

Genótipos de *Carthamus tinctorius* L. em cultivo irrigado e sob sequeiro¹

Reginaldo Ferreira Santos²; Marcelo de Almeida Silva³, Antonio Evaldo Klar³, Natasha Barchinski Galant⁴, Christian Valcir Kniphoff de Oliveira⁴, Marinez Carpiski Sampaio⁴ e Racieli Knöner Santos⁵

¹Aceito para publicação no 2º Trimestre de 2015.

²Pós Doutorando da UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, CEP 18610–307, Botucatu, SP. reginaldo.santos@unioeste.br

³ Docentes da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Campus de Botucatu, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, CEP 18610–307, Botucatu, SP. marcelosilva@fca.unesp.br

⁴Mestrandos da Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Programa de Engenharia de Energia na Agricultura, Campus de Cascavel, Rua Universitária, 2069, CEP 85819-110, Cascavel, PR. nah.bio@gmail.com, mari_marinez@hotmail.com

⁵Acadêmica em Engenharia Civil – Universidade Adventista de São Paulo – Unasp - Estrada Municipal Pr. Walter Boger – Lagoa Bonita, s/n CEP 13165000, - Engenheiro Coelho, SP.

Resumo: Um estudo de campo foi realizado com objetivo de determinar o efeito da irrigação na fase inicial de crescimento do cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) para semeadura de outono em São Paulo, Brasil. Os ensaios de campo foram realizados em Argissolo de textura arnosa B textural. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições em esquema fatorial (2 x 4): dois níveis de água e quatro genótipos de cártamo (G1, G2, G3, G4, G5). Foi avaliado no período de estudo o comportamento de comprimento do caule (CC), comprimento de raiz (CR), massa de caule (MC) diâmetro de caule (DC) e diâmetro da raiz (DR),

aos 30 dias após a emergência. A análise da variância e o teste de comparação de média foram realizados por Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados deste estudo mostram que o genótipo de cártamo foi significativamente afetado pela escassez de água no solo devido ao período de seca durante a fase vegetativa. Os rendimentos morfométrico mais elevados foram observados para as variáveis nos tratamentos sob irrigação. Houve interação significativa para as variáveis avaliadas. A irrigação aumentou significativamente CC, CR, MC, DC, e DR respectivamente em 55, 34, 485, 95, 108% em relação ao cultivo de sequeiro. Entre os genótipos estudados a diferenças também foram significativas, chegando a 372% entre o CC dos G4 e G5 e 172% entre as MC do G2 e G4.

Palavras-Chave: Cártamo, déficit hídrico, irrigação.

***Carthamus tinctorius* L. genotypes in irrigated and dryland under**

Abstract: A field study was conducted to determine the effect of irrigation in the early stage of safflower growth (*Carthamus tinctorius* L.) for fall planting in São Paulo, Brazil. Field trials were conducted in texture Argisol sandy B texture. The experimental design was completely random with four replications in a factorial arrangement (2 x 4): two levels of water and four safflower genotypes (G1, G2, G3, G4, G5). Were evaluated during the study period the stem length behavior (CC), root length (CR), stem mass (BM) stem diameter (DC) and diameter of the root (DR), 30 days after emergence. The analysis of variance and mean comparison Tukey test was performed by 5% probability. The results of this study show that safflower genotypes was significantly affected by water scarcity in the soil due to drought during the growing season. The highest yields were observed for morphometric variables in treatments under irrigation. There was a significant interaction for the variables evaluated. The significantly increased irrigation CC, RC, MC, DC, and DR respectively at 55, 34, 485, 95, 108% relative to upland farming. Among the genotypes studied the differences were also significant, reaching 372% of the CC of the G4 and G5 and 172% between MC G2 and G4.

Keywords: Safflower, deficit hydric, irrigation.

Introdução

Acredita-se que as alterações climáticas, cujo efeito está sendo cada vez mais sentido, vai ser mais grave no hemisfério Sul, principalmente em países africanos, uma boa parte da Austrália e no Brasil (BRASIL, 2008, SANTOS et al., 2012). A seca é um dos resultados esperados das mudanças climática mais prejudicial à agricultura, o que exige a utilização eficaz da água em áreas irrigadas (ESENDAL et al., 2008, MIRI; BAGHERI 2013).

Devido ao rápido crescimento da população, e o aumento da exigência de alimentos e recursos hídricos, é inevitável a redução de água destinada a irrigação nos cultivos. Há a necessidade da agricultura se adaptar a esse ajuste da água para a irrigação. Outro ponto importante a considerar é o prejuízo advindo de uma seca prolongada ou fora de tempo. Ela também pode causar atrasos de plantio e comprometer todo o cumprimento das fases de crescimento e reprodução das plantas o que irá proporcionar uma redução significativa de produção (JAJARMI et al., 2014).

Em cada estágio do ciclo de uma planta ela pode apresentar sensibilidade e adaptativos diferentes frente à seca. Por isso, o conhecimento sobre o comportamento das plantas em cada estágio de crescimento frente à disponibilidade de água pode favorecer o manejo racional do uso da irrigação no meio agrícola (SANTOS; CARLESSO, 1998). Para o algodão e o milho, as fases mais sensíveis são a floração e formação de cápsula, já a soja é o crescimento vegetativo, o trigo a floração e enchimento de grãos (KIRDA, 2002).

O cártamo é uma cultura não convencional que oferece alta resistência à falta de água e que pode servir como alternativa de cultivo em condições de adversidades climáticas, podendo ser cultivada em praticamente toda época do ano (DANTAS et al., 2011, SANTOS; SILVA, 2015). O histórico desta cultura está relacionado à produção de óleo e corante vermelho (RAJVANSHI et al., 2005). Estudos vêm sendo desenvolvidos com objetivo de se selecionar genótipos que se adapte com mais facilidade as condições climática do Brasil (Silva, 2013). As oleaginosas tem papel preponderante nos países em desenvolvimento econômico, principalmente aqueles que têm a sua economia com base agrícola. O fornecimento de óleo e proteína é papel vital na independência econômica e alimentar desses países (FARZANEH et al., 2010).

O cártamo é uma oleaginosa anual da família das Asteraceae, altamente ramificada, herbácea, geralmente com espinhos longos e afiados sobre as folhas e capítulos (PACE et al., 2015). A raiz profunda e as folhas espinhosas são dois atributos da planta que lhe dão maior tolerância a seca e ao calor (ZAREMANESH et al., 2013). Historicamente é uma das culturas mais antigas, era cultivada na região do Egito para extração de corantes (ZOHARY et al., 2012). Destaca-se entre as oleaginosas, devido ao elevado teor de óleo (32 a 40%) com 70 % de ácido

linoleico e 30% de ácido oleico (OPLINGER et al., 2010). Possui ainda elevada tolerância à seca e capacidade de adaptação a diferentes condições de solo (BONAMIGO et al., 2013).

Bem como o cártamo apresenta melhor resposta de crescimento em período seco e tem dificuldade de crescimento em períodos de elevadas precipitações. No entanto, estudos mostram que a cultura tem apresentado boa resposta de crescimento e produção sob irrigação (OMIDI et al., 2012; KHALIL et al., 2013). Certamente tanto a irrigação inadequada como a seca causa redução no rendimento de sementes de cártamo. Há estudos em desenvolvimento com objetivo de encontrar e melhorar novos genótipos e práticas agronômicas para regiões mais úmidas do planeta, como é o caso do Brasil com clima tropical e úmido (SILVA, 2013; ZAREIE et al., 2013).

Deve-se considerar que a seca é um fator limitante chave que leva a baixos rendimentos de colheita, especialmente na estação de crescimento culturas de inverno. No caso de São Paulo a chuva não é o suficiente durante os meses de maio a setembro. Em muitas partes do mundo, a água se torna a cada ano um dos principais fatores limitante da produção na agricultura. A escassez de água afeta vários processos fisiológicos das plantas (TAIZ; ZAGER, 2013). Por isso, a irrigação pode melhorar o rendimento da maioria das culturas (HASANVANDI et al., 2014).

Diferentes respostas ao regime de irrigação em genótipos de cártamo são relatadas por Miri; Bagheri (2013), para os autores a resposta a diferentes regimes de irrigação desempenha um papel importante na produção de sementes. Regime de irrigação adequada aumenta o rendimento e o número de ramos secundários em função da manutenção da umidade do solo (OMIDI et al., 2010). Para SAINI; WESTGATE (2000) todas as fases de cártamo são sensíveis ao déficit hídrico. Neste estudo foi encontrado que o estresse hídrico durante o estágio de crescimento, reduz número de sementes e ou flores por capítulos.

Kar et al., (2007) relatou em seus estudos que em regiões de baixas precipitações, há necessidade de irrigação complementar em cultivo de cártamo. Para o autor essa irrigação deve ser aplicada somente quando a chuva deixar de fornecer o suficiente para o crescimento de plantas.

Na avaliação de tolerância a seca de genótipos, faz-se necessária quantificar como a água afeta o crescimento das diversas partes morfológica de uma planta. O impacto no crescimento e

produção causado pelo estresse hídrico em função de períodos secos (Faroop, 2009), bem como a sensibilidade e a capacidade de produzir adaptativos não é igual para cada genótipo e fase de desenvolvimento de uma planta (Meurer, 2007; Gutierrez e Meinzer 1994). Para isso, esse trabalho terá como objetivo avaliar o comportamento morfológico genótipos de cártamo, no estágio de crescimento, em cultivo de sequeiro e irrigado, no município de Engenheiro Coelho, SP.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Escola do Centro Universitário Adventista de São Paulo, UNASP. Localizada na estrada Municipal Pastor Walter Boger no município de Engenheiro Coelho-SP, (22° 29' 18" S, 47° 12' 54" W). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o subtropical úmido do tipo Cwa, com temperaturas do mês mais quente superiores a 22°C e do mês mais frio e inferiores a 18°C. O índice pluviométrico anual da região é de 1.328 mm.

O solo predominante é classificado como Argisolo (Embrapa, 2006), com características químicas e físicas, na profundidade 0 – 20 cm, cujos resultados foram: 6,0 g/dm³ de carbono orgânico; 10,0 g dm⁻³ matéria orgânica; 4,8 de pH (CaCl₂); 7,0 mg dm⁻³ de P; 2,3 mmolc dm⁻³ de K⁺ ; 17 mmolc dm⁻³ de Ca²⁺; 5,0 mmolc dm⁻³ de Mg²⁺; 28,0 mmolc dm⁻³ H + Al; CTC 52,5 mmolc dm⁻³ e 47 % de saturação por bases. Os teores na mesma profundidade foram: 172 g kg⁻¹ de argila; 123 g kg⁻¹ de silte e 705 g kg⁻¹ da fração areia.

As sementes foram dispostas no espaçamento 0,45 x 0,10 m entre e dentro de fileiras, respectivamente. A adubação, semeadura, os tratamentos culturais foram realizados manualmente. A profundidade de semeadura foi em torno de três centímetros, colocando-se trinta sementes por metro. As sementes foram tratadas com fungicida a base de Thiram e semeadas diretamente no solo, sendo colocadas três sementes a cada 10 cm. Para adubação foram aplicados 500 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 (NPK).

O experimento foi semeado no dia 13 de abril, em área de preparo convencional. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro genótipos. Cada parcela experimental foi constituída por três linhas com 16 metros de comprimento. As avaliações foram realizadas na linha central

colhendo quatro plantas representativas, aleatórias respeitando 1,0 m de bordadura nas extremidades.

As plantas foram irrigadas com sistema de gotejamento procurando suprir a demanda atmosférica da região pelo sistema de tubos gotejadores distribuídos no comprimento das linhas de cultivo. Os tratamentos de irrigação foram aplicados durante o estágio de crescimento do cártamo. As plantas foram colhidas aos 30 dias após a emergência. Já os tratamentos sob sequeiro, que não receberam irrigação, apenas as chuvas que ocorreram no período conforme Tabela 2.

Os caracteres avaliados serão: comprimento do caule (CC) – sendo medido da base inicial superior da raiz até o último nó superior do caule; comprimento de raiz (CR) – medida realizada com uma régua de precisão considerando da base superior da raiz a sua extremidade principal; massa de caule (MF) com leitura da massa em balança digital com três casas depois da vírgula; Diâmetro do caule e de raiz (DR) sendo a medida realizada com um paquímetro digital na base do caule e no primeiro terço superior da raiz.

Para a realização da análise estatística será considerado a análise da variância e o teste de comparação de média por Tukey a 5% de probabilidade com o uso do software estatístico (Assistat 7.6 beta).

Resultados e Discussão

A semeadura foi realizada no primeiro terço da estação de outono para o hemisfério Sul. Nesse período os dias vão se tornando curtos e as noites longas. A emergência das plantas ocorreram em sete dias após o plantio. Considerando que a temperatura base para o cartamo é de 5°C, conforme Streck et al., (2005) a soma térmica do período de emergência foram de 126,15°C e até os 30 DAE quando foram realizadas foram de 608,1°C. A temperatura média mínima no período de emergência foi de 17,7°C, a máxima de 28,3°C, com uma média de 3,6 mm/dia de evaporação. A precipitação distribuída nos cinco primeiros dias após o plantio foi 18,7mm. Ocorreram na sequência outros cinco dias secos, logo após o 3º. DAE ocorreu uma chuva de cerca de 10 mm e uma sequência posterior de 27 dias secos. O total de chuva no período de crescimento avaliado foi de 29,6mm. Somando com a irrigação o total de entrada de água foram de 82,1mm. Semelhante à entrada de água no sistema pela precipitação e irrigação, a saída pela

evapotranspiração (ETP) calculada pela equação de estimativa Camargo foi de 81 mm. Não houve ataque significativo de pragas nesse estágio de crescimento, os poucos pulgões que apareceram foram controlados pelas joaninhas, *Rodolia cardinalis*. O solo foi mantido livre de plantas daninhas através da capina manual.

Pelo comportamento da planta de cártamo observado quando em situação de seca, em relação às plantas com suprimento de água, se verifica que alguns aspectos morfológicos, direta ou indiretamente, influenciaram a habilidade dos genótipos em adaptar-se a redução da disponibilidade hídrica de água no solo durante o período analisado de crescimento do cártamo.

Na Tabela 1, encontra-se o resumo da análise de variância, as médias gerais, o coeficiente de variação das variáveis morfológicas avaliadas de quatro acessos de cártamo. Houve diferença significativa ao nível de 1 e 5% pelo teste F. Os coeficientes de variação experimental divergiram de 7,49% para a variável altura de planta a 24,62% para a variável massa de raiz. Pimentel Gomes (2000) considera que valores de coeficiente de variação entre 20 e 30% são elevados.

Tabela 1. Análise da variância e teste de comparação de média dos valores médios de comprimento do caule (CC), comprimento de raiz (CR), massa de folha e (MF) massa de caule (MC) aos 30 dias após a emergência de genótipos (G) de cártamo cultivado em solo de textura arenosa irrigado e sob sequeiro (A) em Engenheiro Coelho-SP.

Variáveis	CC (cm)	CR (cm)	DC (mm)	DR (mm)	MC (g)
A	**	**	**	**	**
G	**	**	**	**	**
A x G	*	**	*	**	**
CV	11.02	13.39	10.88	11.05	24.15
Irigado	16.00 a	13.02 a	8.40 a	6.26 a	8.42 a
Sequeiro	10.29 b	9.72 b	4.30 b	3.01 b	1.44 b
DMS	1.06	1.11	0.50	1.96	0.87
G 1	14.45 b	10.52 b	5.72 b	3.96 b	5.00 b
G 2	17.07 a	10.96 b	5.70 b	5.15 a	6.67 a
G 3	17.37 a	10.75 b	6.25 b	5.24 a	5.64 ab
G 4	3.68 c	13.25 a	7.74 a	4.17 b	2.41 c
DMS	2.00	2.10	0.95	0.71	1.64

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao se observar os resultados na Tabela 1 se verificam que as variáveis estudadas nesse trabalho sofreram influência no seu comportamento morfológico em função tanto da

disponibilidade hídrica como da variação genotípica do cártamo. Da mesma forma a interação ocorreu entre manejo de água e genótipo para todas das variáveis. As respostas das plantas às condições de disponibilidade de água variam com a espécie, genótipo, tempo de exposição e fatores edáficos (Nascimento et al., 2011).

Pode se verificar pelo comportamento das variáveis que a massa de caule foi a variável morfológica que mais mostrou sensibilidade à seca, acumulando 484% mais massa no tratamento irrigado em relação ao sequeiro. Hashemi Dezfuli (1994) em sua investigação dos efeitos da seca em cártamo encontrou que a área foliar, a altura planta e o número capítulos foram reduzidos pela seca, no entanto a massa de caule aumentou discordando dos resultados encontrados neste estudo.

Já a menor sensibilidade foi encontrada para o comprimento das raízes onde o tratamento de sequeiro alcançou 66% do comprimento das raízes em relação ao tratamento sob irrigação. Estes resultados demonstram que as raízes do cártamo sempre procuram se aprofundar, independente do teor de água. O comprimento da raiz é uma característica fundamental para a planta explorar a água e os nutrientes disponíveis no solo (EKANAYAKE et al., 1985). Estudos têm relatado aumento no crescimento da raiz e relação raiz-parte aéreo durante períodos de seca, nesses casos, o crescimento radicular foi aparentemente estimulado quando a disponibilidade hídrica de água no solo foi moderada (Kramer e Boyer, 1995).

Ao se observar o comportamento dos genótipos se verifica que as maiores sensibilidade entre os acessos ocorreram também para comprimento de caule e massa de caule. Para Beyyavas, et al., (2011), no cultivo de cártamo os genótipos precisam apresentar características apropriada às condições edafoclimática do local.

Entre os três genótipos que já passaram por um maior processo de melhoramento, nessa fase de crescimento avaliado, se destaca o genótipo III. As diferenças percentuais superiores do genótipo III para o genótipo IV, foram de 79, 57, 29, 20% a mais respectivamente para CC, MC, MR, DR. O caule foi a variável mais sensível de variação entre os genótipos no período de crescimento do cártamo.

Sob irrigação o diâmetro de caule do cártamo foi de 8,4mm e sob déficit hídrico de 4,3mm. Dardengo et al., (2009) analisando o déficit hídrico em estágio inicial de desenvolvimento de plantas verificaram que o déficit hídrico reduziu o diâmetro de caule. Pizetta

et al., (2012) verificaram que os valores de diâmetro de caule estão associados ao período em que ocorre a irrigação. Já o diâmetro do caule entre os genótipos variaram nesta fase de crescimento de 5,7 a 7,7 mm. Gerhardt, (2014) encontrou em genótipos de cártamo diâmetro de caule, que variaram de 5,5 a 6,9 mm.

O período de avaliação coincidiu com a metade do período considerado de crescimento do cártamo, cerca de 30 DAE. Neste período, de acordo com Pimentel e Rossiello, (1995) a densidade e o comprimento de raízes aumentam até o início da floração. Embora o déficit hídrico estimule a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo, o CR e o DR foram influenciados de forma negativa pelo déficit hídrico, os valores alcançados por essas variáveis morfométricas foram respectivamente a 55, e 108% a mais para os tratamentos sob irrigação. É de se esperar que em condições de déficit hídrico ocorra maior expansão das raízes, devido ao secamento da superfície do solo (HOOGENBOMM et al. 1987). Como o volume de solo explorado está relacionado ao contato entre a superfície das raízes e o solo, possivelmente houve um maior número de emissão de pelos radiculares, porém, os mesmo não podem ser mensurados em função do método mecânico utilizado nas amostragens.

Além do déficit hídrico, dois outros fatores certamente contribuíram para a redução do crescimento das raízes: o fato de se tratar de um solo Bt, já a 15 cm de profundidade e o efeito do Al^{+3} na zona das raízes o que está de acordo com HOJATI et al., (2011). Já Pimentel; Rossiello (1995) afirmam que o ressecamento do solo leva a produção pelas raízes de ácido abscísico (ABA) levando ao fechamento estomático e à diminuição da expansão celular. O ABA pode influenciar as respostas da planta ao déficit hídrico por regular as características morfofisiológicas das plantas (TUBEROSA et al., 1994).

Na avaliação dos genótipos em relação à raiz se verifica que o comprimento da raiz do genótipo IV foi superior aos demais, porém, a massa de raiz e o comprimento, embora diferindo apresentasse valores similares a outros genótipos. O desenvolvimento do sistema radicular depende das características morfológicas e genótípicas (GOLDMANN et al., 1989).

O comportamento dos valores médios das interações entre o manejo de água e genótipos para variáveis morfométricas de comprimento do caule, comprimento de raiz, massa de folha,

massa de caule aos 30 dias após a emergência do cártamo cultivado em Argisolo de textura arenosa irrigada e sob sequeiro em Engenheiro Coelho-SP estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios das interações entre o manejo de água (Água) e genótipos para variáveis morfométricas de comprimento do caule (CC), comprimento de raiz (CR), massa de folha (MF), massa de caule (MC) aos 30 dias após a emergência do cártamo cultivado em Argisolo de textura arenosa irrigada e sob sequeiro em Engenheiro Coelho-SP.

Morfologia	Água	Genótipos			
		I	II	III	IV
CC (cm)	Ir	17.7 aB	20.2 aAB	21.0 aA	5.0 aC
	DH	11.1 bA	13.9 bA	13.7 bA	2.4 bB
CR (cm)	Ir	10.7 aB	14.7 aA	11.6 aB	15.0 aA
	DH	10.3 aA	7.2 bB	9.9 aAB	11.5 bA
DC (mm)	Ir	7.5 aB	8.1 aAB	8.7 aAB	9.1 aA
	DH	3.9 bB	3.2 aAB	3.8 aAB	6.3 bA
DR (mm)	Ir	5.3 aB	7.2 aA	7.3 aA	5.2 aB
	DH	2.6 bA	3.1 bA	3.1 bA	3.1 bA
MC (g)	Ir	8.4 aB	12.1 aA	9.5 aB	3.7 aC
	DH	1.6 bA	1.2 bA	1.8 bA	1.1 bA

Médias seguidas entre si pelas mesmas letras minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não difere entre si pelo de Tukey ($p \leq 0.05$).

Ao se analisar os dados da interação na Tabela 2, pode se observar que o tratamento irrigado propiciou maior valor morfométrico as variáveis analisadas. Já entre os genótipos os maiores valores fonométricos ficaram para o genótipo III e os menores para o genótipo I na avaliação realizada aos 30 DAE. Com exceção dos valores morfométrico de DC, CR os demais valores foram significativamente menor o genótipo IV em relação aos demais genótipos.

Avaliando se o comportamento do manejo de água em G1, pode se verificar que os maiores valores de CC, CR, DC, DR e MC nos tratamentos irrigado em relação ao cultivo de sequeiro em 59, 4, 92, 104 e 425% respectivamente. As diferenças observadas entre os resultados podem ser devidas ao nível de estresse, à diversidade das condições edafoclimáticas do local em que o estudo foi conduzido e à capacidade de adaptação as essas condições, intrínseca a cada genótipo concordando com Bannayan et al. (2008). Embora Sessa Fialho et al. (2010) não encontrou no desenvolvimento inicial efeito da seca com a suspensão do fornecimento de água, Quiroga et al, (2001) e Bassil; Kaffka, (2002) relatam que sob condições irrigadas, o cártamo é uma cultura sensível à disponibilidade de água no solo. Entretanto, devido a sua rusticidade e

tolerância a seca, também pode ser uma cultura potencial ao sistema de sequeiro (YAU, 2004; KAR et al, 2007). Possivelmente o efeito da seca não seja tão intenso no estágio final do crescimento, entretanto, na fase inicial de crescimento a seca exerce papel preponderante na redução morfológica do cártamo, concordando com resultados encontrados e relatados por (ZAREIE et al., 2013).

Embora seja relatada que a fase de florescimento seja a mais sensível para a produção de grãos para as plantas de cártamo (Omidi, 2009; Movahhed Dehnavy et al., 2009; Zareie et al., 2013), se verifica nesse trabalho que a ocorrência de seca prolongada no período inicial do crescimento do cártamo afetou todo o aparato de captação de luz, água e nutrientes das plantas.

O número médio de planta no tratamento irrigado foi de 27.4 plantas/m, praticamente o mesmo que no tratamento com déficit hídrico (27.1 plantas m⁻¹). Cardoso et al. (2000), afirma que o estresse hídrico na fase inicial afeta sensivelmente o processo germinativo, comprometendo, o estabelecimento da cultura, podendo, ainda, paralisar o crescimento, bem como retardar o desenvolvimento. Entretanto, parece que nesse experimento o cultivo sob sequeiro não afetou negativamente a germinação e o desenvolvimento vegetativo das culturas, embora seja relatado por Oliveira; Gomes-Filho, (2009) que nos casos mais graves, ocorrem morte das plântulas. A explicação possivelmente esteja relacionada aos cinco dias chuvosos ocorridos logo após a semeadura das plantas. Entretanto, diversas culturas têm sido expostas a condições de múltiplos estresses que limitam seu desenvolvimento e conseqüentemente diminuem suas possibilidades de sobrevivência (FANTI; PEREZ, 2004).

Conclusões

- 1-** Houve interação entre a disponibilidade de água e os genótipos para todas as variáveis;
- 2-** Observa-se que a variável morfológica mais afetada pela seca foi a massa do caule, demonstrando sensibilidade ao estresse hídrico;
- 3-** As raízes do cártamo são agressivas e independentemente da quantidade disponível de água, buscando sempre se aprofundar;

- 4- A seca prolongada no florescimento afetou todo aparato de captação de luz, água e nutrientes das plantas.

Agradecimentos

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, pela liberação para cursar Pós Doutorado;

A Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Unesp/FCA, por ceder as suas dependências e docente para a supervisão do trabalho e a

Universidade Adventista de São Paulo, Campus Eng. Coelho – UNASP-EC, por ceder espaço, infraestrutura de campo, laboratórios e funcionários para a realização dos projetos experimentais de pesquisas.

Referências

BANNAYAN, M.; NADJAFI, F.; AZIZI, M.; TABRIZI, L.; RASTGOO, M. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. **Industrial Crops and Products**. v. 27, p. 11-16, 2008.

BASSIL, E.S.; KAFFKA, S.R. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation I. Consumptive water use. **Agr Water Manage**. v. 54, p. 67-80, 2002.

BEYYAVAS, V.; HALILOGLU, H.; COPUR, O.; YILMAZ, A.. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars, Lines and Populations under the Semi-Arid Conditions. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 527-534, 2011.

BONAMIGO, T; FORTES, A.M. T; PINTO, T.T; GOMES, F.M; SILVA, J; BATURI, C.V. Interferência alopatóica de folhas de cártamo sobre espécies oleaginosas. **Biotemas**, Florianópolis, v. 26, n. 2, 1–8, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil**. Ministério da Saúde; Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília: Organização PanAmericana da Saúde, 40p. 2008.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; LIMA, M. G. Clima e aspectos de plantio. In: CARDOSO, M. J. (Org.) **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa/Meio-Norte, 2000, 264p. (Circular técnica, 28).

DANTAS, C.V.S.; SILVA, I.B.; PEREIRA, G.M.; MAIA, J.M.; LIMA, J.P.M.S.; MACEDO, C.E.C. Influência da sanidade e déficit hídrico na germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* L.. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 574-582, 2011.

- DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F. dos; PASSOS, R. R. Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro conilon. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 6, p. 1-14, 2009.
- EKANAYAKE, I.J.; TOOLE, J.C.O.; GARRITY, D.P.; MASAJO, T.M. Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. **Crop Science**. 25:927–933, 1985.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- ESENDAL, E.; ISTANBULLUOGLUB, A.; ARSLANA, B.; C. PAŞAA, C. Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Anais...** In: Proceedings of the 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia, pp. 1-6. 2008.
- FANTI, S.C; PEREZ, J.G.A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.903-909, 2004.
- FAROOP, M. Plant drought stress: feffects, mechanism and management. **Agron sustain. Dev.**, v. 29, p.185-212, 2009.
- FARZANEH, T.; SHEIDAI, M.; NOURMOHAMMADI, Z. Cytogenetic and RAPD analysis of cotton cultivars and their F1 progenies. **Caryologia**, v. 63, p. 73-81, 2010.
- GERHARDT, F.S. **Divergência genética entre acessos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)** Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2014. 35p.
- GOLDMANN, I.L.; CARTER, T.E. Jr., PATTERSON, R.P. A detrimental interaction of subsoil aluminum and drought estress on the leaf water status of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.3, p.461-463, 1989.
- GUTIÉRREZ, M. V.; MEINZER, F. C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. **Journal of American Society of Horticulture Science**, v.119, n. 3, p. 652-657, 1994.
- HASANVANDI, M.S.; AYNEHBAND, A.; RAFIEE, M.; MOJADAM, M.; RASEKH, A. Effects of Supplemental Irrigation and Super absorbent polymer on yield and seed quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Dry-farming conditions. **Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.**, v. 3, n. 12, p.174-185, 2014.
- HASHEMI DEZFOULI, A. Growth and yields of safflower as affected by drought stress. **Cop res. Hisar**. v. 7, n.3, p.313-319, 1994.
- HOJATI, M.; MODARRES-SANAVY, S.A.M.; KARIMI, M.; GHANATI, F. Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress. **Acta Physiol Plant**, v .33, p. 105-112, 2011.
- HOOGENBOMM, G.; HUCK, M. G.; PETERSON, C. M. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 597-614, 1987.

JAJARMI, V.; ABAZARIAN, R.; KHOSROYAR, K. Effects of discontinuation of irrigation at different growth stages on winter safflower yield and yield Components. **International Journal of Advanced Life Sciences**, v. 7, n. 2, p. 249-254, 2014.

KAR, G.; KUMAR, A.; MARTHA, M. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. **Agr. Water Manage.** v. 87, p. 73-82, 2007.

KHALIL, N.A.A; DAGASH. Y.M; YAGOUB, S.O. Effect of Sowing Date, Irrigation Intervals and Fertilizers on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Yield. **Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences**, v. 1, n. 5, p. 97-102, 2013.

KIRDA, C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit irrigation practices. **FAO Corporate Document Repository 22**. Rome. 3-10.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. Academic Press, San Diego. 1995.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de ciências do solo**: Viçosa, MG, 1.017 p., 2007.

MIRI, Y.; BAGHERI, H. The Evaluation of Agronomical Traits in Safflower Cultivars under Irrigation Regimes. **International journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 1, p. 117-120, 2013.

MOVAHHEDY DEHNAVY, M.; MODARRES SANAVY, S.A.M.; MOKHTASSI BIDGOLI, A. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. **Industrial Crops and Products**, v. 30, p. 82-92. 2009.

NASCIMENTO, S.P.; BASTOS, E.A.; ARAÚJO, E.C.E.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, E.M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, 853-860, 2011.

OLIVEIRA, A.B; GOMES FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 3, p. 25-34, 2009.

OMIDI, A.H. Effect of drought stress at different growth stages on grain yield and some agro-physiological traits of three spring safflower. **Grain and Plant Prod Journal**, v. 25, p. 15-31, 2009.

OMIDI, A.H. Evaluation of winter safflower lines for qualitative and quantitative traits. **Annual Report of Oilseeds Research Department**. Seed and Plant Improvement Institute. pp: 5, 2010.

OMIDI, A.H; KHAZAEI, H; MONNEVEUX, P; FREDERICK SETODDARD, F. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Turkish Journal of Field Crops**. v. 17, n.1, p.10-15 , 2012.

- OPLINGER, E.S.; PUTNAM, D.H.; KAMINSKI, A.R.; HANSON, C.V.; OELKE, E.A.; SCHULTE, E.E.; DOLL, J.D. Sesame. In: **Alternative Field Crops Manual**. Disponível: <www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/sesame.html>. Acesso em: 10 mar 2010.
- PACE, M.G.; ISRAELSEN, C.E.; CREECH, E.; ALLEN, N. **Growing Safflower in Utah**. February 2015 AG/OilseedCrops/2015-02pr. Extension and Agriculture, Utah State University. Disponível em: <<http://extension.usu.edu/htm/publications>>. Acessado em julho de 2015.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.
- PIMENTEL, C.; ROSSIELO, R.O.P. Entendimento sobre relações hídricas. In: Simpósio Internacional sobre Estresse Ambiental: O Milho Em Perspectiva, 1995, Belo Horizonte, MG. **Anais... EMBRAPA/CNPMS**, v.1. 449 p. p.131-146, 1995.
- PIZETTA, S. C.; OLIVEIRA, A. C. R. de.; REIS, E. F. dos.; RODRIGUES, R. R.; OLMO, B. T. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. Enciclopédia Biosfera, **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, 2012. 12 p.
- QUIROGA, A.R.; DI´AZ-ZORITA, M.; BUSCHIAZZO, D.E. Safflower productivity as related to soil water storage and management practices in semiarid regions. **Commun Soil Sci Plant Anal**. v. 32, n. 17 end 18, p. 2851-2862, 2001.
- RAJVANSHI, A.K. Development of safflower petal collector. **Proceeding of sixth international safflower conference**. Istanbul, Turkey. v. 6, n.10, p.80-85, 2005.
- Saini HS, Westgate ME, 2000. Reproductive development in grain crops during drought. **Advance Agronomy**, v. 68, p. 9-96, 2000.
- SANTOS, R. F.; SOUZA, S. N. M.; SECCO, D. Uma abordagem introdutória sobre mudanças climáticas. In: **Fontes Renováveis - Agro energia**. 1ª. ed. Cascavel: EDUNIOESTE, v.1, p.115-130, 2012.
- SANTOS, R.F.; SILVA, M.A. *Carthamus tinctorius* L.: Uma alternativa de cultivo para o Brasil. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 26-35, 2015.
- SANTOS, R.F; CARLESSO R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.
- SESSA FIALHO, G.; SILVA, D.P.; REIS, E.F.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G. Comportamento de plantas de café arábica submetidas a déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Idesia**, Arica, v. 28, n. 3, 35–39, 2010.
- SILVA, C.J. **Caracterização agrônômica e divergência genética de acessos de cártamo**. 2013. 51p. Tese (Doutorado em Agronomia – Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade estadual Paulista, Botucatu, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p.

TUBEROSA, R.; SANGUINETI, M.C.; LANDI, P. Abscisic acid concentration in leaf and xylem sap, leaf water potential, and stomatal conductance in maize. **Crop Science**, Madison, v.34, p.1537-1563, 1994

YAU, S.K. Safflower agronomic characters, yield and economic revenue in comparison with other rainfed crops in a high elevation, semiarid Mediterranean environment. **Exp. Agriculture**. v. 40, p. 453-462, 2004.

ZAREIE S.; MOHAMMADI-NEJAD, G.; SARDOUIE-NASAB, S. Screening of Iranian safflower genotypes under water deficit and normal conditions using tolerance indices. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 7, p. 1032-1037, 2013.

ZOHARY, D.; HOPF, M.; WEISS, E. **Domestication of plants in the Old World**. Oxford: Oxford University Press. 2012.