



Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de girassol submetido à adubação com resíduo orgânico

Maria da Conceição Freitas MOURA^{1*}, Alek Sandro DUTRA¹, Rosilene Oliveira MESQUITA¹,
Maria Lilian dos Santos SILVA¹, Eveline Nogueira LIMA¹

¹Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.
(ORCID: *; 0000-0002-4298-383x; 0000-0002-6310-8196; 0000-0002-3903-5476; 0000-0001-8504-4683)
*E-mail: ceicaomoura@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-5737-7509)

Recebido em 06/11/2019; Aceito em 04/04/2020; Publicado em 24/04/2020.

RESUMO: A adubação orgânica proporciona melhor aproveitamento do solo e menos impacto ambiental. Estudos relacionados com constituintes orgânicos ricos em potássio sobre cultivares de girassol se fazem necessários, pois o potássio é um nutriente que tem grande influência sobre a produção de aquênios. Dessa forma, a pesquisa teve como objetivo avaliar as características fisiológicas e bioquímicas de dois cultivares de girassol submetidos à adubação com resíduo orgânico de elevado teor potássico. O experimento empregado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4+2 sendo dois cultivares de girassol (BRS 122 e BRS 323), quatro doses do resíduo orgânico (0, 40, 80 e 120 Kg ha⁻¹) mais o cloreto de potássio na dosagem de 60 Kg.ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de variância, com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade para comparação de médias e análise de regressão. Realizou-se medições da temperatura foliar e das taxas de fotossíntese, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂ e a relação entre a concentração interna e externa de CO₂, também se determinou a concentração dos N-aminosolúveis, das proteínas e dos carboidratos solúveis. Os resultados evidenciaram que não houve diferença significativa quanto aos tratamentos (resíduo orgânico e o cloreto de potássio), ou seja, o resíduo orgânico não influenciou na fisiologia dos cultivares de girassol, pode ser utilizado como fonte de potássio nessa cultura.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L.; potássio; trocas gasosas; solutos orgânicos.

Physiological and biochemical responses of sunflower cultivars submitted the fertilization with organic residue

ABSTRACT: The organic fertilizer has provided best soil use and less environmental impact, studies related to organic constituents rich in potassium on sunflower cultivars is necessary, because potassium is a nutrient that has great influence on the production of achenes. Thus, the research aimed to evaluate the physiological and biochemical characteristics of two sunflower cultivars submitted to fertilization with organic residue of high potassium content. The experiment was a randomized block in factorial scheme 2x4+2 with two sunflower cultivars (BRS 122 e BRS 323), four doses of organic residue (0, 40, 80 e 120 Kg ha⁻¹) more potassium chloride at a dose of 60 kg. ha⁻¹ for both cultivars. The data were submitted to analysis of variance with Tukey test at 5% probability to compare averages and regression analysis. Measurements was performed in the leaf temperature and of the photosynthetic rates, transpiration, stomatal conductance, internal CO₂ concentration and internal and external ratio of carbon, also determined the concentration of N-aminosolúveis, protein and soluble carbohydrate. The results showed that there was no significant difference between treatments (organic residue and potassium chloride), that is, the organic residue does not influence the physiology of sunflower cultivars, can be used as a potassium source in this culture.

Keywords: *Helianthus annuus* L.; potassium; gas exchange; organic solutes.

1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma espécie vegetal de ciclo anual pertencente à família Asteraceae, sendo considerada uma oleaginosa com potencialidade para a geração de energia renovável, em razão da excelente qualidade do óleo extraído da semente para ser utilizado na produção do biocombustível (DICKMANN et al., 2005). A cultura se destaca por ser uma espécie produtora de grãos e forragem e que apresenta uma fácil adaptação aos diversos ambientes (LIRA et al., 2011). Destacando-se ainda como

opção para os produtores no sistema de rotação de culturas. Interfere na fertilidade do solo, proporcionando uma elevada capacidade de ciclagem de nutrientes e uma reduzida taxa de exportação dos mesmos (FEITOSA et al., 2013). A cultura do girassol tem despertado nos últimos anos um grande interesse a nível mundial, pelas características agrônômicas, tais como tolerância ao frio, a seca e pelas características qualitativas (SANTOS et al., 2012).

Vários estudos utilizando fontes orgânicas como adubação nas culturas vêm sendo estudadas, tais como os

realizados por Araújo et al. (2017) e Pedrosa et al. (2016). Porém, uma das alternativas de fontes orgânicas utilizadas como adubo para a cultura do girassol, seria o uso do subproduto gerado da indústria de torrefação do café, que através de análises químicas constatou-se que esse material, possui elevados índices minerais principalmente do potássio, que é um nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas.

O uso de fertilizantes de origem orgânica pode disponibilizar nutrientes para plantas e micro-organismos (KRAY et al., 2011), melhorar os atributos químicos e físicos do solo (SAMPAIO et al., 2012), pela adição de matéria orgânica, além de proporcionar maior reciclagem de nutrientes no solo pelas culturas, em relação ao uso da adubação mineral (MELO et al., 2011).

O girassol apresenta exigência quanto ao potássio, assim, a disponibilidade de potássio para a produção de girassol no solo deve ser de média a alta, já que, sua demanda é elevada. De acordo com Sfredo et al. (1984), o girassol extrai 40% mais K do que as culturas da soja e do milho. Conforme Hafsi et al. (2014) o potássio é um macronutriente que participa de muitos processos fisiológicos, tais como o ajustamento osmótico, fotossíntese, transporte e ativação enzimática nas plantas. Segundo Hussain et al. (2015) a adubação potássica ajuda a melhorar a produtividade e a qualidade das colheitas. O potássio é importante para o movimento de solutos via floema, tendo atuação indiretamente sobre o aumento da taxa de fotossíntese (KARLEY; WHITE, 2009).

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar características fisiológicas e bioquímicas de dois cultivares de girassol submetidos à adubação com resíduo orgânico de elevado teor potássico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Setor de Agricultura do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizado no Campus do Pici em Fortaleza/CE.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial $2 \times 4 + 2$, onde dois são os cultivares, quatro as doses do resíduo orgânico ($T_1=0$, $T_2=40$, $T_3=80$ e $T_4=120$ kg ha⁻¹) mais o tratamento adicional que foi o cloreto de potássio na dosagem de 60 kg ha⁻¹ para ambos os cultivares.

O preparo do solo da área experimental foi realizado de modo convencional, em que consistiu de aração e duas gradagens cruzadas; a semeadura foi feita com sementes de girassol dos cultivares BRS 122 e BRS 323, sendo a adubação realizada com base na análise do solo e exigência da cultura, seguindo a recomendação de Lira et al. (2011), usando como fonte de nitrogênio a ureia (60 kg ha⁻¹) parcelado em duas doses, a primeira em fundação no momento do plantio e a segunda aos 35 dias após o plantio em cobertura, a fonte de fósforo usada foi o superfosfato simples na dose de 80 Kg ha⁻¹ aplicado de uma única vez no momento do plantio; o plantio foi realizado em fileiras simples com espaçamento de 0,7 m entre linhas x 0,3 m entre plantas.

A área experimental foi constituída de 40 parcelas, com tamanho de 11,2 m², cada parcela experimental foi constituída de 48 plantas. Ambos os tratamentos tiveram quatro repetições que correspondem a quatro blocos.

Foram realizadas medições da temperatura foliar e das taxas de fotossíntese (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*), concentração interna de CO₂ (*C_i*) e relação entre a concentração interna e externa de CO₂ (razão *C_i/C_a*), em duas folhas totalmente expandidas do terço médio da planta aos 45 dias após a semeadura, utilizando-se o analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo Li - 6400XT (Portable Photosynthesis System - LI) da LICOR. Coletou-se aos 50 dias após a semeadura duas folhas do terço médio das plantas que em seguida foram liofilizadas e maceradas para a obtenção do extrato que foi usado na determinação do N-aminosolúveis, da concentração de proteínas e dos carboidratos solúveis.

A determinação do N-aminosolúveis foi realizada de acordo com o método de Yemm; Cocking (1955). Os teores de N-aminosolúveis foram estimados através de leituras de absorvância em 570 nm com base a uma curva padrão ajustada a partir de concentrações crescentes de glicina. Os teores de proteínas solúveis foram determinados de acordo com a metodologia de Bradford (1976) e os carboidratos solúveis, foram determinados de acordo com Dubois et al. (1956).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade para comparação de médias, utilizando-se o software ESTAT (ESTAT, 1994) e análise de regressão para as doses do resíduo orgânico, utilizando o SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS

Com base nos resultados obtidos relacionados à condutância estomática (*g_s*), a fotossíntese líquida (*A*), taxa transpiratória (*E*), a concentração interna do CO₂ (*C_i*), a relação entre a concentração interna e externa de CO₂ (razão *C_i/C_a*) e temperatura foliar (*T_F*), não houve diferenças significativas nos tratamentos com resíduo orgânico e cloreto de potássio. O mesmo resultado também foi verificado quando se analisou a interação cultivares e doses do resíduo orgânico, observou-se que nenhuma das variáveis analisadas diferiram estatisticamente em relação as doses e cultivares.

Para a condutância estomática (*g_s*), observou-se que a dose de 80 kg ha⁻¹ do resíduo orgânico apresentou um acúmulo de 1,19 mmol m⁻² s⁻¹ no cultivar BRS 122, já para a BRS 323, esse acúmulo se concentrou em torno de 1,25 mmol m⁻² s⁻¹, quando comparado ao tratamento adicional (60 kg ha⁻¹ de KCl), que apresentou valores de 1,09 mmol m⁻² s⁻¹ e 1,06 mmol m⁻² s⁻¹, respectivamente, conforme Figura 1.

Quanto a taxa de fotossíntese líquida (*A*) observou-se que para o cultivar BRS 122, as diferenças entre as plantas adubadas com o resíduo orgânico variaram de 41,31 μmol m⁻² s⁻¹ na dose de 80 kg ha⁻¹, para 38,70 μmol m⁻² s⁻¹ quando se utilizou o cloreto de potássio (Tabela 1). Analisando a BRS 323, verificou que a diferença da taxa fotossintética da dose de 80 kg ha⁻¹ e o tratamento adicional variaram em torno de 4,04 μmol m⁻² s⁻¹. Ao analisar os valores da condutância estomática da dose de 80 kg ha⁻¹ com o tratamento adicional, constatou-se que os valores foram maiores nas plantas adubadas com 80 kg ha⁻¹, sendo que a fotossíntese também apresentou valores maiores quando comparado ao tratamento adicional para ambos os cultivares.

Analisando a taxa transpiratória (*E*) entre os cultivares adubados com o resíduo orgânico em comparação aos adubados com o cloreto de potássio, verificou-se que a dose

mais favorável, foi a de 80 kg ha⁻¹ do resíduo orgânico, para ambos os cultivares, o comportamento da BRS 122 e a BRS 323, foram respectivamente de 19,41 a 14,86 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹ (Tabela 2). Quanto às plantas adubadas com o cloreto de potássio (trat. adicional) observaram que para a BRS 122, os valores foram de 14,55 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹ e para a BRS 323, os valores compreenderam uma faixa de 14,40 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹.

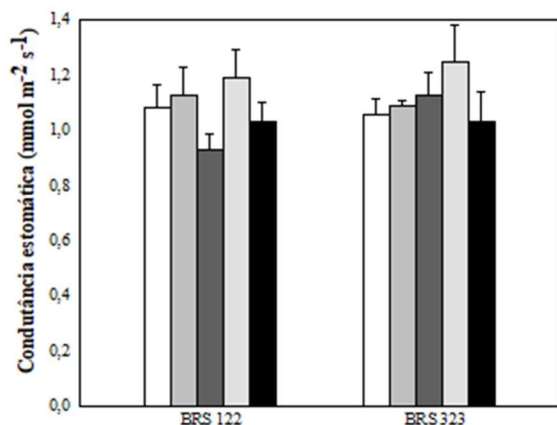


Figura 1. Valores da condutância estomática (gs) de folhas de cultivares de girassol. (branco: trat. adicional 60 kg ha⁻¹ de KCl; cinza, cinza escuro, cinza claro e preto: 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ do resíduo orgânico, respectivamente).

Figure 1. Stomatal conductance values (gs) of leaves of sunflower cultivars. (white: additional treatment 60 kg ha⁻¹ of KCl; gray, dark gray, light gray and black: 0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹ of organic waste, respectively).

Tabela 1. Fotossíntese líquida (A) de plantas de girassol em função da adubação orgânica e mineral.
Table 1. Liquid photosynthesis (A) of sunflower plants as a function of organic and mineral fertilization.

	Fotossíntese líquida (A) (μmol m ⁻² s ⁻¹)	
	BRS 122	BRS 323
80	41,31 A	40,50 A
Trat. adicional (60)	38,70 A	36,46 A

*Média seguida pela mesma letra não difere entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Taxa transpiratória de plantas (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) de girassol adubadas com resíduo orgânico e adubo mineral.
Table 2. Transpiratory rate (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) of sunflower plants fertilized with organic residue and mineral fertilizer.

	Taxa transpiratória (E)	
	BRS 122	BRS 323
80	19,41 A	14,86 A
Trat. adicional (60)	14,55 A	14,40 A

*Média seguida pela mesma letra não difere entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando as plantas que utilizaram o resíduo orgânico na dose de 80 kg ha⁻¹, observou-se que ambas apresentaram uma maior transpiração, quando comparado às plantas que utilizaram o cloreto de potássio como adubo, ou seja, uma maior transpiração culmina em maior perda de água pelas plantas.

Quanto a quantificação de N-aminosolúveis não houve diferença significativa dos tratamentos em relação às plantas adubadas com o KCl, porém, observa-se que as diferentes doses do resíduo orgânico, apresentaram valores menores quando comparado ao tratamento adicional, exceto para a

dose (0 kg ha⁻¹) no cultivar BRS 122, tal resultado pode estar associado com a característica genética do cultivar (Figura 2 A).

Ao analisar o tratamento adicional também não verificou diferenças entre ambos, porém, observa-se que o cultivar BRS 323, apresentou valores maiores do que a BRS 122 (Figura 2 A).

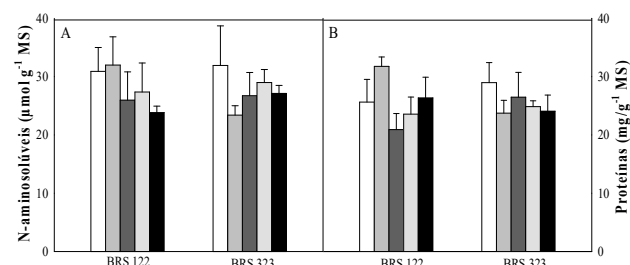


Figura 2. Concentração de N-aminosolúveis e proteínas em folhas de cultivares de girassol. (branco: trat. adicional 60 kg ha⁻¹ de KCl; cinza, cinza escuro, cinza claro e preto: 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ do resíduo orgânico, respectivamente).

Figure 2. Concentration of N-aminosolubles and proteins in leaves of sunflower cultivars. (white: additional treatment 60 kg ha⁻¹ of KCl; gray, dark gray, light gray and black: 0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹ of organic waste, respectively).

O mesmo padrão de comportamento foi verificado para os teores de proteínas solúveis totais (Figura 2 B) que foram estatisticamente iguais entre os tratamentos (doses do resíduo orgânico) e o tratamento adicional. Ao que se parece, todas as fontes de potássio aplicadas, são efetivamente absorvidas e utilizadas para a produção de aminoácidos e posteriormente proteínas. Em relação aos carboidratos solúveis não se observou significância entre os tratamentos comparando com o tratamento adicional (Figura 3).

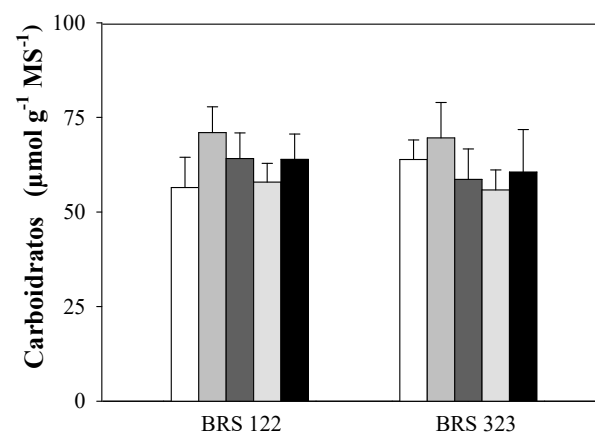


Figura 3. Concentração de carboidratos solúveis em folhas de cultivares de girassol. (branco: trat. adicional 60 kg ha⁻¹ de KCl; cinza, cinza escuro, cinza claro e preto: 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ do resíduo orgânico, respectivamente).

Figure 3. Concentration of soluble carbohydrates in leaves of sunflower cultivars. (white: additional treatment 60 kg ha⁻¹ of KCl; gray, dark gray, light gray and black: 0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹ of organic waste, respectively).

4. DISCUSSÃO

Estudos realizados por Gondim et al. (2015) avaliando efeitos de doses de esterco na presença e ausência da adubação mineral, nas trocas gasosas em plantas de

beterraba, verificaram superioridade na condutância estomática na presença da adubação mineral, fato este explicado pela presença do potássio. Assim, nesse estudo, o fato da dose de 80 kg ha⁻¹ ter apresentado valor maior na condutância estomática do que nas plantas adubadas com o cloreto de potássio se deve a quantidade adequada do potássio presente na adubação de 80 kg ha⁻¹. Porém, a quantidade de 120 kg ha⁻¹ apresentou uma baixa condutância em razão da quantidade superior da dose recomendada, e isso pode ter interferido na abertura e fechamento dos estômatos.

Prazeres et al. (2015) analisando o crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob salinidade e doses de potássio, verificaram que a condutância estomática das plantas de feijão-caupi foi crescente com o aumento das doses de potássio, fato este não observado no presente trabalho, pois a medida que a dose aumentou duas vezes a recomendada (120 kg ha⁻¹), a condutância estomática foi decrescente para os dois cultivares (Figura 1), porém não diferindo significativamente entre as demais doses e o tratamento adicional.

Conforme Catuchi et al. (2012), a adubação potássica aumentou a condutância estomática em soja, pelo fato de que o K pode conferir uma dinâmica adequada da condutância estomática às plantas, além de ser um elemento extremamente importante na ativação da função carboxilase da Rubisco, o que contribui para uma maior atividade fotossintética (Prado, 2008). O que observou-se nesse estudo, foi que a dose 80 kg ha⁻¹ apresentou valores elevados na condutância como também na fotossíntese líquida, assim, pode-se justificar que na dose recomendada, o potássio exerce de forma promissória sua atividade.

Segundo Epstein; Bloom (2006) o potássio é um dos nutrientes importantes para a planta, pois participa de processos como abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, transporte de carboidratos e respiração. Assim, o desbalanço do potássio ao interferir no metabolismo enzimático, pode alterar a atividade de algumas funções que são importantes para as plantas, logo, a quantidade do potássio aplicado à planta deve ser a que proporciona uma melhor atuação, ou seja, doses maiores ou menores podem ocasionar alterações no metabolismo de funcionamento dos vegetais.

Alguns estudos mostram que a deficiência de potássio interfere sobre as trocas gasosas das plantas, principalmente sobre a condutância estomática e a atividade da Rubisco (JIA et al., 2008). De acordo com Paiva et al. (2005), a condutância estomática regula as trocas gasosas e, portanto, possui relação direta com o processo fotossintético e consequente crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

A taxa de assimilação líquida do CO₂, a transpiração, a condutância estomática e a concentração intercelular de CO₂ são parâmetros correlacionado e que servem para diagnosticar alterações fisiológicas nas plantas quando submetidas a condições adversas como a baixa e a elevada quantidade de nutrientes (Gondim et al., 2015).

De acordo com Taiz; Zeiger (2013) o suprimento inadequado dos elementos essenciais às plantas causa distúrbios nos processos metabólicos o que resulta em funcionamento anormal das plantas.

Segundo Amaral et al. (2006) o monitoramento da dinâmica estomática permite compreender os processos fisiológicos, uma vez que os estômatos constituem a principal via de trocas gasosas entre a atmosfera e o interior do aparato

fotossintético. Estudos realizados por Jia et al. (2008) com plantas de arroz, observaram que a taxa fotossintética aumentou com o fornecimento adequado de potássio, em comparação às plantas sob deficiência desse nutriente, o que foi atribuído ao aumento da atividade de carboxilação da Rubisco. Mesmo não havendo diferenças estatísticas entre as doses utilizadas no estudo, mas pôde observar que a dose do resíduo orgânico mais próximo à recomendada (potássio inorgânico) promoveu uma melhor resposta em termos de avaliação fotossintética e taxa respiratória.

A redução da eficiência fotossintética pode ser atribuída a não abertura dos estômatos, pois o potássio tem um importante papel em manter a turgescência das células guardas, por outro lado a deficiência de potássio aumenta a concentração intracelular de CO₂ (CAVALCANTE et al. 2015).

A redução na taxa transpiratória, segundo Pinto et al. (2008), está também diretamente ligada à diminuição da condutância estomática. Conforme Machado et al. (2005) mesmo havendo menores aberturas estomáticas haverá a diminuição da transpiração, com consequente aumento da temperatura foliar. Este resultado também foi observado no presente estudo, pois as plantas do tratamento adicional apresentaram menores valores de condutância estomática, transpiração, fotossíntese e um crescente aumento da temperatura foliar, quando comparada as plantas adubadas com resíduo orgânico na dose de 80 kg ha⁻¹. Taiz; Zeiger (2013) ainda reforçam a informação acima, pois de acordo com esses autores o aumento de temperatura pode ser ocasionado pela redução da transpiração, consequência da redução na condutância estomática, demonstrando uma menor abertura dos estômatos, o que restringe a dissipação de calor juntamente com a perda de vapor d'água.

Como as trocas gasosas são reguladas através do movimento estomático, a absorção de CO₂ externo promove uma maior transpiração, da mesma forma, a redução da transpiração limita a entrada de carbono na câmara subestomática (SHIMAZAKI et al., 2007), assim, é necessário que as plantas absorvam o máximo de CO₂ com o mínimo de perda de água (TAIZ; ZEIGER, 2013). Ainda segundo Taiz; Zeiger (2013), as variações significativas nas trocas gasosas dos vegetais são influenciadas pelas condições climáticas, entretanto, o suprimento nutricional possui estreita relação com variações nas trocas gasosas.

Segundo Prado (2008), o potássio é um nutriente importante para a formação de carboidratos das folhas e tem papel fundamental na translocação destes assimilados para as diversas partes da planta. Em estudos realizados por Nascimento et al. (2014), analisando os carboidratos solúveis totais em folhas e raízes de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas à supressão de N, P e K, observaram que não houve diferenças significativas entre os tratamentos com relação a análise das folhas, verificaram somente a diferença significativa para o teor de carboidratos nas raízes, os autores poderão verificar que com a omissão de potássio, houve maior acúmulo de carboidratos no sistema radicular.

Em plantas desprovidas de potássio, os carboidratos começam a acumular nos cloroplastos e isto leva a um declínio da fase bioquímica da fotossíntese (KARLEY; WHITE, 2009). De acordo com Epstein; Bloom (2005) o acúmulo de carboidratos nas folhas e o declínio na fotossíntese são indicativos de deficiência de potássio. Pois verificou-se neste estudo que o tratamento que não houve

adubação com fonte potássica apresentou os maiores valores de carboidratos quando comparado a dose de 60 kg ha⁻¹ e aos demais tratamentos (Figura 3).

5. CONCLUSÕES

A adubação com o resíduo orgânico não influenciou a fisiologia das plantas de girassol, o mesmo apresentou desempenho igual ao cloreto de potássio, pode então ser utilizado como fonte potássica nessa cultura.

6. AGRADECIMENTOS

A empresa Três Corações pelo fornecimento do resíduo orgânico e a FUNCAP pela concessão da bolsa.

7. REFERÊNCIAS

- AMARAL, J. A. T. do; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000300002>
- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. S.; GONÇALVES, E. A.; ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/2318-7670.v05n01a03>
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, n. 1/2, p. 248-254, 1976. DOI: <https://dx.doi.org/10.1006/abio.1976.9999>
- CATUCHI, T. A.; GUIDORIZZI, F. V. C.; GUIDORIZZI, K. A.; BARBOSA, A. M.; SOUZA, G. M. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 519-527, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000400007>
- CAVALCANTE, V. S.; PRADO, R. M.; ALMEIDA, H. J.; CRUZ, F. J. R.; SANTOS, D. M. M. Gaseous exchanges, growth and foliar anatomy of sugarcane plants grown in potassium (K) deprived nutrient solution. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 7, p. 577-584, 2015.
- DICKMANN, L.; CARVALHO, M. A. C.; BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P. Comportamento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a estresse salino. **Revista de Ciências Agro-ambientais**, Alta Floresta, v. 3, p. 64-75, 2005.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 392 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Sinauer Associates, 2005. 400 p.
- ESTAT. **Sistema para análises estatísticas** (v. 2.0). Jaboicabal: Departamento de Ciências Exatas, FCAV-UNESP, 1994.
- FEITOSA, H. O.; FARIAS, G. C.; SILVA JÚNIOR, R. J. C.; FERREIRA, F. J.; ANDRADE FILHO, F. L.; LACERDA, A. F. Influência da adubação borácica e potássica no desempenho do girassol. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 4, n. 3, p. 302-307, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- GONDIM, A. R. O.; SANTOS, J. L. G.; LIRA, R. P. L.; BRITO, M. E. B.; PEREIRA, F. H. Atividade fotossintética da beterraba submetida a adubação mineral e esterco bovino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 2, p. 61-65, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i2.3438>
- HAFSI, C.; DEBEZ, A.; ABDELLEY, C. Potassium deficiency in plants: effects and signaling cascades. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, p. 1055-1070, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s11738-014-1491-2>
- HUSSAIN, A.; ARSHAD, M.; AHMAD, Z.; AHMAD, H. T.; AFZAL, M.; AHMAD, M. Potassium fertilization influences growth, physiology and nutrients uptake of maize (*Zea mays* l.). **Cercetări Agronomice în Moldova**, Iași, v. 68, n. 1, p. 37-50, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.1515/cerce-2015-0015>
- JIA, Y.; YANG, X.; ISLAM, E.; FENG, Y. Effects of potassium deficiency on chloroplast ultrastructure and chlorophyll fluorescence in inefficient and efficient genotypes of rice. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 31, n. 12, p. 2105-2118, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/01904160802459625>
- KARLEY, A. J.; WHITE, P. J. Moving cationic minerals to edible tissues: potassium, magnesium, calcium. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v. 12, n. 3, p. 291-298, 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.013>
- KRAY, C. H.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A.; BORTOLON, L.; ANDREAZZA, R.; GIANELLO, C. Avaliação da aplicação de composto de lixo urbano e lodo de esgoto em dois solos diferentes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 119-125, 2011.
- LIRA, M. A.; CARVALHO, H. W. L.; CHAGAS, M. C. M.; BRISTOT, G.; DANTAS, J. A.; LIMA, J. M. P. **Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino**, EMPARN: Natal- RN, 2011. 40 p.
- MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200002>
- MELO, A. V.; GALVÃO, J. C. C.; BRAUN, H.; SANTOS, M. M.; COIMBRA, R. R.; SILVA, R. R.; REIS, W. F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 411-420, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p411>

- NASCIMENTO, H. H. C.; PACHECO, C. M.; LIMA, D. R. M.; SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Aspectos ecofisiológicos de mudas de *Hymenaea courbaril* L. em resposta a supressão de N, P e K. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 315-328, 2014.
- PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido à diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000100018>
- PEDROSA, T. D.; ASCOLI, C. A.; VIOLA, M.; PAIXÃO, G. C.; REIS, V. P.; AMARAL, A. G.; REZENDE, F. A.; SCHNEIDER, R. M. Ciclagem de nutrientes por meio da transformação de resíduos em fertilizante orgânico. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 1, p. 19-24, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670>
- PINTO, C. de M.; TAVORA, F. J. F. A.; BEZERRA, M. A.; CORRÊA, M. C. de M. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 429-436, 2008.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Ed. UNESP, 2008. 407 p.
- PRAZERES, S. da S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAÚJO, I. C. da S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@mbiente on-line**, Boa vista, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2161>
- SAMPAIO, T. F.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C.; HELIODORO, J. C. A.; RONCHI, H. S.; TANGANELLI, K. M.; CARVALHO, N. C.; OLIVEIRA, F. C. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1637-1645, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500028>
- SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; CAPONE, A.; FERRAZ, E. C.; FIDELIS, R. R. Efeito de épocas de semeadura sobre cultivares de girassol, no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 199-206, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000100025>
- SFREDO, G. J.; CAMPO, R. J.; SARRUGE, J. R. **Girassol: nutrição mineral e adubação**. Embrapa-CNPSO, Londrina, 1984. 36 p. (Circular técnica, 8)
- SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 58, n. 6, p. 219-247, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105434>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.
- YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of aminoacids with ninhydrin. **Analyst**, Glasgow, v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955.