Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica

GROWTH OF SUNFLOWER IRRIGATED WITH WASTEWATER AND ORGANIC MANURING

Reginaldo Gomes Nobre⁽¹⁾

Hans Raj Gheyi⁽²⁾

Leandro Oliveira de Andrade⁽³⁾

Frederico Antonio Loureiro Soares⁽¹⁾

Elka Costa Santos Nascimento⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Bolsista Prodoc, UAEAg/CTRN/UFCCG

⁽²⁾ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências Agrônômica, Professor Titular UAEAg/CTRN/UFCCG

⁽³⁾ Engenheiro Agrônomo, Doutorando Engenharia Agrícola UAEAg/CTRN/UFCCG

⁽⁴⁾ Graduanda, Engenharia Agrícola, Bolsista IC/CNPq UAEAg/CTRN/UFCCG

Endereço: Avenida Aprígio Veloso 882, Bloco CM, Cx. Postal 10078, Bodocongó, Campina Grande, PB, CEP 58109-970, Fone (83) 8760-8023, (84) 3337-2386. E-mail: rgomesnobre@yahoo.com.br

RESUMO

Avaliou-se o crescimento do girassol sob irrigação com água residuária de origem urbana e doses de adubo orgânico, em experimento conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande, PB. Usou-se o delineamento de blocos ao acaso, sendo as reposições hídricas: 40, 60, 80, 100 e 120% da necessidade hídrica da cultura e as doses de adubação orgânica (0; 0,7; 1,4 e 2,1% do volume de solo), em esquema fatorial 5 x 4, com 3 repetições. A adubação proporcionou aumento do número de folhas, altura de plantas, diâmetro de caule, fitomassa fresca e seca da parte aérea somente aos 26 e 39 dias após o semeio (DAS) e até a dose de 1,4%. As lâminas crescentes favoreceram as variáveis estudadas, principalmente aos 63 e 100 DAS, sendo os maiores incrementos na fitomassa fresca e seca da parte aérea, com N5.

ABSTRACT

Study was to evaluate the growth of the sunflower under irrigation with urban wastewater and levels of organic manuring. An experiment was carried out, at Universidade Federal de Campina Grande, PB, under greenhouse conditions. Using

randomized blocks design, with different levels of water: 40, 60, 80, 100 e 120% of hydria necessity of the culture doses organic manuring (0; 0.7; 1.4 e 2.1% of the volume of the soil) arranged in 5 x 4 factorial design, with 3 repetitions. The manuring resulted in increase in number of leaves, plant height and stem diameter were determine, the fresh and dry weights of the aerial parts only during 26 and 39 days after sowing (DAS) and up to the dose of 1.4%. The increasing water depths, favored the studied variables 63 and 100 DAS, being the highest increments observed in the fresh and dry weights of the aerial parts, with N5.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L.; lâminas de água; crescimento.

Keywords: *Helianthus annuus* L.; water depth; growth.

INTRODUÇÃO

Apesar das fontes hídricas serem abundantes, frequentemente elas são mal distribuídas na superfície do planeta. Em alguns locais, a demanda é tão elevada em relação à oferta que a disponibilidade de água superficial está sendo reduzida e os recursos subterrâneos estão esgotando rapidamente (SETTI et al., 2002). Esta demanda é causa de conflitos que hoje ocorrem em grande parte das bacias hidrográficas, sobretudo naquelas com desenvolvimento agrícola e uso urbano significativo (HESPANHOL, 2003); no entanto, algumas alternativas são passíveis de amenizar estes entraves, como o reúso intensivo de água, o controle de perdas físicas nos sistemas de abastecimento de água, técnicas de coleta de água de chuva e a adoção de procedimentos para a economia do consumo de água (NASCIMENTO & HELLER, 2005).

A prática de reúso de água vem sendo intensificada em várias partes do mundo para os mais variados fins. Em relação ao uso agrícola, esta promove a recarga do lençol freático, o crescimento das plantas com o aporte de água e nutrientes (matéria orgânica, nitrogênio, fósforo) dissolvidos em esgotos domésticos (LONDE & PATERNIANI, 2003; CAPRA & SCICOLONE, 2004). Segundo Madeira et al. (2002), a aplicação de esgotos e efluentes no solo é vista como uma forma efetiva de controle da poluição além de alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, em que

os maiores benefícios desta tecnologia são os aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública.

Nascimento & Heller (2005), ressaltam que o reúso da água tem sido empregado com maior intensidade em regiões áridas e semiáridas, devido principalmente ao problema de escassez de água, entretanto, em regiões de maior abundância de recursos hídricos a concentração urbana em regiões metropolitanas, combinada ou não com outros usos intensivos, como a agricultura irrigada ou usos industriais, estão contribuindo com a redução da disponibilidade hídrica e consequentemente aumentando a necessidade de reúso de água.

Hussain et al. (2002) estimam que pelo menos 20 milhões de hectares em 50 países praticam a irrigação com esgoto bruto ou parcialmente tratado. No Brasil o reúso da água ainda é uma prática recente; em muitas cidades do Nordeste, onde a disponibilidade de água não pode ser garantida devido a um desequilíbrio crônico entre a demanda e a oferta hídrica, o uso de águas residuárias provenientes do tratamento de águas pluviais urbanas, dos esgotos e dos efluentes industriais sugere sua reutilização no uso público, na indústria e principalmente na irrigação (HESPANHOL, 2001).

A situação legislativa no Brasil para fixação de princípios e critérios à reutilização da água ainda é insipiente, entretanto, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos através da Resolução nº 54/2005 estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto de águas não potável (CNRH, 2009). Segundo Fink & Santos (2002), a legislação em vigor, ao instituir os fundamentos da gestão de recursos hídricos, cria condições jurídicas e econômicas para a hipótese do "reúso" de água como forma de utilização racional e de preservação ambiental.

Além da possibilidade de estudos que visem o reúso de água para a exploração agrícola, faz-se necessário testar fontes de adubo orgânico como complemento e/ou substituição aos métodos tradicionais de adubação para minimizar os impactos ambientais e ecológicos do sistema de cultivo convencional, que podem causar a inviabilidade econômica da atividade, assim como, devido a possibilidade de favorecimento da agricultura familiar.

A quantidade de esterco e outros resíduos orgânicos a ser adicionada a determinada área depende, entre outros fatores, da composição e do teor de matéria orgânica dos referidos resíduos, classe textural e nível de fertilidade do solo, exigências nutricionais da cultura explorada e condições climáticas regionais (DURIGON et al., 2002).

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é originária da América do Norte, onde foi utilizado como planta ornamental e hortaliga, até o século XVIII, quando começou o seu uso como cultura comercial. Tem sido usada também como planta forrageira para alimenta-

ção animal, na alimentação de aves, como espécie melífera e ornamental, além da produção de óleo para alimentação humana (DALL'AGNOL *et al.*, 2005) respondendo por cerca de 13% de todo o óleo vegetal produzido no mundo e apresentando índices crescentes de produção e área plantada a nível mundial (ESTADOS UNIDOS, 2005).

Esta oleaginosa se destaca mundialmente como a quinta em produção de matéria-prima, ficando atrás apenas da soja, colza, algodão e amendoim, quarta em produção de farelo, depois da soja, colza e algodão e terceira em produção mundial de óleo, depois da soja e colza. Os maiores produtores de grãos de girassol são a Rússia, Ucrânia, União Européia e Argentina (LAZARATO *et al.*, 2005).

Devido à carência de informações relacionadas ao uso de água residuária no Nordeste do Brasil, para fins agrícolas, e a necessidade de se identificar fontes alternativas de água e de adubação orgânica favoráveis ao desenvolvimento de culturas agrícolas, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar o crescimento e o desenvolvimento do girassol irrigado com águas residuárias (AR) de origem urbana e doses de adubo orgânico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, vinculada ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG – PB), Campina Grande, PB, durante o período compreendido entre julho e outubro de 2008. As coordenadas geográficas do local são: 7°15'18" de latitude sul, 35°52'28" de longitude oeste e altitude de 550 m; o clima da região, conforme a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO & SONCIN, 1982), é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, subúmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses), com período chuvoso de outono a inverno e conforme UACA (2009) possui média pluviométrica de 765,5 mm.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 5 x 4, com três repetições e uma planta por parcela experimental, sendo os tratamentos constituído de cinco níveis de reposição hídrica com água residuária (N1 - 40, N2 - 60, N3 - 80, N4 - 100 e N5 - 120% da NH) e quatro doses de adubação orgânica (D1 – controle - 0, D2 - 0,7, D3 - 1,4 e D4 - 2,1% em base volume) utilizando-se, como fonte, o esterco bovino curtido. Avaliaram-se os dados obtidos mediante análise de variância pelo teste 'F'; nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e/ou quadrática (FERREIRA, 2000) através do software estatístico SISVAR-ESAL (Lavras, MG).

A variedade de girassol utilizada foi a Embrapa 122/V-2000, cujas sementes foram fornecidas pela Empre-

sa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Unidade Soja, escritório de negócios de Dourados, MS. Esta variedade se destaca pela precocidade (ciclo de 100 dias) em comparação com os híbridos atualmente cultivados no Brasil, possui porte baixo (155 cm) e o início do florescimento ocorre em média aos 53 dias; pode atingir média de produtividade de 1800 kg ha⁻¹ e teor médio de óleo de 43,5% (EMBRAPA, 2006).

Vasos plásticos com 23 L de capacidade, foram utilizados e preenchidos com 0,2 kg de brita (número zero) a qual cobria a base e 20 kg de material de solo denominado Neossolo tipo franco-arenoso, não salino e não sódico, proveniente de uma área do distrito de São José da Mata, Município de Campina Grande, PB, cujas características físico-químicas determinadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG, constam na Tabela 1. Os vasos eram providos de furos na base, que permitiam a drenagem; desses recipientes, doze eram usados como lisímetro de drenagem com o

intuito de se estimar a necessidade hídrica da cultura, sendo que, para tal, possuíam uma mangueira de 12 mm de diâmetro conectando à sua base a um recipiente (2 L de capacidade), para coleta do volume drenado.

O esterco bovino, usado conforme os tratamentos foi curtido previamente e misturado aos 20 kg de material de solo.

Antes do semeio se determinou a quantidade de água necessária para colocar o solo em capacidade de campo mediante método de saturação por capilaridade seguida de drenagem livre, usando-se água residuária de origem doméstica.

O semeio foi realizado em 23 de julho de 2008 utilizando-se 10 sementes por vaso, distribuídas de forma equidistante a uma profundidade de 5 cm. A emergência das plântulas perdurou do terceiro ao décimo terceiro dia após o semeio (DAS), quando então se fez, aos 15 DAS, o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por vaso, as de melhor crescimento.

A água residuária utilizada no ensaio proveio de um córrego que passa pela área experimental (UFCG), oriunda de bairros próximos ao Campus, captada por meio de conjunto motorbomba e armazenada em tonel de PVC (capacidade de 200 L); a água foi submetida a uma filtragem no ponto de captação através de tela de náilon com malha de 2 mm de diâmetro. As características químicas da água foram determinadas pelo LIS/UFCG e constam na Tabela 2 (abaixo).

Na fase inicial (até 18 DAS) as irrigações eram feitas com um volume de 300 mL / vaso / dia, às 17 horas; posteriormente, foram baseadas na necessidade hídrica (diferença entre o volume médio aplicado nos vasos e o drenado nos lisímetros do tratamento L5). O turno de rega adotado após 18 DAS foi de dois dias sendo que, no dia anterior ao da irrigação (17 horas), se irrigava apenas os lisímetros dos tratamentos L5, e no dia seguinte, se coletava a drenagem (7 horas), para então calcular os volumes a serem aplicados de acordo com cada tratamento.

Realizaram-se, durante a condução do experimento, alguns tratos culturais, como pulverização, quinzenalmente, com produtos indicados para controle preventivo de lagartas (*Plusia nu* e *Cltosyne saundersii*), de mosca branca (*Bemisia tabaci*), de minadoura (*Lyriomyza huidobrensis*), de cochonilha (*Planococcus minor*) e de doenças fúngicas, além de capinas manuais, escarificação superficial do solo e tutoramento das plantas.

Adubações foliares foram realizadas a cada quin-

Tabela 1. Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento

Características	Valor
Classificação textural	Franco-arenoso
Densidade aparente – kg dm ⁻³	1,41
Porosidade - %	83,4
Capacidade de campo - g kg ⁻¹	67,8
Ponto de murchamento - g kg ⁻¹	33,8
Água disponível - g kg ⁻¹	34,0
Extrato de saturação (mmol _c L ⁻¹)	
Cálcio (Ca ⁺²)	2,87
Magnésio (Mg ⁺²)	1,38
Sódio (Na ⁺)	1,45
Potássio (K ⁺)	0,60
Capacidade de troca catiônica	6,30
Cloro (Cl ⁻)	4,50
Carbonato (CO ₃ ⁻²)	0
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	2,30
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	Presente
Soma de bases (S)	6,80
pH _{ps} *	4,60
CE _{es} * – dS m ⁻¹	0,74

* ps e es, respectivamente, pasta de saturação e extrato de saturação

Tabela 2. Características químicas da água utilizada no experimento. Campina Grande, PB

pH	CE _a	P-Total	K	N-Total	Na	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	RAS
	(dS m ⁻¹)					mg L ⁻¹						(mmol L ⁻¹) ^{0,5}
8,16	1,128	3,654	30,072	29,8	172,2	62,88	44,06	0,013	0,078	0,001	0,022	4,166

ze dias, a partir do início da emissão das flores, com Albatroz (N - 10%, P_2O_5 - 52%, K_2O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) na proporção de 1 g do adubo para 1 L de água, aplicando-se 5 L, distribuídos nas plantas.

Avaliou-se o crescimento do girassol e se determinou, aos 39 e 63 DAS, número de folhas (NF), altura de planta (AP) e diâmetro de caule (DC); aos 26 e 100 DAS, a fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea e, aos 100 DAS, fitomassa fresca (FFR) e seca (FSR) de raiz e fitomassa seca total (FST). No período entre 26 e 100 DAS e com os dados da FFPA e FSPA determinou-se, conforme Benincasa (2003), a taxa de crescimento absoluto (TCA_{FFPA} e TCA_{FSPA}) e relativo (TCR_{FFPA} e TCR_{FSPA}) das plantas.

Na contagem de NF consideraram-se apenas as que estivessem expandidas, com comprimento mínimo de 5 cm, desprezando-se as folhas secas rente ao solo e aquelas cujo limbo foliar estava danificado em mais de 50%; a AP foi definida mensurando-se a distância entre o colo da planta e a inserção do capítulo; o DC foi medido a 5 cm da superfície do solo, utilizando-se de paquímetro digital; a FSPA e a FSR foram determinadas após secagem em estufa com ventilação forçada de ar, a 65 °C, até a obtenção de peso constante; o caule de cada planta foi cortado rente ao solo, com auxílio de um estilete; em seguida, fez-se a pesagem em balança com precisão de 0,01g da FFPA (folhas e caule) e, depois de se separar as raízes do material do solo, avaliou-se a FSR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no resultado do teste F (Tabelas 3 e 4) dos dados, verifica-se que não houve efeito significativo da interação entre os dois fatores estudados (lâmina de reposição hídrica e dose de adubação orgânica). De mesma forma, Tavares et al. (2005), avaliando os efei-

tos da água residuária de esgotos domésticos tratada por lagoas de estabilização e da adubação orgânica na produção de alface, observaram que a interação entre ambos os fatores não foi significativa.

De acordo com o teste F (Tabela 3), o número de folhas variou significativamente em função da reposição hídrica, aos 39 ($p < 0,01$) e 63 DAS ($p < 0,05$) e devido à adubação orgânica ($p < 0,01$) aos 39 DAS. Conforme os estudos de regressão para NF, o efeito aos 39 DAS foi linear havendo acréscimos de 3,77% por aumento de 20% de reposição hídrica estudada (Figura 1B), e de 5,67% a cada incremento de 0,7% de adubação orgânica (Figura 1A). Aos 63 DAS os dados também se ajustaram melhor ao modelo linear observando-se, através da equação de regressão, um aumento de 18,56% entre o menor (17,58 folhas), com NH de 40%, e o maior NF (20,85), obtido com 120% de reposição hídrica (Figura 1B). Biscaro *et al.* (2008), estudando a cultura do girassol em condição de campo irrigada com água de boa qualidade e submetido a diferentes doses de nitrogênio, verificaram que o maior NF por planta (15,5) foi obtido aos 45 dias após a emergência (DAE) com a aplicação de 80 kg ha⁻¹; comparando este resultado com o presente experimento, verifica-se que a menor reposição hídrica com água residuária (AR) proporcionou um NF superior, denotando que a AR constitui um aporte de nutrientes (Tabela 2) para as plantas favorecendo seu crescimento.

Notou-se que o déficit hídrico afetou o número de folhas em virtude, provavelmente, da deficiência hídrica ocasionar o fechamento dos estômatos diminuindo a concentração intracelular de CO₂ e, consequentemente, gerando decréscimo na assimilação do mesmo (BERNARDO *et al.*, 2006).

Observa-se que na avaliação inicial a adubação teve maior influência sobre o NF e, posteriormente, o menor volume de irrigação prejudicou mais a emissão de folhas. Este resultado está de acordo com a FAO

Tabela 3. Resultado de teste F para número de folha (NF), altura de planta (AP) e diâmetro de caule (DC) aos 39 e 63 dias após o semeio (DAS) do girassol em função de diferentes proporções de reposição hídrica com água residuária e doses de adubação orgânica

Fonte de Variação	Teste F					
	NF		AP		DC	
	39 DAS	63 DAS	39 DAS	63 DAS	39 DAS	63 DAS
Necessidade hídrica (NH)	**	*	ns	**	**	**
Reg. Linear	**	*	ns	**	**	**
Reg. Quadrática	ns	ns	ns	ns	**	ns
Reg. Cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Doses (D)	**	ns	**	**	**	ns
Reg. Linear	**	ns	**	**	**	ns
Reg. Quadrática	*	ns	**	*	*	ns
Interação (NH x D)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	12,36	17,21	18,13	11,13	9,95	10,57

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$

(2004), ao citar que a cultura do girassol possui uma exigência relativamente alta de água, sobretudo na fase de floração requerendo, uma porcentagem total média de água em torno de 55%, e de 20% durante o crescimento e 25% para o enchimento de grãos; este informa, ainda, que o déficit hídrico não deve exceder 45% da água disponível do solo por possibilitar secagem das folhas e, conseqüentemente, redução do rendimento da cultura.

Souza *et al.* (2008), verificaram também, estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a cultura do algodoeiro, aumento no número de folhas por planta com a maior oferta de água no solo até a lâmina de 1,08% da ETc estimada, para então apresentar tendência decrescente. Taiz & Zeiger (2004), citam que em condições de estresse hídrico, além da diminuição no número de folhas emitidas ocorre um decréscimo na área foliar do girassol e do algodoeiro.

Figura 1. Número de folhas (A, B), altura de planta (C, D) e diâmetro de caule (E, F) de plantas de girassol aos 39 e 63 dias após o semeio (DAS) em função da adubação orgânica e reposição da necessidade hídrica

Constatou-se efeito significativo ($p < 0,01$) das reposições hídricas aos 63 DAS e das doses de adubação aos 39 e 63 DAS, sobre a altura de planta (Tabela 3). Conforme equações de regressão referente à última avaliação, o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor, foi o linear, indicando um acréscimo de 11,20% na AP por aumento de 20% da reposição da necessidade hídrica (Figura 1D), tendo alcançado, aos 63 DAS, uma AP de 159,8 cm em N5. Biscaro et al. (2008) obtiveram, aos 45 DAE uma AP de 114,7 cm em girassol irrigado com água boa e aplicação de 72,9 kg ha⁻¹ de N o que evidencia, neste experimento com AR, um suprimento adequado de nitrogênio às plantas quando irrigadas com este tipo de água (Tabela 2). Silva *et al.* (2007), avaliando o crescimento e a produtividade do girassol sob diferentes lâminas de água de boa qualidade, notaram também incremento na AP com maior disponibilidade hídrica no solo; já Cunha *et al.* (2005), testando diferentes lâminas de irrigação com água residuária e adubação nitrogenada sobre o algodoeiro, não encontraram diferenças significativas para a altura de plantas divergindo, assim, dos resultados aqui obtidos.

Em relação à adubação orgânica, constata-se efeito quadrático (Figura 1C) onde se vê que as maiores alturas, 87,46 cm (39 DAS) e 143,93 cm (63 DAS) foram referentes às dosagens de 1,4 e 1,5%, respectivamente. De acordo com Canellas et al. (2000) a matéria orgânica através das trocas iônicas, tem importância fundamental no suprimento de nutrientes às plantas, na ciclagem de nutrientes e na fertilidade do solo.

Segundo Oliveira *et al.* (2009), elevados teores de esterco podem proporcionar desbalanço nutricional no solo e, em consequência, redução no desenvolvimento e produção final das culturas.

Verifica-se na Tabela 3, o resultado do teste F para diâmetro do caule o que torna possível observar que

houve efeito significativo ($p < 0,01$) dos fatores necessidade hídrica, nas duas avaliações, e doses apenas aos 39 DAS, sobre esta variável. Analisando-se os efeitos das lâminas com água residuária, constata-se efeito quadrático aos 39 DAS (Figura 1F), obtendo-se 11,6 mm como maior diâmetro, com 120% de reposição hídrica, o que representa um aumento de aproximadamente 44% em N5 em relação a N1; já na última análise o efeito foi linear com incremento de 13,8% por intervalo de 20% de reposição da necessidade hídrica estudado. Conforme equação de regressão para 'D', na avaliação inicial o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor, foi o quadrático, podendo-se constatar que o DC, assim como ocorrido para a variável AP, teve incremento em função de 'D' até 1,4% atingindo, assim, o maior diâmetro (10,74 mm) e apresentando, em seguida, tendência a redução (Figura 1E).

Trabalhando com a cultura da mamona sob adubação com biossólido e irrigação com água residuária, Nascimento et al. (2006) constataram incremento nas variáveis DC, AP, NF e área foliar, ao longo do tempo, em função dos tratamentos, em comparação com a irrigação com água de abastecimento.

Em experimento com a cultura da mamoneira Oliveira et al. (2009) verificaram efeito quadrático da adubação orgânica usando esterco bovino, sobre o diâmetro e área foliar das plantas, o que denota que algumas variáveis são beneficiadas pelo incremento de nutrientes, até certo limite.

Constata-se que o diâmetro do caule das plantas decresceu à medida em que as proporções de irrigação diminuíram como decorrência natural das condições hídricas desfavoráveis para divisão e alongamento celular afetando, sobretudo, o câmbio caulinar (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Com relação à fitomassa fresca (FFPA) e seca (FSPA) da parte aérea, nota-se que houve efeito significativo

Tabela 4. Resultado de teste F para fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e seca (FSPA) aos 39 e 63 dias após o semeio (DAS), e aos 100 DAS para fitomassa fresca (FFR) e seca (FSR) de raiz e seca total (FST) do girassol em função de diferentes lâminas de água residuária e doses de adubo orgânico

Fonte de Variação	Teste F						
	FFPA		FSPA		FFR	FSR	FST
	26 DAS ¹	100 DAS ¹	26 DAS ¹	100 DAS ¹		100DAS ²	
Reposição hídrica (RH)	ns	**	ns	**	**	**	**
Reg. Linear	ns	**	ns	**	**	**	**
Reg. Quad.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Reg. Cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Doses (D)	**	ns	**	ns	ns	ns	ns
Reg. Linear	**	ns	**	ns	ns	ns	ns
Reg. Quad.	**	ns	**	ns	ns	ns	ns
Inter. (RH x D)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18,22	13,77	19,18	11,50	27,45	32,96	23,38

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$

¹ dados transformados em $\sqrt{X}$ e ² dados transformados em $\sqrt{X+1}$

($p < 0,01$) das doses de adubação apenas aos 26 DAS sobre essas variáveis; já as reposições hídricas influenciaram apenas por ocasião da avaliação aos 100 DAS (Tabela 4). Verificou-se, aos 26 DAS, resposta quadrática das doses de adubação orgânica com as maiores FFPA (22,33 g) e FSPA (1,75 g) obtidas para uma dosagem de 1,4% de esterco bovino (Figura 2A e C), denotando que, nesta fase, a necessidade por nutrientes das plantas tem influência superior à de reposição hídrica do solo, em virtude de não ter apresentado resultado significativo quanto à variação de N, o que comprova os resultados da FAO (2004), que cita a fase de crescimento do girassol como a de menor exigência hídrica. Conforme Malavolta et al. (1997) a produção de massa de matéria seca está intimamente associada à lâmina de água colocada à disposição da planta o que pode ter ocorrido, inicialmente, pelo fornecimento de adubação orgânica e devido ao uso de água residual.

Portanto, o suprimento inadequado de nutrientes, tanto pela falta quanto pelo excesso, pode provocar restrições ao seu crescimento e alterar relações entre biomassa aérea e radicular (BOVI et al., 1999).

Na última avaliação, constatou-se com base nas equações de regressão, resposta linear crescente com

as reposições hídricas aplicadas sobre as fitomassas fresca e seca da parte aérea (Figura 2B e D). Verificam-se acréscimos de 328% da FFPA e 280,8% para FSPA das plantas sob N5 em relação a N1, ou seja, incremento de 82,0 e 70,2%, respectivamente, por intervalo de 20% de reposição da necessidade hídrica analisada no experimento. Em discordância ao presente estudo, Osburn & Burkhead (1992), citam que a aplicação de águas residuárias de esgoto urbano na produção de hortaliças, não promoveu diferença significativa no crescimento da planta.

Segundo Taiz & Zeiger (2004), o estresse hídrico na cultura de girassol afeta a fotossíntese e a expansão foliar. A expansão foliar é muito sensível a deficiência hídrica sendo completamente inibida sob níveis moderados de estresse, o que afeta severamente as taxas fotossintéticas e, em consequência, a produção de fitomassa da parte aérea.

Quanto à produção de fitomassa fresca e seca de raiz aos 100 DAS (Tabela 4), o teste F indicou efeito significativo ($p < 0,01$) do fator de necessidade hídrica sobre essas variáveis, não se detectando diferenças significativas da FFR e FSR em relação às doses de adubação orgânica estudada, indicando ter ocorrido uma possível suplementação de nutrientes às plantas atra-

Figura 2. Fitomassa fresca (A, B) e seca (C, D) da parte aérea de plantas de girassol aos 26 e 100 dias após o semeio (DAS) em função da adubação orgânica e reposição da necessidade hídrica

vés do uso da água residuária. Conforme Lobo & Grassi Filho (2007), estudando o comportamento do girassol sob diferentes níveis de lodo proveniente de estação de tratamento de esgoto, concluíram ser possível substituir o N oriundo da adubação mineral com N oriundo do lodo de esgoto, havendo um aumento significativo na produtividade em matéria seca, em grãos e rendimento de óleo.

Constata-se ajuste dos dados de FFR e FSR a uma função linear crescente com as lâminas de água aplicadas (Figura 3A e B). Vê-se, em relação à massa fresca de raiz, acréscimo de 81,0% por aumento de 20% da lâmina de reposição hídrica, perfazendo um acréscimo total da FFR de 324,8% na maior lâmina em relação à menor se alcançando, em N5, uma fitomassa por planta de 80,1g. A FSR teve incremento de 122% por intervalo de reposição da necessidade hídrica estudado obtendo em N5, 17,38 g, valor este bem superior a N1 (2,96 g). De acordo com Taiz & Zeiger (2004) déficits hídricos moderados afetam o desenvolvimento do sistema radicular.

Denota-se ser a produção de fitomassa das plantas controlada por um balanço funcional entre absorção de água pelas raízes e fotossíntese pela parte aérea, ou seja, a parte aérea vai crescendo até que a absorção de água pelas raízes se torne limitante; inversamente, as raízes crescerão até que sua demanda por fotoassimilados da parte aérea se iguale ao suprimento. Observa-se, no presente experimento, que o aumento do déficit hídrico proporcionou redução na produção de fitomassa do sistema radicular como forma de adaptação das plantas ao estresse e em consequência, favoreceu o decréscimo da massa da parte aérea. Diferentemente, Baumgarnner *et al.* (2007), estudando o reúso de água residuária proveniente da piscicultura e da suinocultura na irrigação de alface, não constata-

ram diferença significativa entre as médias das massas fresca e seca das raízes, parte aérea e total. Esta divergência de resultados pode ter ocorrido em razão da diferença de nutrientes existentes nas diferentes águas e das culturas estudadas.

Conforme resultados do teste F (Tabela 4), ocorreu efeito significativo ($p < 0,01$) das reposições de necessidades hídricas sobre a fitomassa seca total, aos 100 DAS; assim como se deu para fitomassas da parte aérea e de raiz, não se verificou efeito significativo do fator adubação sobre a FST devido as plantas terem comportamento semelhante, o que pressupõe que a água residuária também contribuiu nutricionalmente (Tabela 2) para o crescimento das plantas. Verificou-se na equação de regressão contida na Figura 4, incremento linear da FST de 153,6%, ou seja, 34,8 g por

Figura 4. Fitomassa seca total de plantas de girassol aos 100 dias após o semeio (DAS) em função da reposição da necessidade hídrica

Figura 3. Fitomassa fresca (A) e seca (B) de raiz de plantas de girassol aos 100 dias após o semeio (DAS) em função da reposição da necessidade hídrica

aumento de 20% da reposição da necessidade hídrica indicando um aumento de 614,4% da massa seca total entre o maior e o menor índice de reposição hídrica estudado.

Em seu estudo com a cultura do girassol, Castro et al. (2006), constataram que o déficit hídrico ocorreu principalmente durante o início do florescimento e enchimento dos grãos, promoveu decréscimo na massa seca total, de aquênios e de óleo.

De acordo com as equações de regressão referente à taxa de crescimento absoluto (Figura 5A), observa-se que o modelo linear representou o melhor ajuste dos dados tanto em relação à FFPA como à FSPA, havendo acréscimo de 109,6 e 79,0% na TCA_{FFPA} e TCA_{FSPA} , respectivamente, por aumento de 20% da reposição da necessidade hídrica; segundo Benincasa (2003), a TCA, variação ou incremento entre duas amostras sucessivas, reflete a velocidade de crescimento da planta. Vê-se que nas condições em que foi desenvolvido este experimento as plantas, quando submetidas a índices crescentes de reposição da umidade no solo tiveram maior velocidade de crescimento assim como maior acúmulo de matéria fresca e seca. Farias et al. (2003) estudando a cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água, também constataram que a maior oferta hídrica favoreceu o crescimento das plantas, ao longo do tempo.

A Figura 5B indica o comportamento da taxa de crescimento relativo, ou seja, a estimativa do crescimento da planta em função da matéria pré-existente (BENINCASA, 2003), verificando-se, com base nas equações de regressão, haver incremento linear de 69,7% (TCR_{FFPA}) e de 54,5% (TCR_{FSPA}) por intervalo de reposição hídrica pesquisado, denotando que o déficit hídrico contribui para a redução da eficiência da planta em

acumular matéria seca. Tal como nesta pesquisa, outros autores também notaram reduções na TCR, em função do aumento do déficit hídrico, como Rodrigues et al. (2008) trabalhando com mamona, Peixoto et al. (2006) com citros, dentre outros.

CONCLUSÕES

1. A adubação orgânica proporcionou aumento das variáveis NE, AP, DC, FFPA e FSPA somente nas avaliações iniciais (26 e 39 DAS) e até a dosagem de 1,4%.
2. A reposição da necessidade hídrica crescente com água residuária favoreceu as variáveis estudadas principalmente nas avaliações realizadas aos 63 e 100 DAS sendo os maiores incrementos observados na produção de massa fresca e seca das plantas, com reposição de 120%.
3. Os efeitos da irrigação com água residuária influenciaram um número maior de variáveis estudadas, que a adubação orgânica.
4. O uso de água residuária proveniente de esgoto doméstico constitui fonte potencialmente importante ao suprimento hídrico de plantas de girassol, cv. Embrapa 122/V-2000.
5. Os efeitos da reposição hídrica e adubação orgânica sobre o girassol ocorreram de forma independentemente, em virtude de não se ter verificado interação entre os mesmos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão do auxílio financeiro e bolsa PRODOC, ao primeiro autor, para realização deste trabalho, e a Embrapa, unidade Soja, escritório de negócios de Dourados, MS pelo fornecimento das sementes de girassol.

Figura 5. Taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da fitomassa fresca e seca de plantas de girassol em função da reposição da necessidade hídrica

LITERATURA CITADA

- BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S.C.; SILVA, T.R. da; TEO, C.R.P.A.; VILAS BOAS, M.A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.1, p.152-163, 2007.
- BENINCASA, M.M.P. *Análise de crescimento de plantas (noções básicas)*. Jaboticabal: Funep. 2003. 42p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; Mantovani, E. C. *Manual de irrigação*. 7 ed. Viçosa, 2006.
- BISCARO, G.A.; MACHADO, J.R.; TOSTA, M. da S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R.P.; CARVALHO, L.A. de. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia, MS. *Ciência Agrotecnologia*, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.
- BOVI, M.L.A.; SPIERING, S.H.; BARBOSA, A.M.M. Densidade radicular de progênies de pupunheira em função de adubação NPK. *Horticultura Brasileira*, v.17, n.3, p.186-193, 1999.
- CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G. da; SILVA, M.B.; SANTOS, G. de A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposequência no Estado do Rio de Janeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.133-143, 2000.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. *Agricultural Water Management*, v.68, p.135-149, 2004.
- CASTRO, C. de; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R.F. de; DECHEN, A.R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. *Ciência Agrotecnologia*, v.30, n.2, p.214-220, 2006.
- COELHO, M.A.; SONCIN, N.B. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Ed. Moderna. 1982. 368p.
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº. 54, de 28 de novembro de 2005. Disponível em: www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R54. Acesso em: 23 de junho de 2009.
- CUNHA, P.F.F.C.; MADEIROS, L.B.; ALVES, W.A.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C.A.V.; BELTRÃO, N.E. de M.; LACERDA, M.D.; SOUSA, R.M. Níveis de água residuária tratada disponível no solo e nitrogênio: efeito sobre a altura da planta do algodoeiro de fibra marrom. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5, 2005, Salvador. Anais..., Salvador: Embrapa - Algodão. 2005. CD-ROM.
- DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O.V.; LEITE, M.R.V.B. de C. Origem e histórico do girassol. In: _____. *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, v.1, p.1-12, 2005.
- DURIGON, R.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R.; PAVINATO, P.S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.983-992, 2002.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. GIRASSOL Embrapa 122 / V-2000. Londrina, 2006. (Folder n. 04/2006).
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Oilseeds: world market and trade. Washington: USDA, 2005. 28 p. (USDA, Circular serie FOP 08-05). Disponível em: www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2005/05-08/FULL05Aug.pdf
- FAO - Crop water management. Sunflower. Disponível na Internet. <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwater/sunflower.stm>. 11 Jan. 2004.
- FARIAS, C.H. de A.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MEDEIROS, J.F. de; COSTA, M. da C.; NASCIMENTO, I.B. do; SILVA, M.C. de C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.445-450, 2003.
- FINK, D.R.; SANTOS, H. F. A legislação de reúso da água. In: Recurso de água; Capítulo 8. ed. P.C. Sanches e Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.
- FERREIRA, P.V. *Estatística experimental aplicada à agronomia*. 2.ed. Revisada e ampliada. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUN-DEPES, 2000. 437p.
- HESPAÑHOL, I. Reúso da água – uma alternativa viável. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente – BIO*, v.1, n.18, p.24-25, 2001.
- HESPAÑHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: Mancuso, C. S. A.; Santos, H. F. (ed.). *Reúso de água*. Barueri, SP: Manole, 2003. 37-95p.
- HUSSAIN, N.; JAKHAR, R.A.; TAHIR, M.; NOREEN, R.; HASSAN, N.; UJEEB, F. Impact of Ca/Mg ratios of irrigation water on soil properties and crop yields. *Asian Journal of Plant Sciences*. v.1, n.1, p.51-52, 2002.
- LAZARATO, J.; ROESSING A.C.; MELLO H.C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: Leite, R. M. V. B. de C.; Brighenti, A. M.; Castro, C. (ed.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.15-42.
- LOBO, F.T.; GRASSI FILHO, H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do Girassol. *Revista de Ciências do Solo e Nutrição Vegetal*, v.7, n.3, p.16-25, 2007.
- LONDE, L.R.; PATERNIANI, J.E.S. Filtração lenta para reutilização de água em irrigação. *Irriga*, v.8, n.1, p.10-20, 2003.
- MADEIRA, C.A.; PEÑA, M.R.; MARA, D.D. Microbiological quality of a waste stabilization pond effluent used for restricted irrigation in Valle Del Cauca, Colombia. *Water Science Technology*. v.45, n.1, p.139-143, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI G.C.; OLIVEIRA S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional*. 2ª ed. Piracicaba – SP. Editora Potafos. 319 p. 1997.

NASCIMENTO, N.O.; HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.10, n.1, p.36-48, 2005.

NASCIMENTO, M.B.H. do; LIMA, V.L.A. de; BELTRÃO, N.E. de M.; SOUZA, A.P. de; FIGUEIREDO, I.C. de M.; LIMA, M.M. de. Uso de biossólido e de água residuária no crescimento e desenvolvimento da mamona. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.10, n.1/2, p.1001-1007, 2006.

OLIVEIRA F. de A. DE; OLIVEIRA FILHO, A.F. de; MEDEIROS, J.F.; ALMEIDA JUNIOR, A.B. de; LINHARES, P.C.F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. *Revista Caatinga*, v.22, n.1, p.206-211, 2009.

OSBURN, R.C.; BURKHEAD, C.E. Irrigating vegetables with wastewater. *Water Environment & Technology*, v.4, n.1, p.38-43, 1992.

PEIXOTO, C.P.; CERQUEIRA, E.C.; SOARES FILHO, W. dos S.; CASTRO NETO, M.T. de; LEDO, C.A. da S.; MATOS, F.S.; OLIVEIRA, J.G. de. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.28, n.3, p.439-443, 2006.

RODRIGUES, L.N.; NERY, A.R.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E. de M. Taxas de crescimento em altura da mamoneira submetida ao estresse hídrico-salino. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, 2008, Salvador. Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Ricinoquímica, 2008. CD-ROM.

SETTI, A.A. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. 3. ed. Brasília: ANEEL/ANA, 2002. 328p.

SILVA, M. de L.O. E; FARIAS, M.A. DE; MORAIS, A.R. DE; ANDRADE, G.P.; LIMA, E.M. DE C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.5, p.482-488, 2007.

SOUSA, P.S. de; MEDEIROS, J.F. de; MATOS, J. de A.; MELO, S.B. de; FERREIRA, R. da C. Efeito de lâminas de irrigação sobre o crescimento do algodoeiro herbáceo. *Revista Verde*, v.3, n.3, p.6-11, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 613 p.

TAVARES, T. de L.; KÖNIG, A.; CEBALLOS, B.S.O. de; AZEVEDO, M.R. de Q. A. Efeitos da adubação do solo e da irrigação sobre os componentes de produção da alface. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.231-235, 2005.

UACA - Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas. Banco de dados climáticos. Campina Grande: UFCG, 2009. Disponível em: www.dca.ufcg.edu.br/clima.htm. Acesso em: 23 junho 2009.