram feijão-caupi sob estresse hídrico, mas o que não pôde ser observado claramente neste experimento.

A transpiração (E), por sua vez, mostrou diferença estatística aos 45 DAE. O feijão cultivado em solo com petroplintita revelou maiores valores de transpiração, com valores de 8,62 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹, já o feijão cultivado em solo sem petroplintita obteve 7,88 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹ (Tabela 3). Em relação à evolução dos valores entre os períodos em cada solo, a transpiração aumentou dos 45 DAE (7,88 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) aos 58 DAE (8,59 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) no feijão cultivado em solo sem petroplintita. O aumento na transpiração das plantas, no decorrer do dia, se deve, sobretudo, à inabilidade de alguns vegetais em absorver água suficiente para repor aquela consumida no processo transpiratório, estas variações são reflexos da alta demanda evaporativa e de diversos processos

metabólicos das plantas na interação entre estes fatores (Taiz et al., 2017). O fato do feijão cultivado em solo sem petroplintita revelar valores menores de E, pode ser um indício de que este grupo de plantas teve mais facilidade em extrair água do solo, quando comparado àqueles cultivados em solo com petroplintita, observado aos 45 DAE. Azevedo e Bueno (2017) ao classificarem solos a fim de avaliar potencialidades e limitações agrícolas de quatro solos em Chapadinha, MA, entre eles Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico, observaram que o solo era bem drenado. Os pesquisadores descrevem que aos 48 cm de profundidade, o solo apresentou petroplintita com dimensões de cascalho, ocupando mais de 50% do volume do solo. Uma vez que o solo deste experimento é concrecionário, cascalhos foram encontrados na camada 0 - 20 cm, como revelou a Tabela 1, isso indica menor retenção de água nas camadas superficiais do solo, o que pode ser uma explicação para os valores de transpiração mais altos no feijão cultivado em solo com petroplintita, possivelmente com menor quantidade de água retida no solo.

A concentração interna de CO₂ (Ci) não apresentou diferença estatística entre os tratamentos aos 45 DAE. Contudo, aos 58 DAE, houve diferença estatística entre os valores, onde o feijão cultivado em solo com petroplintita revelou maiores valores, 206,73 mmol CO₂ mol⁻¹, ao passo que o feijão cultivado em solo sem petroplintita apresentou 195,92 mmol CO₂ mol⁻¹. Em relação à evolução dos valores em cada solo, a Ci aumentou no feijão cultivado em solo com petroplintita. Aos 45 DAE o valor de Ci foi de 198,04 mmol CO₂ mol⁻¹ para 206,73 mmol CO₂ mol⁻¹ aos 58 DAE. Não houve diferença estatística no feijão cultivado em solo sem petroplintita.

Valores menores de Ci estimulam a abertura dos estômatos, permitindo maior entrada de CO₂ para a cavidade subestomática, por outro lado, menor abertura estomática, induzida por maiores concentrações de CO₂, reduzem as perdas de água por transpiração através dos estômatos (Walter et al., 2015; Ajala et al., 2017).

No que diz respeito à temperatura da folha (Tleaf), houve diferença significativa aos 45 DAE. O feijão-caupi cultivado em solo com petroplintita obteve maiores valores (30,11°C) que o feijão cultivado em solo sem petroplintita (29,63°C). Em relação à evolução dos valores em cada solo, houve diferença significativa em ambos. No feijão cultivado em solo com petroplintita, a temperatura se elevou de 30,11°C para 30,69°C. No feijão cultivado em solo sem petroplintita, a temperatura aumentou de 29,63°C para 30,37°C. Taiz et al. (2017) comentam que durante o estresse térmico por calor, as plantas aumentam a condutância estomática, que esfria suas folhas pela transpiração, já quando ocorre simultaneamente com a seca, estresse hídrico, os estômatos são fechados, provocando uma elevação da temperatura foliar, o que neste estudo foi difícil de ser observado.

Os valores de eficiência no uso de água (Eua) não tiveram diferença nem nas avaliações entre os períodos como entre os solos. A relação entre a fotossíntese e a transpiração determina

a eficiência instantânea no uso de água (Eua), onde, os valores observados relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa, por cada unidade de água que perde (Ribeiro et al., 2018).

Os valores de eficiência instantânea da carboxilação (EIC) também não tiveram diferença estatística significativa nem nas avaliações entre os períodos como entre os solos. Dutra et al. (2015), ao avaliar as trocas gasosas de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes níveis de deficiência hídrica no semiárido encontrou valores eficiência instantânea da carboxilação (EIC) parecidos, variando de 0,089 à 0,067 mol m⁻² s⁻¹.

A Tabela 4 apresenta as médias da massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação parte aérea parte radicular (MSA MSR⁻¹) de *Vigna unguiculata* cultivado em solo com e sem petroplintita. Pode-se observar que não houve diferença estatística (p<0,05) na MSA e MST. Já em relação à MSR e MSA MSR⁻¹, as diferenças foram significativas a 5% de probabilidade. O feijão cultivado em solo sem petroplintita apresentou menor valor de MSR (16,44 g) quando comparado com feijão cultivado em solo com petroplintita (18,39 g). Em relação a MSA MSR⁻¹, o feijão cultivado em solo sem petroplintita apresentou maior relação, 6,19; já o feijão cultivado em solo com petroplintita, foi menor, apresentando relação de 4,65.

Tabela 4. Médias (em g) de massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação parte aérea radicular (MSA.MSR⁻¹) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) cultivado aos 78 DAE cultivado em solo com e sem concreções de petroplintita em Gurupi, TO.

	MSA	MSR	MST	MSA MSR ⁻¹
Solo com petroplintita	85,75 a	18,39 a	104,15 a	4,65 b
Solo sem petroplintita	103,31 a	16,44 b	119,75 a	6,19 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Wilcoxon independente a 5 % de probabilidade; CV: MSA, 30%; MSR, 9%; MSR, 25%; MSA MSR⁻¹, 29%. Fonte: Autores (2019).

Lynch (2015; 2018) comenta que em condições de estresse hídrico ou nutricional a planta tende a produzir maior proporção de sistema radicular em relação à parte aérea, contudo, os custos metabólicos são consideráveis, haja vista que uma maior relação raiz parte aérea significa que cada unidade de área tem mais tecido não fotossintético para sustentar, o que reduz a taxa de crescimento total da planta.

Relacionando os valores das trocas gasosas com os resultados da massa seca da parte aérea, pode-se observar que a condutância estomática foi menor, em ambas as coletas, no feijão cultivado em solo sem petroplintita. A diminuição da condutância estomática é um mecanismo que visa diminuir perdas de água, mas que traz como consequência queda na fotossíntese, o que não pôde ser observado no experimento. Com menor fotossíntese, a produção de massa seca deveria ser menor, o que não foi observado, pois o feijão cultivado em solo sem petroplintita não mostrou diferença estatística significativa quando comparado ao feijão cultivado em solo com petroplintita. Contudo, ao observar a relação da massa seca da parte aérea com a radicular, nota-se que houve diferença estatística entre os tratamentos, com maior valor no feijão cultivado em solo sem petroplintita, possivelmente causada pela menor massa seca radicular obtida. Deve-se observar que a transpiração foi maior no feijão cultivado em solo com petroplintita, na primeira coleta, mesmo com valores de concentração interna de CO₂ maiores, ao menos aos 58 DAE, quando comparado ao feijão cultivado em solo sem petroplintita, visto que, valores menores estimulam a abertura estomática, para maior entrada de CO₂ na folha (Walter et al., 2015; Ajala et al., 2017), o que não foi observado. Ao

observar os valores de MSA MSR⁻¹, que foi maior em plantas cultivadas em solo sem petroplintita, apesar da rusticidade da espécie, há indícios de que mais fotoassimilados produzidos pelas plantas cultivadas em solo com petroplintita tenham sido direcionados ao sistema radicular à fim de compensar a dificuldade física provocada pelas concreções de petroplintita.

Conclusões

O solo com petroplintita exerceu influência sobre o desenvolvimento vegetal de *Vigna unguiculata*, principalmente na condutância estomática, transpiração, concentração interna de CO₂, temperatura foliar e massa seca radicular.

O feijão-caupi demonstra ser uma planta rústica capaz de se desenvolver em um solo com restrição física.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

AJALA, M. C.; HORBACH, M. A.; SCHULZ, D. G.; MALAVASI, U. C.; DE MATOS MALAVASI, M. Morphometry and stomatal conductance in seedlings of woody species as a function of irrigation frequency. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 3, p. 342-346, 2017.

AZEVEDO, J. R.; BUENO, C. R. P. Potencialidades e limitações agrícolas de solos em assentamento de reforma agrária no município de Chapadinha-

- MA. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 3, p. 1-13, 2017.
- CAVALCANTE, S. N.; DUTRA, K. O. G.; MEDEIROS, R.; LIMA, S. V.; SANTOS, J. G. R.; ANDRADE, R.; MESQUITA, E. F. Comportamento da produção do feijoeiro macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp) em função de diferentes dosagens e concentrações de biofertilizante. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1, p. 10-14, 2009.
- CORDÃO, M. A.; ARAÚJO, W. P.; PEREIRA, J. R.; ZONTA, J. H.; DE LIMA, R. F.; FERREIRA, F. N. Cultivares de algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico aplicado em fases fenológicas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, p. 313-321, 2018.
- DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; NETO, J. L. S. A. Les types de climats annuels comme marqueurs du changement climatique au Brésil de 1964 a 2015. **Revista franco-brasileira de geografia**, v. 37. n.1, p. 406-411, 2018.
- DUTRA, A. F.; DE MELO, A. S.; FILGUEIRAS, L. M. B.; DA SILVA, Á. R. F.; DE OLIVEIRA, I. M.; BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n.2, p. 189-197, 2015.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA. 2017. 573 p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA. 2018. 590 p.
- FRANCHINI, J. C.; JUNIOR, A. A. B.; DEBIASI, H.; NEPOMUCENO, A. L. Root growth of soybean cultivars under different water availability conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 715-724, 2017.
- GOMES FILHO, A.; RODRIGUES, E. N.; RODRIGUES, T. C.; SANTOS, V. J. N.; ALCÂNTARA, S. F.; DE SOUZA, F. N. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi cv. BRS Pajeú. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 4, p. 60-73, 2019.
- GUIMARÃES, D. G.; OLIVEIRA, L. M.; GUEDES, M. O.; FERREIRA, G. F. P.; PRADO, T. R.; AMARAL, C. L. F. Desempenho da cultivar de feijão-caupi BRS Novaera sob níveis de irrigação e adubação em ambiente protegido. **Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 29, n. 1, p. 61-75, 2020.
- LE BOEDEC, K. Sensitivity and specificity of normality tests and consequences on reference interval accuracy at small sample size: a computer-simulation study. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 45, n. 4, p. 648-656, 2016.
- LYNCH, J. P. Root phenes that reduce the metabolic costs of soil exploration: opportunities for 21st century agriculture. **Plant, Cell & Environment**, v. 38, n. 9, p. 1775-1784, 2015.
- LYNCH, J. P. Rightsizing root phenotypes for drought resistance. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n. 13, p. 3279-3292, 2018.
- MEIRA, A. L.; SANTANA, T. M.; AMORIM, Y. F.; DA SILVA, J. O.; MIGUEL, D. L.; AMARAL, C. L. F. Parâmetros genéticos na seleção de feijão-caupi sob estresse hídrico em cultivo protegido. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 2, p. 81-98, 2020.

- MICROSOFT. **Microsoft Office Excel**. Version 16.0. Redmond: Microsoft Corporation. 2018.
- MIQUELONI, D. P.; DOS SANTOS, V. B.; LIMA, S. R.; MESQUITA, D. N.; FURTADO, S. D. S. F. Descrição e discriminação de variedades crioulas de feijão-caupi na Amazônia Ocidental brasileira. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 5, p. 49-61, 2018.
- NIKKEL, M.; LIMA, S. O. Análise espacial da textura do solo em área irrigada no centro-norte do Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 4, p. 338-346, 2019.
- PADILHA, N. D. S.; SILVA, C. J. D.; PEREIRA, S. B.; SILVA, J. A. N. D.; HEID, D. M.; BOTTEGA, S. P.; SCALON, S. D. P. Q. Initial growth of physic nut submitted to different water regimes in dystrophic haplustox. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 513-521, 2016.
- PERIOTTO, F.; GUALTIERI, S. C. J. Germinação e desenvolvimento inicial de *Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg (Myrtaceae) em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 743-752, 2017.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG. 1999. 359 p.
- RIBEIRO, J. E. D. S.; BARBOSA, A. J. S.; LOPES, S. D. F.; PEREIRA, W. E.; ALBUQUERQUE, M. B. D. Seasonal variation in gas exchange by plants of *Erythroxylum simonis* Plowman. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 2, p. 287-296, 2018.
- ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; MENEZES JUNIOR, J. A. Importância econômica. In: BASTOS, E. A. (Ed.). **Cultivo de Feijão-Caupi**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017.
- STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Soil use and management and its impact on physical quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- TERCEIRO, E. S.; PESSÔA, U. C. M.; SOUZA, A. S.; SOARES FILHO, A. A.; PIMENTA, T. A. Aspectos fisiológicos do feijão-caupi e crescimento de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) sob competição em solo compactado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 14-22, 2016.
- TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normality of variables: diagnosis methods and comparison of some nonparametric tests by simulation. **Revista Hospital das Clínicas de Porto Alegre**, v. 32, n. 2, p. 227-234, 2012.
- WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; STRECK, N. A. Mecanismos de aclimação das plantas à elevada concentração de CO₂. **Ciência Rural**, v.45, n. 9, p. 1564-1571, 2015.