



Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação¹

José C. A. da Silva², Pedro D. Fernandes³, José R. C. Bezerra⁴, Nair H. C. Arriel⁵ & Gleibson D. Cardoso⁶

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada na UFCEG

² UAEA/UFCEG. Campina Grande, PB. E-mail: aguiaicarl@gmail.com (Autor correspondente)

³ UAEA/UFCEG. Campina Grande, PB. E-mail: pdantas@pq.cnpq.br

⁴ Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. E-mail: jose.cortez-bezerra@embrapa.br

⁵ Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. E-mail: nair.arriel@embrapa.br

⁶ Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. E-mail: gleibson.cardoso@embrapa.br

Palavras-chave:

Sesamum indicum L.
rendimento de grãos
nutrientes

RESUMO

Visando avaliar o crescimento e a capacidade produtiva de diferentes genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação, foi realizado um experimento na Estação Experimental da Embrapa, em Barbalha, CE, onde foram estudados cinco lâminas de irrigação e seus efeitos em três genótipos de gergelim. Esses fatores combinados resultaram em 15 tratamentos. O delineamento experimental foi em faixas, com quatro repetições, resultando em 60 unidades experimentais. Foi realizada análise de crescimento destrutiva com amostragens de 15 em 15 dias para avaliação de área foliar e fitomassa. As variáveis de crescimento foram estudadas em 10 plantas da área útil das parcelas. Ao final do ciclo foram avaliados a produção e seus componentes. Os maiores valores dos componentes de produção foram obtidos com a lâmina de 1026,50 mm. Com maior disponibilidade de água deve ser cultivada a cultivar BRS Seda e com menos água a linhagem ELAG09-27561. As lâminas de irrigação não afetam a acumulação de fitomassa nos órgãos das plantas. Os maiores teores de óleo são obtidos em plantas com baixa disponibilidade hídrica.

Key words:

Sesamum indicum L.
grain yield
nutrients

Growth and production of sesame genotypes related to depths of irrigation

ABSTRACT

Aiming to evaluate the growth and productive capacity of different sesame genotypes, submitted to irrigation depths, an experiment was conducted at the Experimental Station of Embrapa, in Barbalha, CE. Five depths of irrigation and three genotypes of sesame were studied. These combined factors resulted in 15 treatments. The experiment was arranged in strips with 4 replications, resulting in 60 experimental units. Destructive growth analysis was performed, with samplings at 15 days interval to estimate leaf area and biomass. The growth variables were studied in 10 plants in each plot. At the end of the cycle, the production and its components were evaluated. The highest values of yield components were obtained with the water depth of 1026.50 mm. The growth of genotypes was affected by different irrigation depths, with higher growth of BRS Seda, in the higher availability of water, and in the lowest availability the genotype 27561-ELAG09 was the best. The highest levels of oil and protein were obtained in higher water availability.

INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é a mais antiga oleaginosa conhecida, tendo como centro de origem a África, onde se concentra a maioria das espécies silvestres do gênero *Sesamum* (Lima et al., 2013).

A espécie é considerada resistente à seca podendo produzir com um mínimo de pluviosidade (300 mm) bem distribuída mas a faixa ótima está entre 500 e 650 mm. A espécie prefere solos profundos com textura franca, bem drenados e de boa fertilidade natural (macro e micronutrientes) e nunca solos salinos. A planta pode crescer ou se desenvolver em tipos diversos de solos sem atingir a plenitude observada nos solos

preferenciais. Os solos devem apresentar reação neutra, pH próximo a 7 não tolerando a planta, aqueles com pH abaixo de 5,5 ou acima de 8,0. É extremamente sensível à salinidade e à alcalinidade (Grilo Júnior & Azevedo, 2013).

São variados os estudos já realizados com o gergelim envolvendo, em geral, espaçamentos e densidades (configurações) de plantio inclusive cultivos mecanizados com elevadas densidades de plantio (Amabile et al., 2002).

A água é um dos fatores mais indispensáveis para a produção agrícola devendo-se ter a máxima atenção para com seu uso uma vez que sua falta ou excesso afeta de forma significativa, o rendimento das culturas (Silva et al., 2011), tornando-se necessário o manejo racional para maximizar a produção.

Ressalta-se que tanto a falta quanto o excesso podem afetar o desenvolvimento e a produção das culturas (Oliveira et al., 2011).

A agricultura irrigada tem favorecido a maior produção mundial de alimentos gerando desenvolvimento sustentável no campo, além de mais empregos e renda para a população rural. A água é essencial para o incremento da produção das culturas razão pela qual seu uso deve ser feito da melhor forma possível para que se obtenham produções satisfatórias e altos rendimentos exigindo conhecimento sobre o crescimento das culturas e seu rendimento em diferentes condições (Aragão et al., 2012). Neste contexto Netto et al. (2000) argumentam que a utilização de índices fisiológicos para comparar efeitos de diferentes manejos agrônômicos, por ser relativa e não depender de pressuposições matemáticas, é de grande utilidade e bastante apropriada.

Com base no exposto a pesquisa teve como principal objetivo avaliar o crescimento e os componentes de produção em genótipos de gergelim (*Sesamum indicum* L.), submetidos a diferentes lâminas de irrigação, no município de Barbalha, CE.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em condições de campo, na área experimental da Embrapa Algodão, localizada no município de Barbalha, CE, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 07° 19' S; Longitude: 39° 18' W e Altitude: 415,74 m. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo "CSa", semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno. O período chuvoso é de março a junho e o mais seco de outubro a dezembro, com pluviosidade total anual em torno de 1000 mm, temperatura máxima de 31,5 °C e mínima de 20,5 °C e umidade relativa do ar de 63%.

O experimento foi realizado em um solo argiloso cuja caracterização textural e física foi determinada no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, com amostragem até a profundidade de 100 cm sendo classificado como Neossolo Flúvico (RY) Franco argiloso.

Nos estudos foram utilizados os genótipos de gergelim 'BRS Seda' (G1), 'BRS 196 CNPA G4' (G2) e a linhagem 'ELAG09-27561' (G3), todos de ciclo precoce, média de 90 dias iniciando a floração aos 30 dias após a emergência. Os três genótipos se destacam pela cor branca das sementes e por sua maior aceitação pelo mercado.

No manejo da irrigação foram utilizadas cinco lâminas (L1 = 47,38 mm; L2 = 240,38 mm; L3 = 477,88 mm; L4 = 698,88 mm e L5 = 1026,50 mm), quantificadas ao final do período de cada irrigação e em função da Evapotranspiração de referência (ET_o). Combinados, os fatores (3 x 5) resultaram em 15 tratamentos com 4 repetições totalizando 60 sub-parcelas dispostas em faixas. A área de cada parcela foi de 15 x 12 m totalizando 180 m², sendo a área útil de 120 m² (12 x 10 m). As subparcelas ou faixas mediram 12 por 3 m totalizando 36 m², sendo 24 m² de área útil.

O espaçamento foi 1,0 x 0,10 m com 12 fileiras de 15 m de comprimento cada uma sendo as duas laterais consideradas

bordaduras, 6 fileiras centrais para os componentes de produção e 4 fileiras para a análise do crescimento destrutivo. As coletas de plantas foram realizadas a cada 15 dias, em 5 plantas de cada parcela, uma planta por subparcela, em competição com as demais.

A semeadura foi realizada manualmente no início do mês de setembro de 2010 na profundidade de 2 a 2,5 cm, após a área ser marcada com trator por ocasião da aplicação do adubo. Quando as plantas estavam com quatro a cinco folhas foi realizado o desbaste deixando-se uma planta a cada 10 cm. Até 60 dias após a emergência foi feito o controle de pulgões e formigas.

O controle de plantas daninhas foi feito manualmente com enxada mantendo-se a lavoura livre de plantas daninhas nos primeiros sessenta dias após a emergência.

A irrigação foi realizada através do sistema de aspersão em linha ("line source sprinkler system"), muito utilizado em trabalhos nesta linha de pesquisa (Winward & Hill, 2007) principalmente em estudos sobre lâminas de irrigação e produtividade contribuindo para a determinação de funções de produção das culturas para o fator água.

Este sistema de irrigação se constitui de uma linha de aspersores espaçados entre si de 12 em 12 m aplicando-se água em lâminas decrescentes na direção perpendicular à tubulação; assim, o sistema de aspersão em linha também pode ser utilizado para estudos de fertilização e produtividade das culturas.

No sistema de irrigação por aspersão convencional foram usados 15 tubos (PVC) de 6 m de comprimento e diâmetro de 100 mm formando uma linha principal com a colocação de aspersores rotativos, diâmetro do bocal de 5,6 x 3,2 mm, tubo de subida de 0,70 m e espaçamento de 12 m de distância um do outro.

Para o fornecimento de água considerou-se uma eficiência de aplicação do sistema aspersivo de 70%, com aplicação de uma lâmina média de 24,9 mm d⁻¹ funcionando simultaneamente visando-se obter uma sobreposição de 100% da lâmina aplicada, com os aspersores fixos ao longo das posições. Todas as parcelas ficaram a uma mesma distância dos emissores por ocasião da irrigação. Para quantificação da água foram instalados coletores do tipo copo ou caneca, confeccionados em termoplástico com capacidade para 50 mm. Esses coletores foram sustentados por encaixe em varetas cilíndricas fincadas no solo a aproximadamente 0,70 m de altura acima de sua superfície.

Visando à determinação da quantidade da água utilizou-se uma proveta graduada para leitura direta em milímetros de lâmina de água, com escala de 0,5 mm.

Antes do plantio foi efetuada uma irrigação em toda a área para deixar o solo em capacidade de campo; após o plantio foi aplicada uma irrigação com lâmina pequena para assegurar boa germinação das sementes.

A partir da germinação da cultura as irrigações foram efetuadas duas vezes por semana obedecendo à evapotranspiração da cultura na região fazendo-se a reposição da água em função de cada tratamento e evento de irrigação que foi determinado de acordo com a evapotranspiração de referência (ET_o). A colheita foi realizada aos 100 dias e após as plantas apresentarem cerca de 70% de suas folhas amarelas.

A partir da data de início da emergência (nove dias após a semeadura) foram feitas, semanalmente, as seguintes determinações:

- Altura de planta (ALT): mensurada da base até o ápice de seu meristema apical avaliando-se as plantas durante o ciclo, a cada 15 dias.

- Diâmetro caulinar de plantas (DIAM): mensurado no colo da planta, com auxílio de um paquímetro analógico, a cada 15 dias.

- Área foliar (AF): estimada a partir das dimensões de largura e comprimento da folha utilizando-se de um fator de correção de 0,7, segundo a Eq. 1, proposta por Silva et al. (2002). Foram avaliadas 5 folhas de uma planta por unidade experimental, sendo apenas uma folha em cada nó.

- Fitomassa seca de raiz, caule, folhas e frutos: determinadas através da secagem do material vegetal em estufa a 65 °C por aproximadamente 48 h ou até se chegar ao peso constante.

- Umidade das sementes: determinada pelo método de estufa a 105 °C por 24 h.

- Peso de mil sementes: determinado depois de retiradas, ao acaso, 10 amostras de 1000 sementes de cada tratamento e pesadas em balança com precisão de 0,0001 g.

- Teor de óleo: determinado a partir da RMN de baixo campo.

- Número de frutos por planta (NFP): determinado em 10 plantas uniformes de cada unidade experimental. Essas plantas foram identificadas previamente à colheita, para serem diferenciadas das marcadas para avaliação de matéria seca.

- Rendimento de grãos: determinado por pesagem dos grãos de cada unidade experimental, cujos resultados são expressos em kg m⁻².

O delineamento experimental utilizado foi em faixas com 4 repetições. Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância pelo teste F e ajustados por regressão polinomial para os fatores quantitativos. Para o fator genótipos, por ser qualitativo, as diferenças entre eles foram determinadas pelo teste de comparação múltipla de Tukey a 0,01 e 0,05 de probabilidade. Os dados de matéria seca e de área foliar foram transformados em raiz quadrada para correção da heterocedasticidade antes de se proceder à análise estatística, realizada com uso do software SAS, e a confecção das figuras através do software MicroCal Origin v. 8.0 e do Excel 2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do resumo da análise de variância para altura de plantas de gergelim em função dos períodos estudados

Não foram verificadas diferenças significativas na altura de plantas entre genótipos de gergelim, em todo o ciclo das plantas (períodos de 15 a 90 dias). Resultados similares foram verificados por Boydak et al. (2007), em estudo com efeito de diferentes métodos de irrigação no crescimento e em componentes de produção do gergelim.

Em relação às lâminas, só foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey nos períodos de 75 e 90 dias; portanto, ao final do ciclo quando são formadas as estruturas de produção com efeito positivo dos volumes aplicados de água sobre o crescimento das plantas, justamente na parte terminal do caule quando são formados as flores e os frutos. Na Tabela 2 estão as médias relativas às lâminas de irrigação e aos genótipos considerando-se os fatores isoladamente. Nota-se, ao final do ciclo, tendência de maior altura de plantas na lâmina 4 de irrigação.

Por ser alto o valor dos graus de liberdade para a interação, fez-se o desdobramento de G x L na tentativa de se detectar algum efeito significativo envolvendo genótipos e lâminas obtendo-se apenas diferenças na lâmina 1 e nas duas primeiras datas de avaliação, em que o genótipo 3 tinha uma altura menor que os demais recuperando-se nos outros períodos de avaliação; a tabela do desdobramento da interação não foi usada neste trabalho por não serem relevantes os seus dados.

Nas Figuras 1A e 1B se encontram as curvas de crescimento em altura de plantas em função das lâminas e dos genótipos estudados ao longo dos períodos de avaliação.

A maior altura de plantas foi observada na lâmina 4 (698,88 mm); a partir dos 60 dias após a germinação a menor foi verificada na lâmina 1 (47,38 mm) ao final do ciclo das plantas (Figura 1A). Constata-se que o crescimento da planta em altura ocorreu de forma exponencial estabilizando-se depois de 70 dias após a germinação e se mantendo próximo a 1,80 m de altura.

Em relação à altura dos genótipos (Figura 1B), as curvas seguem um padrão similar ao registrado para lâminas notando-se ser crescente o crescimento no período de 30 a 80 DAE. Dentre os genótipos o G1 se diferencia no período entre 45

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente aos dados de altura de plantas dos 15 aos 90 dias após a germinação

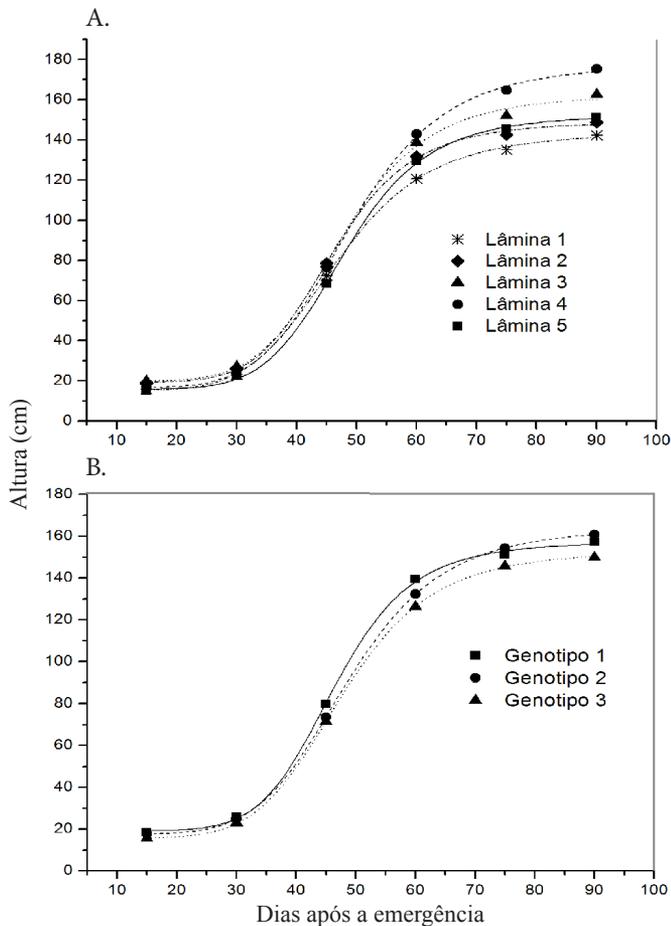
F.V.	G.L.	Quadrado médio - Altura de plantas					
		Idade de plantas (DAE)					
		15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
Genótipo (G)	2	45,8375 ^{ns}	45,8380 ^{ns}	388,5500 ^{ns}	840,0167 ^{ns}	684,0500 ^{ns}	624,267 ^{ns}
Bloco	3	84,2708	84,2710	397,3056	868,5056	1931,5278	3547,306
Resíduo (a) (Parcelas)	6 (11)	44,3375 -	44,3380 -	173,4389 -	314,4389 -	446,9611 -	569,622 -
Lâmina (L)	4	51,5271 ^{ns}	51,5269 ^{ns}	228,3917 ^{ns}	893,1917 ^{ns}	1479,8583*	2022,933*
Resíduo (b)	12	14,0660	14,0660	163,0694	387,8250	423,1806	496,333
G x L	8	19,8740 ^{ns}	19,8739 ^{ns}	161,4667 ^{ns}	98,3292 ^{ns}	148,8833 ^{ns}	245,246 ^{ns}
Resíduo (c)	24	22,1587	22,1586	222,66111	427,2792	516,9889	147,4910
C.V (%)	-	27,3283	19,1939	19,9356	15,5751	15,3683	15,89

* Significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} Não significativo

Tabela 2. Altura média* de plantas de gergelim em função de lâminas de irrigação e de genótipos dos 15 aos 90 dias após a emergência

F.V.	Altura de plantas (cm)					
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
Lâmina 1	14,908 a	22,208 a	68,417 a	120,667 a	135,167 b	142,333 b
Lâmina 2	16,700 a	24,000 a	76,250 a	131,917 a	142,500 ab	148,833 ab
Lâmina 3	19,742 a	27,042 a	78,500 a	138,750 a	152,083 ab	162,500 ab
Lâmina 4	18,992 a	26,292 a	78,583 a	142,917 a	164,583 a	175,250 a
Lâmina 5	15,783 a	23,083 a	72,500 a	129,333 a	145,417 ab	151,167 ab
Genótipo 1	18,550 a	25,850 a	79,800 a	126,400 a	141,200 a	149,950 a
Genótipo 2	17,550 a	24,850 a	73,400 a	132,400 a	151,500 a	160,950 a
Genótipo 3	15,575 a	22,875 a	71,350 a	139,350 a	151,150 a	157,150 a

* As colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey

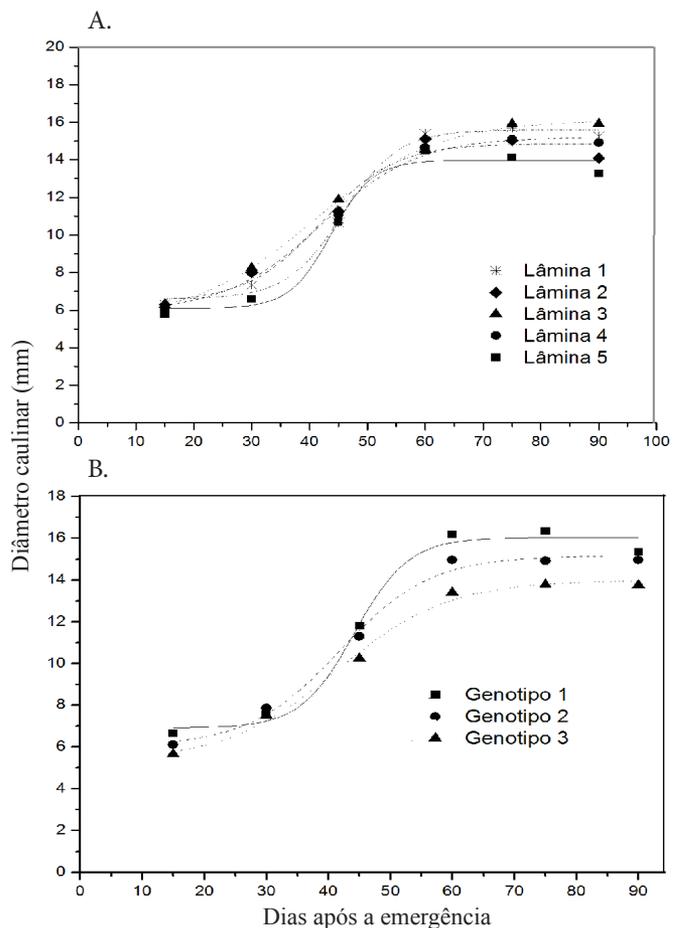
**Figura 1.** Altura da planta de gergelim em função de lâminas de irrigação (A) e dos genótipos (B) ao longo do tempo de estudos (dias)

e 70 DAE; ao final do ciclo, entretanto, G2 (BRS 196 CNPA G4) superou os demais por ter sido crescente seu crescimento em altura, nas últimas avaliações. Tal comportamento foi semelhante ao encontrado por Severino et al. (2002), em estudo realizado sobre estimativa da área foliar de plantas da cultivar CNPA G4 de gergelim; enfim, a menor altura foi observada no genótipo 3 (ELAG09 - 27561) em todo o ciclo.

Essas observações corroboram com informações contidas na literatura, de ser maior o crescimento em altura de plantas de gergelim no período entre 30 e 90 dias (Amaral & Silva, 2008).

Em relação ao crescimento em diâmetro das plantas a representação gráfica dos dados relacionados às lâminas de irrigação e aos genótipos ao longo do período de estudos, está apresentada na Figura 2.

Na Figura 2A verifica-se, pelas curvas de regressão, aumento da variável com o aumento da idade das plantas em relação à lâmina aplicada. No final do ciclo da cultura o maior valor de diâmetro foi observado na lâmina 3 (477,88 mm) e o menor foi verificado na lâmina 5 (1026,50 mm) em decorrência, possivelmente, do excesso de água nesse tratamento, devido a um vazamento nos primeiros dias após a

**Figura 2.** Diâmetro caulinar da planta de gergelim em função de lâminas de irrigação (A) e dos genótipos (B) ao longo do tempo de estudo (dias)

germinação das sementes, prejudicando o crescimento inicial das plântulas.

Observa-se, à medida em que se fornece água, que o diâmetro das plantas varia com maior incremento no período de 30 a 60 DAE, estabilizando-se até o final do ciclo (Amaral & Silva, 2008).

Em estudo realizado sobre o crescimento e desenvolvimento do gergelim em estresse hídrico, Bezerra (2008) constatou, no tratamento sem estresse, que o crescimento em diâmetro do caule das plantas de gergelim foi menor em virtude, sem dúvida, da saturação dos macro e microporos do solo reduzindo a aeração e inibindo o desenvolvimento do sistema radicular com reflexos negativos sobre o crescimento da cultura.

Quanto ao crescimento dos genótipos em diâmetro (Figura 2B), verifica-se que a tendência das curvas é semelhante à registrada para as lâminas de irrigação. Até 30 DAE o crescimento foi lento acentuando-se a partir de 30 DAE e se estabilizando aos 60 DAE. O genótipo 1 (BRS Seda) se destacou dos demais em diâmetro, depois de 45 DAE, até o final do ciclo. Como plantas de gergelim estão sujeitas a acamamento, dependendo de condições edafoclimáticas, o maior crescimento em diâmetro é uma característica importante agronomicamente por estar relacionada à maior resistência ao tombamento das plantas (Linzmeier Júnior et al., 2008; Vasquez et al., 2008). Menor diâmetro foi observado no genótipo 3 (ELAG09 – 27561) em todo o ciclo.

Na Figura 3 estão apresentadas curvas de regressão relativas à área foliar das plantas submetidas às diferentes lâminas de irrigação e em função dos genótipos utilizados. Em geral, foi sempre crescente o aumento da área foliar (Figura 3A) até 60 DAE, com exceção dos tratamentos L3 e L4, com tendência de aumentar até a coleta final das plantas. Também se notou, nas variáveis anteriores, maior eficiência da lâmina 4 de irrigação. Mencionados dados estão em acordo com os relatados por Severino et al. (2002), ao estudarem a análise do crescimento e a fenologia da cultivar CNPA G4 de gergelim.

A redução na área foliar foi maior que a do número de folhas, um indicativo de que a restrição causada pela deficiência hídrica foi maior na expansão que na divisão celular (Pinto, 2006). A maior área foliar foi registrada na lâmina 4 (698,88 mm) enquanto a menor foi observada na lâmina 5 (1026,50 mm). Nota-se que, com o menor volume de água aplicada via irrigação (L1), a área foliar foi a terceira dentre os tratamentos, perdendo

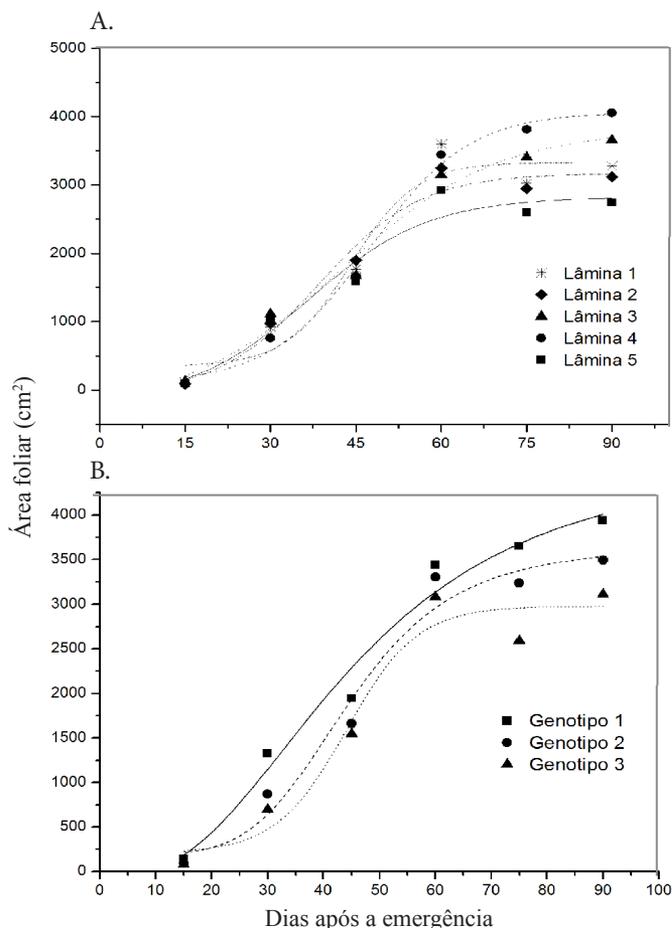


Figura 3. Área foliar da planta de gergelim em função de lâminas de irrigação (A) e aos genótipos (B) ao longo do tempo (dias)

apenas para L3 e L4, um indicativo da baixa exigência hídrica do gergelim, fato também verificado por Silva et al. (2011) em cultivares de girassol.

Quanto aos genótipos a maior área foliar foi observada em G1 (Figura 3B), um indicativo de que a ‘BRS Seda tenha possivelmente, expressado melhor seu potencial dentre os demais genótipos estudados; enquanto isto, a menor área foliar entre os genótipos foi verificada em G3 (ELAG09-27561), o que menos respondeu aos tratamentos de irrigação. As plantas, sob as menores lâminas de irrigação estavam, ao final do ciclo, murchas, com visível redução na turgescência e enrolamento do limbo foliar.

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente aos dados de peso de matéria seca de raiz, caule, folhas e frutos

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		PMS raiz	PMS caule	PMS folhas	PMS frutos
Genótipo (G)	2	14,6251237 ^{ns}	1,72096007 ^{ns}	2,43318455 ^{ns}	7,8368709 ^{**}
Bloco	3	15,8176368 ^{ns}	3,84451431 ^{ns}	0,86668117 ^{ns}	4,0335773 ^{ns}
Resíduo (a)	6	5,16230067	1,28694211	1,48594151	0,56990808
(Parcelas)	11	-	-	-	-
Lâmina (L)	4	4,67316986 ^{ns}	3,77484232 ^{ns}	0,53693757 ^{ns}	4,6340589 ^{ns}
Resíduo (b)	12	3,54153755	1,40420884	0,68009937	3,71297853
G x L	8	2,34686961 ^{ns}	2,95156569 ^{ns}	0,47608790 ^{ns}	4,1274942 ^{ns}
Resíduo (c)	24	2,1065210	1,9036773	0,55502414	1,9658439
C.V.(%)	-	26,21344	18,79889	15,98694	19,64517

**Significativo: $p < 0,01$; *Significativo: $p < 0,05$; ^{ns}Não significativo

Em relação ao peso da matéria seca (PMS) o resumo da análise de variância e os valores médios obtidos nas variáveis avaliadas estão nas Tabelas 3 e 4. As variáveis PMS Raiz, PMS Caule e PMS Folhas não foram afetadas significativamente pelos fatores em estudo; apenas em PMS Frutos foi significativo o fator genótipo ($p < 0,01$), sem efeitos entre lâminas de irrigação. Mesmo sem haver significância estatística para a interação analisaram-se os efeitos dos volumes de irrigação nos genótipos com base na comparação das médias contidas na Tabela 4.

As médias relacionadas às variáveis (Tabela 4) diferem em alguns tratamentos. Menor fitomassa de raiz foi formada pelo G3 (ELAG09-27561) na lâmina maior de irrigação e o maior sistema radicular foi em G1 (BRS Seda), nos tratamentos de maior volume aplicado de água. Vale lembrar que G3 foi o genótipo com os menores valores das variáveis de crescimento.

Em matéria seca de caule e de folhas não se registrou qualquer diferença significativa relacionada a lâminas de irrigação ou a genótipos; entretanto, a matéria seca de frutos foi significativamente menor no genótipo 1 (BRS Seda) quando as plantas foram irrigadas com o maior volume de água (L5).

Em geral, a acumulação de fitomassa não foi afetada pelas lâminas de irrigação nos vários órgãos das plantas de gergelim com exceção do sistema radicular de G1, conforme já discutido. Ressalte-se a grande diferença entre os volumes aplicados de água correspondentes às lâminas com apenas 47,38 mm em L1, crescendo até 1.026,50 mm no tratamento de maior lâmina. Tais considerações são relevantes para se analisar a baixa exigência hídrica do gergelim ou, em outros termos, sua tolerância ao estresse hídrico pois no período do experimento não ocorreram chuvas desenvolvendo-se as plantas apenas com os volumes de água fornecidos pela irrigação. Resultados semelhantes também foram registrados por Boydak et al. (2007) e Erkan et al. (2007), em experimentos realizados na África. Segundo El Naim et al. (2010), é mais importante a regularidade de água à disposição das plantas de gergelim que o volume fornecido, o que aconteceu neste experimento podendo, em geral, ser a explicação para o crescimento satisfatório das plantas, mesmo com o pequeno volume de água na lâmina 1.

Os valores de matéria seca registrados nas várias partes das plantas são similares aos encontrados por Almeida et al.

(2010), ao avaliar a fitomassa seca de gergelim embora tenham trabalhado com níveis de adubação orgânica.

Na Tabela 5 estão os dados da análise de variância relativos aos componentes de produção avaliados. O teor de umidade das sementes não variou significativamente entre os fatores em estudo mas foram observadas diferenças significativas em peso de mil sementes e no teor de óleo.

Os valores médios dos componentes de produção estão na Tabela 6. Para a variável teor de umidade das sementes, embora sem significância estatística, os dados estão dentro da faixa de exigência do mercado pois a média de 5,37% é menor que o padrão de 5,40% (Firmino et al., 2010).

O peso de mil sementes variou de forma significativa entre os genótipos mas sem ser afetado pelo volume de água aplicado via irrigação. Em relação às exigências de mercado nota-se que todos os valores são superiores ao padrão de 3 gramas (Queiroga et al., 2010). As sementes de G1 (BRS Seda) foram as mais pesadas e as de G3 as de menor peso. Trabalhando na Turquia Alpaslan et al. (2001) registraram resultados semelhantes variando espaçamento e níveis de irrigação.

Também foi significativo o teor de óleo das sementes a nível de 0,05 entre genótipos e de 0,01 entre lâminas de irrigação; mesmo sendo significativos ambos os fatores, seu efeito foi independente, isto é, não houve diferença entre genótipos influenciada pelos tratamentos de irrigação. Em geral, ocorreu

Tabela 5. Resumo das análises de variância referente aos dados de umidade das sementes, peso de mil sementes e teor de óleo

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		Teor de umidade	Peso de mil sementes	Teor de óleo
Genótipo (G)	2	0,0641 ^{ns}	0,1351**	15,4587*
Bloco	3	0,0473 ^{ns}	0,01283 ^{ns}	4,7445
Resíduo (a)	6	0,0504	0,0138	2,2711
(Parcelas)	(11)	-	-	-
Lâmina (L)	4	0,0529 ^{ns}	0,009 ^{ns}	2,632**
Resíduo (b)	12	0,0791	0,0447	0,316
G x L	8	0,0729 ^{ns}	0,0314 ^{ns}	0,7524 ^{ns}
Resíduo (c)	24	0,1488	0,0286	0,595
C.V.(%)	-	7,18	5,22	1,49

**Significativo a 0,01 de probabilidade; *Significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns}Não significativo

Tabela 4. Peso médio* de matéria seca (PMS) de raiz, caule, folhas e frutos em função dos genótipos e dos tratamentos de irrigação

Lâminas	Genótipos					
	G 1		G 2		G 3	
	PMS de raiz			PMS de caule		
L 1	4,6775 aB	4,2737 aA	5,3452 aA	8,0117 aA	6,3507 aA	7,1552 aA
L 2	6,9412 aAB	5,9945 aA	5,1810 aA	7,9890 aA	8,2697 aA	7,4680 aA
L 3	7,7552 aA	4,8355 bA	6,0110 abA	9,3525 aA	7,1042 aA	7,3285 aA
L 4	5,9365 aAB	4,2580 aA	5,1780 aA	7,3007 aA	6,4562 aA	7,3262 aA
L 5	7,2215 aA	5,0895 abA	4,3535 bA	5,6865 aA	7,3395 aA	6,9530 aA
	PMS de folhas			PMS de frutos		
L 1	4,8535 aA	4,6130 aA	3,9167 aA	7,9592 aA	6,2005 aA	7,4850 aA
L 2	5,5120 aA	4,8940 aA	4,3287 aA	8,6377 aA	7,7062 aA	7,1385 aA
L 3	5,3452 aA	4,2860 aA	4,2485 aA	9,4970 aA	6,4655 bA	6,3297 bA
L 4	4,5782 aA	4,4677 aA	4,3252 aA	7,8870 aA	6,1687 aA	7,1235 aA
L 5	4,6710 aA	5,1972 aA	4,6635 aA	5,2980 aB	7,0160 aA	6,1430 aA

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey
L1 = 47,38 mm; L2 = 240,38 mm; L3 = 477,88 mm; L4 = 698,88 mm e L5 = 1026,50 mm

Tabela 6. Teor médio* para teor de umidade das sementes (%), peso de mil sementes (g) e teor de óleo (%), em função de diferentes lâminas de irrigação e dos genótipos estudados

F.V.	Teor de umidade (%)	Peso de mil sementes (g)	Teor de óleo (%)
Lâmina 1	5,4417 a	3,2333 a	52,5667 a
Lâmina 2	5,3717 a	3,2050 a	52,2033 ab
Lâmina 3	5,3050 a	3,2683 a	51,7542 bc
Lâmina 4	5,4300 a	3,2442 a	51,4325 c
Lâmina 5	5,3017 a	3,2700 a	51,5817 bc
dms	0,3660	0,2751	0,7319
Genótipo 1	5,3115 a	3,3195 a	51,7500 ab
Genótipo 2	5,3740 a	3,2565 ab	51,1180 b
Genótipo 3	5,4245 a	3,1565 b	52,8550 a
dms	0,2179	0,1138	1,4621

* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey
L1 = 47,38 mm; L2 = 240,38 mm; L3 = 477,88 mm; L4 = 698,88 mm e L5 = 1026,50 mm

tendência de diminuir o teor de óleo com aumento do volume de água aplicado na irrigação sendo os valores mais elevados nas sementes das plantas recebendo as duas menores lâminas.

Mesmo o menor teor de óleo (51,4%), obtido nas plantas submetidas à lâmina 3 (477,88 240,38 mm), pode ser considerado elevado uma evidência da riqueza produtiva desta oleaginosa. Segundo Kimbonguila et al. (2009) o gergelim está entre as espécies vegetais com mais alto teor de óleo (com constituintes de alto valor nutricional), podendo variar entre 35 e 63%, estando os valores encontrados nesta pesquisa no terço superior desta escala mencionada pelos autores.

Comparando os genótipos (Tabela 6), maior teor de óleo foi registrado na linhagem G3 (ELAG09 - 27561), com 52,86% diferindo apenas de G2 (BRS 196 CNPA G4) com teor de 51,12%.

Os resultados da análise de variância para os outros componentes de produção (número de frutos por planta, rendimento de grãos e índice de colheita) estão na Tabela 7. Efeitos significativos foram observados para a interação G x L em número de frutos por planta (NFP) e para o fator lâminas no rendimento de grãos.

Os valores relativos ao desdobramento da interação entre os fatores (G x L) para os dados de número de frutos por planta estão na Tabela 8. De início, nota-se que a produção de G2 e G3 não

Tabela 7. Resumo das análises de variâncias referentes aos dados de número de frutos por planta, rendimento de grãos e índice de colheita

F.V.	G.L.	Quadrados médios		
		NFP ¹	Rendimento de grãos (kg m ⁻²)	I.C. ¹
Genótipo (G)	2	22,3113 ^{ns}	0,000187 ^{ns}	0,00717348 ^{ns}
Bloco	3	22,9055 ^{ns}	0,001450 ^{ns}	0,03869011 ^{ns}
Resíduo (a) (Parcelas)	6 (11)	7,3925	0,00175730	0,01114469
Lâmina (L)	4	5,9642 ^{ns}	0,01256675*	0,03622616 ^{ns}
Resíduo (b)	12	6,0225	0,00056720	0,01759886
G x L	8	16,8245*	0,00025729 ^{ns}	0,01640392 ^{ns}
Resíduo (c)	24	6,2338	0,00030896	0,01621810
C.V (%)	-	21,72	17,89	19,09

**Significativo: p < 0,01; *Significativo: p < 0,05; ^{ns}Não significativo; ¹dados transformados em √x

diferiu entre as lâminas de irrigação enquanto em G1 foi obtido menor número de frutos com menor volume aplicado de água.

Tabela 8. Número médio* de frutos por planta ao se desdobrar a interação genótipos x lâminas (G x L)

Lâminas	Genótipos – Número de frutos por planta ¹		
	G1	G2	G3
L1	9,082 aC	9,565 aA	11,843 aA
L2	14,622 aAB	10,370 aA	8,796 bA
L3	15,051 aA	11,267 abA	9,631 bA
L4	11,441 aABC	12,553 abA	10,373 aA
L5	12,892 aABC	12,921 aA	11,972 aA

* Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS na linha = 4,3167 e na coluna = 3,8412. ¹ dados transformados √x
L1 = 47,38 mm; L2 = 240,38 mm; L3 = 477,88 mm; L4 = 698,88 mm e L5 = 1026,50 mm

Em relação ao rendimento de grãos, os dados estão na Tabela 9 verificando-se ter aumentado a produção de grãos em peso, em todos os genótipos, de modo crescente, em função dos tratamentos de irrigação. Relacionando esses dados com os apresentados antes sobre número de frutos por planta, deduz-se ter variado o número de sementes entre os tratamentos de irrigação, principalmente em G2 (BRS 196 CNPA G4) e G3 (ELAG09 - 27561). Em NFP não houve diferença entre esses dois genótipos com aumento da irrigação mas no peso de grãos foi detectada diferença entre eles em função das lâminas, indicativo de maior número de sementes por cápsula considerando-se que em peso de mil sementes, já discutido, não foi detectada diferença entre lâminas.

Tabela 9. Desdobramento da interação genótipos x lâminas (G x L) para rendimentos de grãos sob diferentes lâminas de água

Genótipos/ Lâminas	Rendimentos de grãos (kg m ⁻²)		
	G1	G2	G3
L1	0,0545 aD	0,0650 aB	0,0671 aB
L2	0,0751 aD	0,0782 aB	0,0842 aB
L3	0,0996 aBC	0,0922 aAB	0,0967 aAB
L4	0,1136 aB	0,1010 aAB	0,1030 aAB
L5	0,1632 aA	0,1391 aA	0,1413 aA

Nas colunas médias seguidas pela mesma letra maiúscula e nas linhas pela mesma letra minúscula não diferem entre si (p < 0,05) pelo teste de Tukey. DMS na linha = 0,052604 e na coluna = 0,02648

L1 = 47,38 mm; L2 = 240,38 mm; L3 = 477,88 mm; L4 = 698,88 mm e L5 = 1026,50 mm

Na análise de regressão (Figura 4) verifica-se que com lâminas menores (L1 e L2), a produtividade foi baixa, comparada às demais. A partir da lâmina L3 a produção em peso dos grãos de gergelim aumentou progressivamente alcançando uma média máxima de 0,150 kg m⁻² ou 1500 kg ha⁻¹ em L5. Resultados similares de produção foram obtidos por Pereira et al. (2008), quando avaliaram diferentes genótipos de gergelim no cerrado do Distrito Federal.

Karaaslan et al. (2007) verificaram que o excesso e/ou a falta severa de água prejudica o rendimento de grãos de gergelim e, em contrapartida, a eficiência de uso de água podendo reduzir a taxa de crescimento da cultura fazendo com que haja menor produção de matéria seca e de grãos.

Souza et al. (2000) não observaram, testando tratamentos de déficit hídrico em gergelim em condições de casa de vegetação, diferenças significativas na produção de sementes.

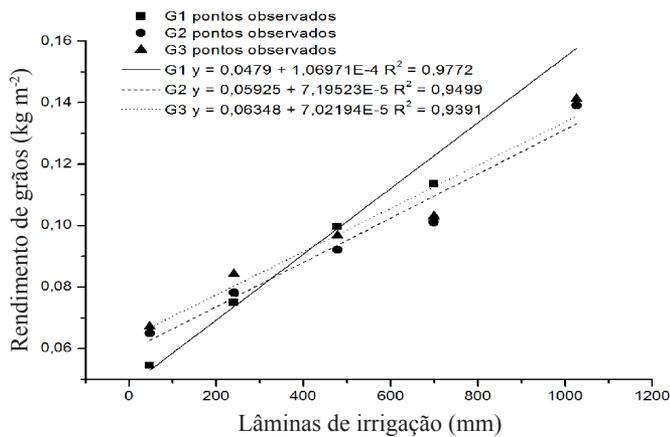


Figura 4. Modelos de regressão para rendimento de grãos (kg m^{-2}) em função de lâminas de irrigação e dos genótipos

Voltando a analisar a Figura 4 constata-se, no genótipo G1, um rendimento maior de grãos nos tratamentos em que as plantas receberam maior volume de irrigação; ao contrário, nas menores lâminas de irrigação as maiores médias de rendimento de grãos foram produzidas pelos genótipos G2 e G3; assim, pode-se afirmar que em condições favoráveis de irrigação, com lâminas acima de 1000 mm, o genótipo 1 (BRS Seda) é o mais indicado para esta situação e que o mesmo genótipo é o menos apropriado para situações de regime hídrico menor que 400 mm.

CONCLUSÕES

1. Com maior disponibilidade de água a cultivar BRS Seda deve ser cultivada e com menos água, a linhagem ELAG09-27561.
2. As lâminas de irrigação não afetam a acumulação de fitomassa de raízes, caules nem folhas dos genótipos.
3. Os maiores teores de óleo são obtidos com menor disponibilidade de água para as plantas.
4. A lâmina de irrigação de 1026,5 mm duplica a produtividade do gergelim (1.500 kg ha^{-1}), em relação à menor disponibilidade hídrica.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pela estrutura didático-científica e à Embrapa Algodão, pela disponibilização de suas instalações de pesquisa em Barbalha, CE, possibilitando a realização desta pesquisa.

LITERATURA CITADA

Amabile, R. F.; Costa, T. M. C.; Fernandes, F. D. Efeito do espaçamento e da densidade de sementeira do gergelim no cerrado do Distrito Federal. *Revista Ceres*, v.49, p.547-554, 2002.

Almeida, A. E. da S.; Costa, F. E.; Soares, C. S.; Magalhães, I. D.; Torres, F. E.; Alves, G. M. R. Avaliação da fitomassa seca de gergelim sob adubação orgânica. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4, Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p.460-464.

Alpaslan, M.; Boydak, E.; Hayta, M.; Gerçek, S.; Simsek, M. Effect of row space and Irrigation on seed composition of turkish sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v.78, p.933-935, 2001.

Amaral, J. A. B. do; Silva, M. T. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do gergelim por manejo de irrigação. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.12, p.25-33, 2008.

Aragão, V. F.; Fernandes, P. D.; Gomes Filho, R. R.; Carvalho, C. M. de; Feitosa, H. de O. Feitosa, E. de O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.6, p.207-216, 2012.

Bezerra, S. A. Crescimento e desenvolvimento do gergelim em estresse hídrico em substrato de biossólido e adubo químico. Campina Grande: UFCG, 2008. 60p. Dissertação Mestrado

Boydak, E.; Karaaslan, D.; Simseke, M.; Gerçek, S.; Kirmak, H.; Kasp, Y.; Ozturk, I. Effect of irrigation methods and irrigations interval on yield and some yield components of sesame growing in semi-arid area. *Southeast Anatolia Agricultural Research Institute. Asian Network for Scientific Information. Journal of Agronomy*, v.6, p.439-443, 2007.

El Naim, A. M.; Ahmed, M. F.; Ibrahim, K. A. Effect of Irrigation and cultivar on seed yield, yield's components and harvest index of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, v.6, p.492-497, 2010.

Erkan, B.; Davut, K.; Mehmet, S.; Sinan, G.; Hilaj, K.; Yasar, K.; Irfan, O. Effect of irrigation method and irrigation intervals on yield and some yield components of sesame growing in semi-arid area. *Journal of Agronomy*, v.6, p.439-443, 2007.

Firmino, P. de T.; Souza, W. J. B. de; Silva, A. C.; Almeida, K. V. de; Teotônio, M. A.; Queiroga, V. de P. Estudo das sementes de gergelim BRS Seda orgânicas produzidas no sertão piauiense. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4 e Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p.2084-2087.

Grilo Júnior, J. A. S.; Azevedo, P. V. de. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim 'BRS Seda' na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). *Revista Holos*, v.2, p.19-33, 2013.

Karaaslan, D.; Boydak, E.; Gerçek, S.; Simsek, M. Influence of irrigation intervals and row spacing on some yield components of sesame grown in Harran region. *Asian Journal of Plant Sciences*, v.6, p.623-627, 2007.

Kimbonguila, A.; Silou, T.H.; Linder, M.; Desobry, S. Chemical composition on the seeds and oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) grown in Congo-Brazzaville. *Advance Journal of Food Science and Technology*, v.1, p.6-11, 2009.

- Lima, F. A.; Sousa, G. G. de; Viana, T. V. de A.; Pinheiro Neto, L. G.; Azevedo, B. M. de; Carvalho, C. M. de. Irrigação da cultura do gergelim em solo com biofertilizante bovino. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.7, p.102-111, 2013.
- Linzmeier Júnior, R.; Guimaraes, V. F.; Santos, D.; Bencke, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. *Acta Scientiarum, Agronomy*, v.30, p.373-379, 2008.
- Netto, A. O. A.; Rodrigues, J. D.; Pinho, S. Z. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.901-907, 2000.
- Oliveira, E. C.; Carvalho, J. A.; Rezende, F. C.; Freitas, W. A. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. *Engenharia Agrícola*, v.31, p.324-33, 2011.
- Pereira, V. C.; Amabile, R. F.; Arriel, N. H. C.; Barbosa, F. de S.; Ribeiro Júnior, W. Q. Avaliação de genótipos de gergelim no cerrado do Distrito Federal. In: Simpósio Nacional do Cerrado, 9, e Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2, 2008. Anais...Brasília: Parla Mundi, 2008. CD-Rom
- Pinto, C. de M. Respostas morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. Fortaleza: UFC, 2006. 80p. Dissertação Mestrado
- Queiroga, V. de P.; Gondim, T. M. de S.; Firmino, P. de T.; Silva, A. C.; Queiroga, D. A. N. Colheita manual e diferentes formas de aproveitamento de grãos de gergelim. *Revista Agro@ambiente*, v.4, p.110-117, 2010.
- Severino, L. S.; Beltrão, N. E. de M.; Cardoso, G. D.; Farias, V. A.; Lima, C. L. D. Análise do crescimento e fenologia do gergelim cultivar CNPA G4. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.6, p.599-608, 2002.
- Silva, A. R. A.; Bezerra, F. M. L.; Sousa, C. C. M.; Pereira Filho, J. V.; Freitas, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.57-64, 2011.
- Silva, L. C.; Santos, J. W. dos; Vieira, D. J.; Beltrão, N. E. De M.; Alves, I.; Jerônimo, J. F. Um método simples para se estimar área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.). *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.6, p.491-495, 2002.
- Souza, J. G. de; Beltrão, N. E. de M.; Santos, J. W. dos S. Fisiologia e produtividade do gergelim em solo com deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.4, p.163-169, 2000.
- Vasquez, G. H.; Carvalho, N. M.; Borba, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e qualidade fisiológica da semente de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, p.1-11, 2008.
- Winward, T. W.; Hill, R.W. Catch-can performance under a line-source sprinkler. *Transactions of the ASABE*, v.50, p.1167-1175, 2007.