

ÍNDICES FISIOLÓGICOS DO GIRASSOL EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM BIOCARVÃO E NPK¹

Guilherme de Freitas Furtado², Lúcia Helena Garófalo Chaves³, Leandro de Pádua Souza¹, José Raimundo de Sousa Junior⁴, Geovani Soares de Lima⁵, Jônatas Raulino Marques de Sousa¹

RESUMO

A utilização de fontes alternativas de biomassa pode contribuir para manutenção das propriedades do solo e, portanto, para a produção de energia sustentável e alimentos. Objetivou-se avaliar o efeito da adubação com biocarvão de cama de frango em combinação com fertilizante mineral, nos índices fisiológicos do girassol cv. Embrapa122/V 2000. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido da UAEAg/CTRN/UFCG em vasos com capacidade para 20 dm³ sob delineamento experimental inteiramente casualizado, com tratamentos arranjados em esquema fatorial (5 x 4) e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de adubação mineral: D1=0, D2=25%, D3=50%, D4=75% e D5=100% da indicação de adubação com NPK (100; 300 e 150 mg kg⁻¹) e quatro doses de biocarvão de cama de frango: B1=0; B2=5% (400g/vaso); B3=10% (800g/vaso) e B4=15% (1100g/vaso), calculadas com base no volume de solo. A adubação com 50% da recomendação de NPK (50:150:75 mg kg⁻¹) promoveu os maiores valores de área foliar (AF) aos 60 DAS, produção de fitomassa de folhas, de caule, de capítulo e da parte aérea. A aplicação de doses crescentes de biocarvão promoveu a redução da AF, da razão de área foliar (RAF) e da área foliar específica (AFE).

Palavras-chave: biomassa, *Helianthus annuus* L., nutrição mineral

PHYSIOLOGICAL INDEX OF SUNFLOWER IN FUNCTION OF FERTILIZATION WITH BIOCHAR AND NPK

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor;

²Doutorando, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. E-mail: gfreitasagro@gmail.com, engenheiropadua@hotmail.com, jonatasraulyno@gmail.com;

³Dra. Profª. UAEAg, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. E-mail: lhgarofalo@hotmail.com;

⁴Mestre, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. E-mail: jrssjunior@gmail.com;

⁵ Dr. Pesquisador, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. E-mail: geovanisoareslima@gmail.com

ABSTRACT

The use of alternative fonts of biomass can contribute to improve the soil properties, and therefore energy production sustainable and foods. The objective study evaluate the effect of fertilization with biochar of chicken litter in combination with mineral fertilizer on fisiological index of sunflower cv. Embrapa122/V 2000. The experiment carried out in greenhouse of UAEAg/CTRNUFCG in pots with a capacity of 20 dm³ under completely randomized design, with treatments arranged in a factorial 5 x 4 with four replicates. The treatments consisted of five doses of mineral fertilizer D1= 0, D2= 25%, D3= 50%, D4= 75% and D5= 100% fertilization recommendation with NPK (100; 300 and 150 mg kg⁻¹) and four doses of biochar of chicken litter: B1=0; B2=5% (400g/pot); B3=10% (800g/pot) e B4=15% (1100g/pot), calculated based on the volume of soil. Fertilization with 50% NPK recommendation (50: 150: 75 mg kg⁻¹) promoted the highest values of Leaf area (LA) at 60 DAS, phytomass production of leaves, stem, chapter and aerial part. The application of increasing doses of biochar promoted a reduction of LA, leaf area ratio (LAR) and specific leaf area (SLA).

Keywords: biomass, *Helianthus annuus* L., mineral fertilization

INTRODUÇÃO

A utilização de tecnologias que aperfeiçoem a produção agrícola com menor impacto ambiental tornou-se o desafio do novo milênio. Nesse sentido, cita-se o uso de biocarvão, que conforme Madari et al. (2012) sua produção está entre as únicas tecnologias de biocombustíveis disponíveis, que podem contribuir para a melhoria ou manutenção das propriedades do solo e, portanto, para a produção de energia sustentável e alimentos.

Resultado do processo de pirólise rápida ou lenta, o biocarvão ou “biochar”, é um composto orgânico, produzido por diversas fontes vegetais, como, esterco bovino, lodo de esgoto e resíduos de culturas com a finalidade de aplicação ao solo, melhorando suas características físico-químicas (LEHMANN, 2007). O processo de pirólise consiste na degradação térmica da biomassa, na ausência ou em baixas concentrações de O₂ para produzir vapores condensáveis, gases e carvão vegetal. Entretanto, dependendo das condições de pirólise empregadas e do material utilizado pode haver grande variabilidade de suas propriedades físico-químicas (MUKHERJEE; LAL, 2013).

Diversas pesquisas mencionam os efeitos benéficos da adubação com biocarvão sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além de proporcionar maior

acúmulo de biomassa e produtividade das culturas (KOOKANA et al., 2011; COOMER et al., 2012; THOMAS et al., 2013; JIEN; WANG, 2013).

Destaca-se no Brasil o uso de cama de frango para a produção de biocarvão em virtude da alta produção gerada por ano que, conforme Corrêa e Miele (2011) está em torno de 6,8 milhões de m³. Costa et al. (2009) ressaltam que a cama de frango é uma alternativa de grande viabilidade no uso agrícola por estar disponível nas propriedades, a baixo custo. Utomo et al. (2012) verificaram melhorias da fertilidade do solo especialmente aumento do teor de carbono orgânico, N, K e CTC do solo com a aplicação de biocarvão de cama de frango.

Nesse sentido, estudos envolvendo a utilização de biocarvão de cama de frango na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) sobressaem em importância, visto que é uma cultura de grande importância econômica, estando entre as quatro maiores culturas produtoras de óleo vegetal comestível do mundo. Para semiárido brasileiro, o girassol destaca-se por apresentar ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e pelo fotoperíodo (FEITOSA et al., 2013). Destacando-se também na alimentação animal, através dos restos culturais e subprodutos gerados na extração do óleo,

(NOBRE et al., 2011). Ademais, as faixas de aplicação do biocárvão são variáveis, a depender do tipo de solo, da qualidade do resíduo e da cultura utilizada.

Ante o exposto, objetivou-se avaliar o efeito da adubação com biocárvão de cama de frango em combinação com fertilizante mineral (NPK), sobre os índices fisiológicos do girassol cv. Embrapa 122/V2000.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), situada nas coordenadas geográficas de 7°13'11'' latitude sul e 35°53'31'' longitude oeste e altitude de 547,56 m. Adotou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com tratamentos arranjados em esquema fatorial (5 x 4), com quatro repetições, sendo os tratamentos compostos pela combinação de cinco doses de adubação mineral [D1=0, D2=25%, D3=50% D4=75% e D5=100%] da indicação de adubação com NPK (100; 300 e 150 mg kg⁻¹) para ensaios conforme Novais et al. (1991) e quatro doses de biocárvão de cama de frango [B1=0; B2=5% (400g/vaso); B3=10% (800g/vaso) e

B4=15% (1100g/vaso)], calculadas com base no volume de solo (JIEN; WANG, 2013) totalizando 20 tratamentos e 80 unidades experimentais.

Utilizou-se como fontes de NPK, respectivamente, ureia, monoamônio fosfato (MAP) e cloreto de potássio (KCl), sendo aplicado no tratamento com 100% de recomendação 1,41 g de ureia; 13,64 g de MAP e 5 g KCl por vaso. O MAP foi aplicado a cada sete dias a partir de 25 dias após a semeadura (DAS); KCl foi aplicado aos 30; 45 e 60 DAS e a ureia foi aplicada aos 50 DAS. O biocárvão foi incorporado ao solo e deixado em incubação por um período de 20 dias. Realizou-se também adubação foliar aos 40 DAS, utilizando-se Ubyfol® (micronutrientes) numa proporção de 0,5 kg de adubo foliar para 100 litros de água.

A semeadura e a condução das plantas foram feitas em recipientes plásticos de 20 dm³ de capacidade, preenchidos com 20 kg de solo classificado como Neossolo Quartzarênico, proveniente do município de Campina Grande, PB e retirado na camada de 0-20 cm, cujos atributos químicos foram determinados conforme metodologia proposta pela Embrapa (2011) (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no experimento

pH (H ₂ O)	pH _{es}	M.O.	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al
-	-	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-----cmolc kg ⁻¹ -----				
6,4	5,8	4,8	4,6	2,10	2,57	0,14	0,06	4,05
CE _{es}	Cl _{es}	CO ₃ ²⁻ _{es}	HCO ₃ ⁻ _{es}	Ca ²⁺ _{es}	Mg ²⁺ _{es}	Na ⁺ _{es}	K ⁺ _{es}	RAS
dS m ⁻¹	-----mmolc L ⁻¹ -----							
0,22	1,0	0,0	1,2	0,25	1,50	0,70	0,19	0,75

O biocárvão foi produzido a partir do processo de pirólise convencional aquecendo-se o material à 450°C durante 0,5 hora sob pressão atmosférica, utilizando-se como resíduo cama de frango e tendo como atributos químicos, conforme metodologia

proposta pela Embrapa (2009): pH (H₂O) = 10,1; N = 42,31 g kg⁻¹; P = 32,56 g kg⁻¹; K⁺ = 48,56 g kg⁻¹; Ca²⁺ = 57,75 g kg⁻¹; Mg = 12,40 g kg⁻¹; Na = 14,37 g kg⁻¹; Fe = 137 mg kg⁻¹; Cu = 812 mg kg⁻¹; Zn = 700 mg kg⁻¹; Mn = 862 mg kg⁻¹.

A fim de analisar a salinidade do biocarvão, a seguinte metodologia empírica foi adotada: 12,5 gramas de biocarvão foi colocado com 125 mL de água destilada em um tubo de polietileno, com um dreno parcialmente fechado com algodão, de modo a evitar a percolação de biocarvão. O líquido drenado foi analisado quimicamente, apresentando os seguintes resultados: pH

(H₂O) = 9,39; CE (dSm⁻¹) = 8,87; P = 56,9 mg L⁻¹; K = 9,6 mg L⁻¹; Ca = 3020,2 mg L⁻¹; Mg = 88,4 mg L⁻¹; Na = 465,1 mg L⁻¹.

No final do experimento realizou-se a análise de salinidade nas unidades experimentais a fim de verificar os efeitos do biocarvão sobre os atributos químicos do solo utilizado, conforme metodologia proposta pela Embrapa (2011) (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios dos atributos químicos do solo cultivado com girassol em função de doses de biocarvão de cama de frango

Atributos	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
Extrato de saturação (mmolc L ⁻¹)				
pH _{ps}	5,98	7,07	7,90	8,28
CE _{es} (dS m ⁻¹)	3,31	7,28	9,50	9,32
Cloreto (Cl ⁻)	33,32	47,73	50,44	50,43
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	2,44	2,95	5,36	7,09
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	P	P	P	P
Cálcio (Ca ²⁺)	7,04	7,63	3,82	3,97
Magnésio (Mg ²⁺)	28,13	35,44	26,98	22,84
Sódio (Na ⁺)	16,98	31,03	37,01	34,71
Potássio (K ⁺)	4,23	24,11	44,00	51,66
RAS	4,05	6,69	9,43	9,48

B₁= 0; B₂ 400 g/vaso; B₃ = 800 g/vaso; B₄ = 1100g/vaso; pH_{ps} - pH da pasta de saturação; CE_{es}- Condutividade elétrica do extrato de saturação; RAS- Razão de adsorção de sódio

A semeadura foi realizada colocando-se três sementes de girassol, cultivar Embrapa 122/V2000, por vaso, sendo que aos 20 DAS, após o desbaste, foi mantida uma planta por vaso.

As irrigações foram realizadas diariamente utilizando-se água pluvial. O volume de água aplicado (V_a) foi mensurado através do consumo de água pelas plantas sob 100% da evapotranspiração real (E_{Tr}), conforme a equação 1, sendo obtido pela diferença entre a média do peso dos recipientes em condição de máxima retenção de água (P_{cc}), e o peso médio dos recipientes na condição de não-saturação (peso atual) (P_a), dividido pelo número de recipientes (n). A máxima retenção de água foi obtida saturando-se os vasos até drenagem livre e aferindo-se o peso nessa condição.

$$V_a = \frac{P_{cc} - P_a}{n} \quad (1)$$

Aos 30 e 60 DAS foram avaliados área foliar (AF), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE). A AF foi mensurada pelo método não destrutivo, empregando a metodologia proposta por Maldaner et al. (2009), conforme a equação 2.

$$AF = 1,7582 \times L^{1,7067} \quad (2)$$

Em que,
AF - área foliar (cm²);
L - largura da folha (cm), aferindo-se na porção mediana do limbo foliar.

A RAF foi determinada a através da relação entre a área foliar (AF) e a fitomassa da parte aérea (FPA), de acordo com a equação 3 (BENINCASA, 2004).

$$RAF = \frac{AF}{FPA} \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

A AFE foi determinada através da razão entre a área foliar (AF) e a fitomassa das folhas (FF) conforme Benicasa (2004) (Equação 4).

$$AFE = \frac{AF}{FF} (\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}) \quad (4)$$

As variáveis Fitomassa do caule (FC), fitomassa das folhas (FF), fitomassa da parte aérea (FPA) e fitomassa do capítulo (FCap), foram avaliadas após a colheita (100 DAS), mediante secagem em estufa de circulação de ar forçado a 65°C até atingir massa constante e pesagem em balança de precisão.

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F, em nível de 5% e 1% de probabilidade e, nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática

utilizando-se do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resultados do teste 'F' verifica-se efeito significativo da adubação com NPK na área foliar (AF) aos 60 dias após a semeadura (DAS), fitomassa de folhas (FF), fitomassa do caule (FC), fitomassa do capítulo (FCap), fitomassa da parte aérea (FPA) (Tabela 3). Tais resultados estão relacionados à baixa demanda nutricional do girassol na fase vegetativa. Observa-se também efeito significativo da adubação com biocárvão de cama de frango para as variáveis de AF aos 30 e 60 DAS, da RAF e AFE.

Tabela 3. Resumo do teste 'F' para área foliar (AF) aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), fitomassa de folhas (FF), fitomassa do caule (FC), fitomassa do capítulo (FCap), fitomassa da parte aérea (FPA) em função de 5 doses de NPK e 4 doses de biocárvão de cama de frango

Fontes de Variação	Teste F							
	AF (cm ²)		RAF	AFE	FF	FC	FCap	FPA
	30 DAS ¹	60 DAS						
Doses (D)	ns	**	ns	ns	**	**	**	**
Biocárvão (B)	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
D x B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	29,59	31,99	23,61	24,23	34,19	38,10	33,02	33,02

(**), (*); (ns) significativos a (p ≤ 0,01) e (p ≤ 0,05) e não significativo, respectivamente

¹análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{X}

A dose de 50% da recomendação de adubação com NPK promoveu, aos 60 DAS, um incremento na área foliar (AF) de 28,90% (1285,83 cm²) em relação ao tratamento sem adubação (D0) (914,22 cm²). A partir da dose de 50% (D3) houve uma redução de 30,14% em relação às plantas que receberam a dose de 100% da recomendação (898,22 cm²) (Figura 1a). A maior disponibilidade de nutrientes proporciona maior crescimento vegetal e, conseqüentemente, maior expansão do limbo foliar. Entretanto, quando foi aplicada a dose de 100% da recomendação ocorreu redução

muito acentuada em relação à dose máxima estimada. Esse resultado pode estar relacionado a recomendação de adubação realizada, ter sido realizada com base na massa de solo do vaso, o que pode ter proporcionado uma dose acima das exigências da cultura. De acordo com Ali e Noorka (2013) a combinação 135 kg de N e 75 kg ha⁻¹ de P promoveu incremento de AF do girassol, obtendo o valor máximo de 5813,24 cm², uma vez que o cultivo foi no campo irrigado, utilizando o híbrido Hysun-33 na região Sargodha-PK.

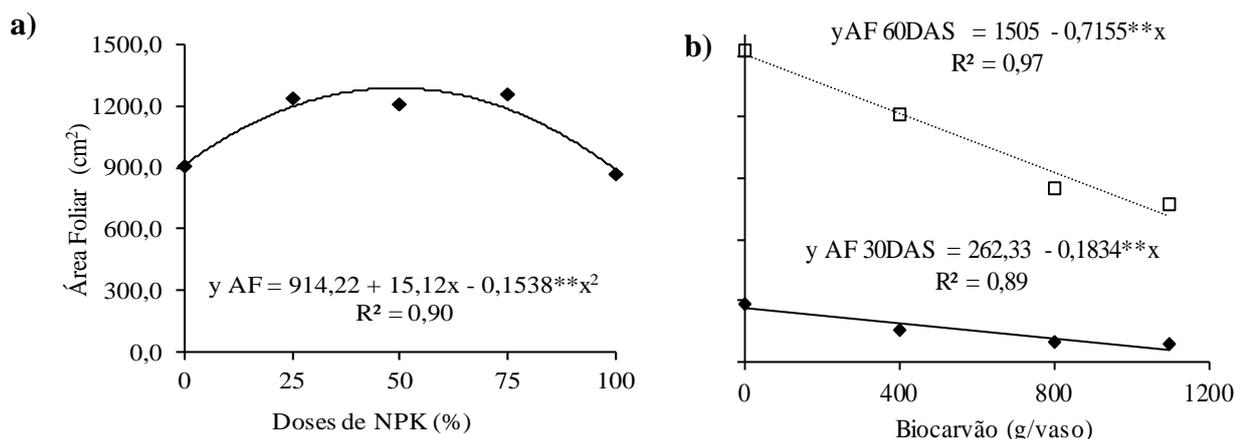


Figura 1. Área foliar do girassol aos 60 DAS em função de doses de NPK - (a) e aos 30 e 60 DAS em função de doses de biocarvão de cama de frango (b)

Aos 30 e 60 DAS a área foliar do girassol reduziu linearmente em função do incremento das doses de biocarvão (Figura 1b), sendo, respectivamente, os menores valores de 60,59 e 717,95cm² com a dose e 1100 g/vaso. Observou-se também que a adubação com biocarvão promoveu redução de 76,90 e 52,29% respectivamente, aos 30 e 60 DAS, quando comparadas a menor e a maior dose. Tais resultados podem ser atribuídos ao efeito do excesso de sais presentes no solo (Tabela 2) que, conforme Taiz e Zeiger (2013) podem promover alterações na fisiologia vegetal as quais são, muitas vezes, acompanhadas por modificações morfológicas e anatômicas como, por exemplo, redução do crescimento e de sua área foliar, estando esses associados, sobretudo à redução da pressão de turgor, a qual interfere nos processos de alongamento e divisão celular.

Nobre et al. (2011) verificaram redução de 52,5% (1.448,92 cm²) da AF do girassol com o aumento da salinidade da água de

irrigação. Tais autores mencionaram que a redução da AF é um dos mecanismos verificados em vegetais sob condições de estresse salino para manter o equilíbrio entre a absorção e transpiração, aumentando a eficiência no uso da água e minimizando o acúmulo de sais na planta. Coomer et al. (2012), entretanto, verificaram que a combinação de 3000 kg ha⁻¹ de biocarvão de cama de frango mais 56 kg ha⁻¹ de N promoveu incremento na área foliar de algodão em relação ao tratamento controle (sem aplicação de biocarvão + 56 kg ha⁻¹ de N).

O incremento das doses de biocarvão de cama de frango promoveu redução linear da razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) (Figura 2a e b), sendo os menores valores respectivamente de, 41,08 e 117,17 cm² g⁻¹ com a dose de 1100 g/vaso. Observou-se também, que a adubação com biocarvão promoveu redução de 50,24% e 52,15% respectivamente, quando comparadas a menor e a maior dose.

ÍNDICES FISIOLÓGICOS DO GIRASSOL EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM BIOCÁRVÃO E NPK

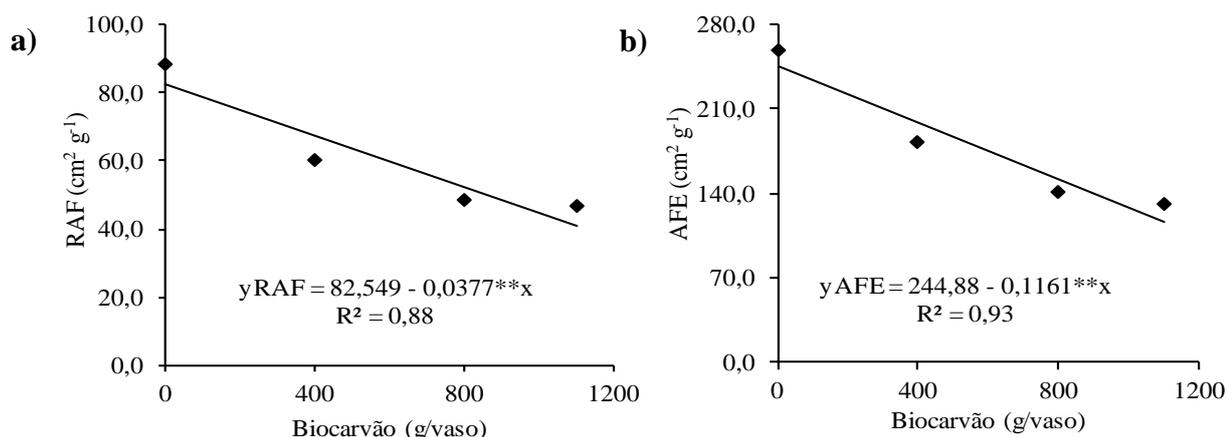


Figura 2. Razão de área foliar - RAF (a) e área foliar específica - AFE (b) do girassol em função de doses de biocárvão de cama de frango (g/vaso)

A RAF e AFE representam respectivamente, a relação entre a área foliar e a fitomassa da parte aérea e fitomassa das folhas, ou seja, a área foliar útil para realizar captura da radiação fotossinteticamente ativa (BENINCASA, 2004). Nesse sentido, essas variáveis são ecofisiologicamente importantes para a compreensão das relações hídricas das plantas e o ciclo de carbono. Assim, a redução da RAF e AFE com o incremento das doses de biocárvão pode ser um indicativo do aumento do estresse hídrico promovido pelo incremento da salinidade do solo, o que pode ter reduzido a quantidade de fotoassimilados destinados às folhas. Diante disso, a redução da disponibilidade de água no solo em função do excesso de sais solúveis provoca redução na absorção reduzindo a pressão de turgor na célula e conseqüentemente há menor expansão foliar e acúmulo de fotoassimilados nos tecidos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013). Pinto et al. (2008) avaliando o efeito da deficiência hídrica de duas cultivares de mamoneira (BRS 149 Nordeste e Mirante 10) verificaram redução da AFE na ordem de 19,39% nas plantas estressadas, confrontadas com as plantas túrgidas.

Apesar das doses de biocárvão terem limitado o crescimento do girassol, comprovado pelas reduções de AF, RAF e AFE, a produção de fitomassa se manteve constante dentro dos níveis de adubação com

biocárvão, porém, Coomer et al. (2012) verificaram efeitos positivos da adubação com biocárvão de cama de frango sobre a produção de matéria seca de algodão. Suppadit et al. (2012) observaram aumento da produção de biomassa de soja com o incremento da dose de biocárvão de cama de frango, observando maior acúmulo de fitomassa (6,38 g/planta) com a dose de 98,4 g/vaso, trabalhando com 10 kg de solo por vaso.

Os maiores valores de fitomassa de folhas (FF), fitomassa do caule (FC), fitomassa do capítulo (FCap) e fitomassa da parte aérea (FPA) foram de 7,04; 8,42; 5,51 e 21,09 g/planta, respectivamente com as doses de 45,86; 36,28; 37,10 e 41,65% da recomendação de NPK (Figuras 3a, b, c e d); constata-se, ainda, que a adubação com 100% (100:300:150 mg kg⁻¹) da recomendação promoveu redução da FF, FC, FCap e FPA, respectivamente de 31,73; 43,32; 35,98 e 32,26% em referência à dose de máxima eficiência. Tais resultados evidenciam novamente, que a recomendação adotada (NOVAIS et al., 1991) para as condições de desenvolvimento da pesquisa foi superior às necessidades nutricionais do girassol; ademais, o maior acúmulo de matéria seca do girassol se situou próximo à dose de 50% da recomendação, mesma tendência observada para a AF (Figura 1).

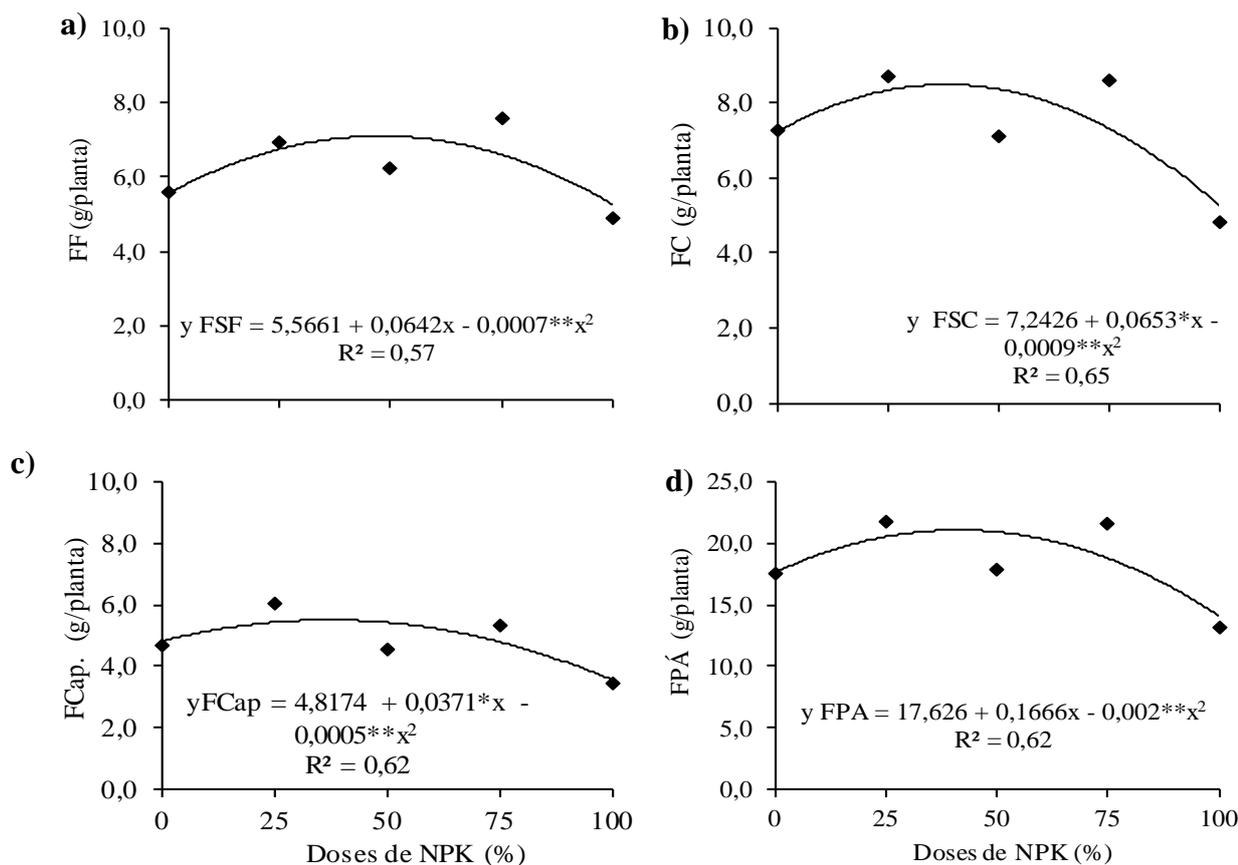


Figura 3. Fitomassa de folhas - FF (a), fitomassa do caule - FC (b), fitomassa do capítulo - FCap (c) e fitomassa da parte aérea - FPA (d) do girassol, em função de doses de NPK - %

O incremento de fitomassa promovido pelos maiores níveis de adubação com NPK, decorre provavelmente do aumento da taxa de crescimento da cultura em virtude da maior produção de fotoassimilados e índice de área foliar. Abbadi et al. (2008) verificaram incremento na FF, FC e FCap com o incremento da adubação nitrogenada, em que os maiores valores foram observados com a dose de 4 g/vaso de N (utilizando vasos de 5 dm³), o dobro da dose utilizada nesta pesquisa. Salih (2013) verificou que a combinação de 80 kg ha⁻¹ de N e P promove maior acúmulo de matéria seca do girassol, que considerando a camada de solo 0-20 cm equivaleria em média a 28 g de N kg⁻¹ de solo, valor bem superior ao adotado nessa pesquisa. Para Bakht et al. (2010) a combinação de 150:100:100 kg ha⁻¹ de NPK promove incremento do acúmulo de matéria seca do girassol, que realizando uma estimativa como citado anteriormente dariam em média o equivalente a 53:35:35 g kg⁻¹ de solo de NPK, respectivamente, valores estes

superiores aos utilizados na pesquisa (100:300:150 mg kg⁻¹ de solo).

CONCLUSÕES

A adubação com 50% da recomendação de NPK (50:150:75 mg kg⁻¹) promoveu os maiores valores de área foliar e produção de fitomassa das plantas de girassol, quando comparada com os demais tratamentos a níveis de NPK.

A aplicação de doses crescentes de biocarvão de cama de frango promoveu redução da área foliar, da razão de área foliar e da área foliar específica do girassol.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBADI, J.; GERENDÁS, J.; SATTELMACHER, B. Effects of nitrogen supply on growth, yield and yield components

of safflower and sunflower. **Plant and Soil**, v.306, n.1-2, p.167-180, 2008.

ALI, A.; NOORKA, I.R. Nitrogen and phosphorus management strategy for better growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid. **Soil & Environment**, v.32, n.1, p.44-48, 2013.

BAKHT, J.; SHAFI, M.; YOUSAF, M.; SHAH, H.U. Physiology, phenology and yield of sunflower (AUTUMN) as affected by NPK fertilizer and hybrids. **Pakistan Journal Botany**, v.42, n.3, p.1909-1922, 2010.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 42p.

COOMER, T.D.; OOSTERHUIS, D.M.; LONGER, D.E.; LOKA, D.A. Effect of poultry litter biochar on early-season cotton growth. **Summaries of Arkansas Cotton Research**, p.89-94, 2012. (Research Series 610).

COSTA, A.M.; BORGES, E.N.; SILVA, A.A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E.C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência agrotecnológica**, v.33, (edição especial), p.1991-1998, 2009.

CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agrônômicos, ambientais e econômicos. In: PALHARES, J.C.P.; KUNZ, A. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p.125-152. (Documentos, 149).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual e métodos de análise**

de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FEITOSA, H.O.; FARIAS, G.C.; SILVA JUNIOR, R.J.C.; FERREIRA, F.J.; ANDRADE FILHO, F.L.; LACERDA, C.F. Influência da adubação borácica e potássica no desempenho do girassol. **Comunicata Scientiae** v.4, n.3, p.302-307, 2013.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

JIEN, S-H.; WANG, C-S. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. **CATENA**, v.110, s.n., p.225-233, 2013.

KOOKANA, R.S.; SARMAH, A.K.; VAN ZWIETEN L. Biochar application to soil: agronomic and environmental benefits and unintended consequences. **Advances in Agronomy**, v.112, s.n., p.103-143, 2011.

LEHMANN, J. Bio-energy in the black. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.5, n.7, p.381-387, 2007.

MADARI, B.E.; MAIA, C.M.B.F.; NOVOTNY, E.H. Context and importance of biochar research. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, n.5, p.i-ii, 2012.

MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MUKHERJEE, A.; LAL, R. Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. **Agronomy**, v.3, n.2, p.313-339, 2013.

NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; CARDOSO, J.A.F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação

nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.929-937, 2011.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A.J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. cap. 2, p.189-253.

PINTO, C. M.; TÁVORA, F.J.F.A.; BEZERRA, M.A.; CORRÊA, M.C.M. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.3, p.429-436, 2008.

SALIH, M.N.T. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to phosphorus and nitrogen fertilization under rainfed conditions, Blue Nile State-Sudan. **Helia**, v.36, n.58, p.101-110, 2013.

SUPPADIT, T.; PHUMKOKRAK, N.; POUNGSUK, P. The effect of using quail litter

biochar on soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) production. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.72, n.2, p.244-251, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

THOMAS, S.C.; FRYE, S.; GALE, N.; GARMON, M.; LAUNCHBURY, R.; MACHADO, N.; MELAMED, S.; MURRAY, J.; PETROFF, A.; WINSBOROUGH, C. Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. **Journal of Environmental Management**, v.129, s.n., p.62-68, 2013.

UTOMO, W. H.; GURITNO, B.; SOEHONO, L. A. The zeffect of biochar on the growth and N fertilizer requirement of maize (*Zea mays* L.) in green house experiment. **Journal of Agricultural Science**, v.4, n.5, p.255-262, 2012.