

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Comportamento morfológico no período de crescimento de genótipos de *Carthamus tinctorius* L. em cultivo sob sequeiro e irrigado¹

²Reginaldo Ferreira Santos, ³Marcelo de Almeida Silva, ³Antonio Evaldo Klar,
³Mauricio Dutra Zanotto e ⁴Douglas Bassegio

¹ Aceito para Publicação no 1º Trimestre de 2015

² Pós 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.

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.

⁴ 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.

Resumo: Foi realizado um estudo a fim de determinar o efeito da irrigação no início do estágio de crescimento vegetativo em cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) cultivado em solo arenoso, na estação seca de inverno no Estado de São Paulo. O ensaio à campo foi realizado no município de Engenheiro Coelho-SP, sob Argissolo arenoso B textural pouco profundo. O delineamento

experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições em esquema fatorial (2 × 4): dois níveis de água (irrigado e sequeiro) e quatro genótipos de cártamo (I, II, III e IV). Foram avaliados no período de estudo o comportamento de altura de planta (AP), número de folhas (NF), massa fresca de folhas (MF), comprimento total das folhas (CF), largura total das folhas (LF), área foliar (AF) e massa fresca de raízes (MR) aos 30 dias após a emergência. Os resultados deste estudo mostram que os genótipos de cártamo foram significativamente afetados pela escassez de água no solo devido ao período de seca durante a fase vegetativa. Os rendimentos morfométricos mais elevados foram observados para as variáveis no cultivo sob irrigação. As interações foram significativas, exceto dimensões métricas das folhas. Sob interação, as demais variáveis foram afetadas de forma negativa pelo cultivo de sequeiro independentemente do genótipo.

Palavras-Chave: Safflower, deficit hídrico, irrigação.

Morphological behavior during the growth period of *Carthamus tinctorius* L. plants grown under rainfed and irrigated

Abstract: A study was conducted to determine the effect of irrigation occurred in the vegetative stage in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in sandy soil in the dry winter season in São Paulo. The planting took place in the fall. The test was carried out to the field in the city of Engenheiro Coelho, on sandy Argisol B shallow textural. The experimental design was completely casualizado with four replications in a factorial scheme (2 × 4): two levels of water and four safflower genotypes (I, II, III e IV). Were evaluated during the study period the plant

height behavior (AP), number of leaves (NF), leaf mass (MF), total length of the leaves (CF), total width of the sheets (LF), leaf area (AF) and root mass (MR) at 30 days after emergence. The analysis of variance and mean comparison test was performed by the Tukey 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 farming under irrigation. The interactions were significant except metric dimensions of the leaves.

Keywords: Safflower, deficit hydric, irrigation.

Introdução

As mudanças climáticas, cujo efeito está sendo cada vez mais sentido, parece se intensificar a cada ano (SANTOS et al., 2012). A imprensa brasileira tem destacado a excepcionalidade climática 2014, principalmente focalizando a forte seca observada no Sudeste do Brasil, o que levou ao esvaziamento quase total de reservatórios de água, bem como a disponibilidade de água no solo para as plantas.

Cártamo *Carthamus tinctorius* L., é uma dessas espécies de oleaginosa não convencional, da família Asteraceae, xerófita, com alto teor de óleo, proteína que, a principio, pode ser cultivado com vantagens período de seca agrícola em relação às culturas de produção de grãos atuais, além de servir como rotação de cultivo (Hojati et al., 2011). Esta planta pode ser considerada como uma opção para locais de baixa disponibilidade hídrica (DANTAS et al., 2011). O cártamo se destaca entre as oleaginosas, devido ao elevado teor de óleo (35 a 45%) com 70% de ácido

linoléico e 30% de ácido oléico (VIVAS, 2002; BEYYAVAS et al., 2011). Somando-se a estes fatores, o alto potencial desta espécie está ligado além da sua tolerância à seca, à altas ou baixas temperaturas, à baixa umidade relativa do ar e a sua capacidade de adaptação a diferentes condições de solo (BONAMIGO et al., 2013).

O conhecimento do comportamento do cártamo no período seco, e ou pós safrinha poderá facilitar a tomada de decisão para cultivos alternativos de outono/inverno principalmente na região Sudeste do Brasil. A possibilidade de um cultivo pós safrinha, ou seja, o plantio de até três safras por ano abre a oportunidade para o uso outras culturas, em períodos que essas áreas estariam posivelmente aumentando o banco de sementes de plantas daninhas no solo.

Cártamo é produzido geralmente em regiões de solo com baixa fertilidade, seco, sem adubação ou irrigação. As tentativas para melhorar a produção através do desenvolvimento de novos genótipos e práticas agronômicas estão em andamento em todo o mundo (ZAREIE et al., 2013). Há poucos trabalhos na literatura sobre a produção de cártamo, sob condições irrigadas (ESMAEILI; SOLEYMANI, 2013). Entretanto, estudos já realizados revelam que a cultura é sensível à irrigação (BASSIL; KAFFKA, 2002; ESMAEILI; SOLEYMANI, 2013).

Como há poucas informações em relação à tolerância à seca de recentes genótipos introduzidos no Brasil dessa espécie, torna-se necessário proceder estudos da caracterização desses materiais, as condições edafoclimáticas locais, baseada em caracteres morfológicos e agronômicos que, além de gerar informações básicas e necessárias para um programa de melhoramento, não apresentará custos adicionais, como ocorre comumente com o uso de técnicas sofisticadas (SILVA, 2013).

Na avaliação de tolerância a seca de genótipos, faz-se necessário quantificar a severidade da deficiência hídrica em cada estágio de desenvolvimento da planta (OLIVEIRA; GOMES-FILHO, 2009). Como a água afeta de maneira decisiva, o desenvolvimento das plantas (RAJABI et al., 2009), faz-se necessário estudos da necessidade de água para as plantas em cada período de desenvolvimento. A escassez de água pode, por exemplo, reduzir o crescimento sem apresentar sinais de murchamento e ainda limitar a produção (GUTIERREZ; MEINZER 1994; SOLEYMANI et al., 2012). Os estudos de Shahri et al. (2013) confirmam que a seca afetou de forma significativa as características morfológicas de crescimento de cártamo, principalmente, segundo os autores, a altura de planta e o diâmetro do capítulo.

O efeito da deficiência hídrica está relacionada com as condições edafoclimáticas do local, o que pode levar às plantas a apresentar diferentes respostas em seus mecanismos de resistência morfofisiológicos (CARLESSO; SANTOS, 1998). Sabe-se que há um menor crescimento das plantas em Argissolos com horizonte A pouco “profundo” devido às forças de capilaridade e adsorção e que a água tem dificuldade de ascensão do horizonte Bt para o horizonte A, mais arenoso, onde estão concentradas as raízes. O que leva a restrição ao crescimento principalmente em anos em que há maior intensificação do déficit hídrico (LANGDALE et al., 1979).

Para isso, esse trabalho terá como objetivo avaliar o comportamento morfológico no estágio vegetativo de plantas de cártamo cultivados em Argisolo Bt de textura arenosa, irrigado e sob restrição hídrica do período climático de outono/inverno do Sudeste brasileiro, 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). O solo é classificado como Podizólico Vermelho-Amarelo, eutrófico típico (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.

A cultura foi semeada de forma manual no dia 13/04/2014. Foram colocadas no sulco de plantio, trinta sementes por metro com poder germinativo de 55%, a profundidade de 3 cm. O espaçamento entre linha foi de 0,45m. As sementes foram tratadas com fungicida a base de Thiram e a adubação foi no sulco de plantio com 500 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 (NPK). No tratamento irrigado foi utilizado um sistema de gotejamento espaçado de 10 cm com 1,2 L/h. O tratamento sob sequeiro recebeu apenas a água das chuvas do período. As plantas foram amostradas no período de crescimento, aos 30 dias após a emergência.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições em esquema fatorial (2 × 4): dois níveis de água (irrigado e sequeiro) e quatro genótipos de cártamo (I, II, III e IV). Foram avaliados aos 30 dias após a emergência (DAE) o comportamento da altura de planta (AP), número de folhas (NF), massa fresca de folha (MF), comprimento total das folhas

(CF), largura total das folhas (LF), massa de raízes (MR) e área foliar (AF) calculada pela multiplicação da LF pela CF pelo fator 0,7 para o tipo de folha lanceolada conforme valores médios encontrados por Prasada et al. (1994) e Araújo et al. (2005).

Para a realização da análise estatística foi 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[®] versão 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

Resultados e Discussão

Ao se observar o comportamento das plantas de cártamo quando em situação de seca em relação as plantas com suprimento de água, se verifica que alguns aspectos morfológicos influenciaram a habilidade das plantas cultivadas sob sequeiro bem como dos genótipos em adaptar-se a redução da disponibilidade hídrica durante o período analisado. Na Tabela 1, encontram-se o resumo da análise de variância, as médias gerais, a diferença média significativa e o coeficiente de variação das variáveis avaliadas.

Tabela 1. Valores médios de altura de planta (AP), número de folhas (NF), massa fresca de folha (MF), largura das folhas (LF), área foliar (AF) e massa de raiz (MR) de genótipos de cártamo cultivado no período de outono/inverno em solo de textura arenosa, Argissolo B textural, irrigado e sob sequeiro em Engenheiro Coelho-SP.

Variáveis	AP (cm)	NF	MF (g)	CF (cm)	LF (cm)	AF (cm ²)	MR (g)
Irigado	27,06 a	25,75 a	24,44 a	246,07 a	72,44 a	619,30 a	4,49 a
Déficit Hídrico	15,31 b	17,06 b	5,53 b	93,10 b	25,96 b	121,82 b	1,04 b

DMS	1,16	1,96	1,98	14,72	5,37	58,04	0,50
Genótipo I	21,00 b	24,50 a	12,27 c	162,21	48,61 ab	329,90	2,29 b
Genótipo II	22,25 ab	22,00 a	13,52 bc	175,54	55,42 a	381,97	2,56 b
Genótipo III	24,37 a	21,63 a	16,14 ab	181,51	48,74 ab	380,90	3,64 a
Genótipo IV	17,12 c	17,50 b	18,00 a	159,07	44,02 b	389,46	3,59 a
DMS	2,19	3,71	3,74	27,80	10,13	109,62	0,94
Irrigação (I)	**	**	**	**	**	**	**
Genótipo (G)	**	**	**	ns	*	ns	**
Interação A × G	**	*	**	ns	ns	ns	**
CV (%)	7,49	12,57	18,10	11,89	14,94	21,46	24,62

DMS= diferença média significativa.; ns = não significativo; * = significativo a ($p \leq 0,05$).; ** = significativo a ($p \leq 0,01$). Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo de Tukey ($p \leq 0,05$).

Houve diferença significativa para o todas as variáveis avaliadas em relação a irrigação. Os coeficientes de variação (CV) experimental divergiram de 7,49% para a variável altura de planta à 24,62% para a variável massa de raiz. Pimentel Gomes (2000) considera que valores de coeficiente de variação entre 20 e 30% são elevados. Porém, pelos menores valores de CV (12,57 a 18,10), os quais podem ser considerados aceitáveis para as variáveis número de folhas, massa fresca de folhas e comprimento de folha, se acredita que estas variáveis sejam mais influenciadas pelas condições da incidência solar (TAIZ; ZAGER 2013).

A variável altura de planta apresentou comportamento mais uniforme no CV possivelmente em função do estiolamento dado pela competição por radiação solar provocado

pela densidade de plantio, o que concorda com SANTOS et al. (2009). Já a maior variação no CV da massa de raízes se deve a maior competição por água e nutrientes em uma mesma área de absorção. Este fato pode levar as plantas, mesmo sendo dentro do mesmo genótipo, a apresentar desempenho diferenciado às outras, elevando assim a maior variabilidade entre as amostras e consequentemente maior percentual de CV (BOZSA; OLIVER, 1993).

A interferência entre parte aérea e sistema radicular influencia os demais comportamentos da planta (BOZSA; OLIVER, 1993). Estas alterações podem modificar o tamanho relativo da parte aérea em relação ao sistema radicular. A relevância da competição da raiz é comprovada pelo fato do balanço ser mais que o dobro para a raiz em relação a parte aérea (WILSON, 1988).

Ainda, pode se observar na Tabela 1 que os genótipos I, II e III, certamente em função do maior processo de melhoramento em relação ao genótipo IV, que ainda não sofreu processo de melhoramento, não diferem entre si para as características morfológica de AP, NF, e LF. Entre os três genótipos que já passaram por um maior processo de melhoramento, com destaque para o genótipo III. As diferenças percentuais superiores do genótipo III para o genótipo IV, foram de 30, 19, 12, 10 e 30% a mais respectivamente para AP, NF, CF, LF, AF.

A altura de planta nos tratamentos irrigados aos 30 DAE foi superior em 11,8 cm, ou seja, 77% a mais comparado ao tratamento sob sequeiro, independentemente do genótipo avaliado. O estudo mostrou que a AP foi significativamente ($p < 0,01$) afetada pelo déficit hídrico do solo, o que concorda com os resultados de Gerhardt (2014), ao avaliar a altura de planta de cártamo. Por outro lado, o comportamento da AP nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica foi dependente da irrigação durante todo o período de crescimento avaliado. Resultados similares são relatados por Sessa Filho et al. (2010) em café e Camas et al. (2007) e Beyyavas et al. (2011) em

genótipos de cártamo em locais áridos. Ao estudar o comportamento de 16 genótipos de cártamo, Gerhardt (2014) afirma que a altura de plantas é uma característica peculiar que precisa ser considerada na hora da seleção dos genótipos por favorecer a colheita mecanizada. Plantas baixas podem dificultar colheita por congestionar o molinete da máquina, já plantas altas têm tendência ao acamamento (FERREIRA et al., 2007).

Os resultados encontrados na literatura quanto ao comportamento do caráter altura de plantas são divergentes, sendo que, possivelmente os genótipos apresentaram redução da estatura de planta devido ao fato do estresse hídrico ter reduzido o turgor das células e, conseqüentemente, o seu crescimento (SANTOS; CARLESSO 2008). Pode ocorrer também um alongamento celular, quando submetidos ao estresse hídrico, o que pode ser consequência do estiolamento das plantas a essas condições (VALE et al., 2012). Genótipos que apresentaram redução na AP possivelmente também possuem baixa tolerância ao estresse hídrico.

Ao se observar o número de folhas das plantas de cártamo cultivadas em solo sob irrigação, pode-se verificar que esta foi 34% superior ao tratamento sem irrigação. Isto provavelmente, ocorreu a maior facilidade de extração de água no solo pelas plantas nos tratamento com maior disponibilidade hídrica. Tais resultados indicam que, a diferença na disponibilidade de água observadas para os dois manejo, levaram as plantas cultivadas em solo sob irrigação abaixo sensibilidade à redução do número de folhas. Quando analisados apenas os genótipos, se verifica que esta diferença foram menores. Apenas o genótipo IV diferiu entre os demais. Isto provavelmente seja em função da maior variabilidade genética ainda apresentada neste genótipo. Pinto et al. (2008) verificaram uma redução no NF de diferentes espécies sob

estresse hídrico. Busato et al. (2007) afirmam que *Coffea arabica* reduz o número de folhas quando submetido à baixa disponibilidade hídrica.

A intensificação no déficit hídrico ao longo do ciclo da cultura, acentuou a redução no comprimento final das folhas e retardou sua expansão, concordando com (NeSMITH; RITCHIE 1992; GERIK et al., 1996).

A área foliar foi sensível a redução hídrica, porém não houve diferenças para os genótipos. Isto ocorreu em função da alta variabilidade no comprimento e largura das folhas do cártamo. Resultados similares em relação a área foliar são relatados por Hang e Evans (1985) e Chapman et al. (1997) ao estudar o efeito do déficit hídrico em cártamo. A resposta mais comum das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree e Fernandez (1989) e Taiz; Zeiger (2013), consiste no decréscimo da produção de área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão das folhas. A deficiência hídrica provocou alterações no estágio de crescimento do cártamo de forma irreversível, porém, a severidade da seca influenciou a área foliar dos genótipos concordando com Esmaeili e Soleymani (2013). Segundo Damatta et al. (2006), a redução da área foliar constitui-se em uma estratégia utilizada para as plantas desenvolver-se em ambientes com restrição hídrica, uma vez que a redução da área foliar contribui para a redução da transpiração e da fotossíntese, e com isso, acarreta crescimento mais lento, e proporcionando maior economia de água no solo.

Embora a sensibilidade do desenvolvimento das folhas ao déficit hídrico pode mudar nas estações do ano, a limitação de expansão na área foliar é considerada como uma primeira reação das plantas a esse déficit (SANTOS; CARLESSO 1998). A menor sensibilidade dos genótipos pode ter acontecido também, em função do déficit hídrico ocorrer de modo natural pelas

condições climática reinante no período desse estudo, o propiciou maior tempo para as plantas se adaptarem. A tolerância da planta ao déficit hídrico parece ser um importante mecanismo de resistência para manter o processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água às plantas (TAIZ; ZAGER 2013). Para McCree e Fernandez (1989), é como se as plantas estivessem economizando, conservando água no solo para períodos posteriores.

O comportamento dos valores médio da interação do estudo de cártamo cultivado em Argissolo B textural entre o cultivo sob sequeiro e água e os genótipos estão apresentados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Valores médios das interações entre o manejo de água (Água) e genótipos para variáveis morfológicas de altura de planta (AP), número de folhas (NF), massa de folha (MF), massa de raiz do cártamo cultivado em solo de textura arenosa, Argissolo B textural, irrigado e sob sequeiro em Engenheiro Coelho-SP.

Variáveis	Irrigação	Genótipos			
		I	II	III	IV
AP (cm)	Irrigado	27,0 aB	28,2 aB	32,2 aA	20,7 aC
	Sequeiro	15,0 bA	16,2 bA	16,5 bA	13,5 bA
NF	Irrigado	27,0 aA	25,7 aA	26,0 aA	24,2 aA
	Sequeiro	22,0 bA	18,0 bA	17,2 bA	10,7 bA
MF (g)	Irrigado	19,0 aC	21,5 aBC	26,7 aAB	30,5 aA
	Sequeiro	5,5 bA	5,5 bA	5,5 bA	5,5 bA

MR (g)	Irrigado	3,4 aB	4,1 aB	6,3 aA	4,2 aB
	Sequeiro	1,1 bA	1,0 bA	1,0 bA	1,0 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 em todas as variáveis analisadas. Já entre os genótipos os maiores valores fenométricos ficaram para o genótipo III e os menores para o genótipo I na avaliação realizada aos 30 DAE. Com exceção dos valores morfométricos de MF os demais valores foram significativamente menores para o genótipo IV em relação aos demais genótipos.

Avaliando o comportamento do manejo de água nos genótipos, pode se verificar que os valores de AP, NF, MF e MR nos tratamentos cultivados sob irrigação foram para o genótipo I respectivamente superior em 80, 23, 245 e 209% em relação ao cultivo sob sequeiro, já para o genótipo II os valores foram de 74, 43, 290, e 310%, para o genótipo III, 95, 51, 395 e 510% e para o genótipo IV 53, 126, 454 e 320% a favor do tratamento irrigado. 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 (BANNAYAN et al., 2008).

Embora Sessa Filho et al. (2010) estudando a aplicação de déficit hídrico em cafeeiro não encontraram no desenvolvimento inicial, influência na altura das plantas, para Quiroga et al. (2001) e Bassil e Kaffka, (2002), 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 as diferenças entre os tratamentos irrigados e sob sequeiro para altura de planta não sejam tão intensas no estágio final do crescimento, entretanto, nessa fase inicial de crescimento (30 DAE) o déficit hídrico exerceu papel preponderante na redução da altura de planta do cártamo, concordando com resultados encontrados e relatados por (ZAREIE et al., 2013).

Ao se observar o comportamento morfológico das plantas na Tabela 2, pode se verificar que embora haja diferenças entre os genótipos, as maiores diferenças para as variáveis estudadas está relacionada ao efeito da irrigação, ao intenso período de seca e ao menor perfil de solo para a absorção de água e nutrientes por o solo ser Bt. A menor desempenho das variáveis morfológicas sob regime de sequeiro é um forte indicativo das características do solo para o crescimento das plantas (ALBUQUERQUE; REINERT 2001).

O crescimento e a produção de plantas são restringidos, quando as raízes da cultura não ultrapassam o horizonte Bt. A restrição está relacionada com a menor espessura do horizonte A, porém, os processos ou fatores que causavam restrições à cultura, embora não conhecidos (FIORIN et al., 1997), reduzem o crescimento. Dois pontos devem ser considerados: (i) o cultivo em solo com baixa profundidade, constitui um impedimento à penetração tanto do sistema radicular como do armazenamento de água e (ii) o início a irrigação pode também levar ao excesso de água na camada inicial do perfil do solo em função da percolação impedida pela baixa profundidade da camada de impedimento, isso tende a saturar o perfil de maneira ascendente o que pode reduzir a respiração da raízes e provocar redução no crescimento pela menor

difusividade dos gases, reduz a troca de oxigênio e aumenta a taxa de dióxido de carbono (SOUSA et al. 2014).

Embora haja relatado que a fase de florescimento seja a mais sensível para a produção de grãos para as plantas de cártamo (OMIDI, 2009; ZAREIE et al., 2013), se verifica nesse trabalho que a ocorrência de seca prolongada no período inicial de crescimento do cártamo também pode afetar de forma significativa todo o aparato de captação de luz, água e nutrientes das plantas.

Conclusão

Os genótipos de cártamo foram significativamente afetados pela escassez de água no solo devido ao período de seca durante a fase vegetativa. Os rendimentos morfométricos mais elevados foram observados para as variáveis nos tratamentos sob irrigação.

As interações não foram significativas apenas para dimensões métricas das folhas. Sob interação, as demais variáveis foram afetadas de forma negativa pelo cultivo de sequeiro independentemente do genótipo.

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 do trabalho.

Referências

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J. Densidade radicular do milho considerando os atributos de um solo com horizonte B textural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 539–549, 2001.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J. Densidade radicular do milho considerando os atributos de um solo com horizonte B textural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 539–549, 2001.

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**, Amsterdam, v. 27, n. 1, 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. **Agricultural Water Management**, v. 54, n. 1, 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**, Nairóbi, 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 alelopática de folhas de cártamo sobre espécies oleaginosas. **Biotemas**, Florianópolis, v. 26, n. 2, 1–8, 2013.

BOZSA, R.C., OLIVER, L.R. Shoot and root interference of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 41, n. 1, p. 34–37, 1993.

BUSATO, C.; REIS E. F.; MARTINS C. C.; PEZZOPANE, J. E. M. Lâminas de irrigação aplicadas ao café conilon na fase inicial de desenvolvimento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 314, p. 351–357, 2007.

CAMAS, N.; CIRAK, C.; ESENDAL, E. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in northern Turkey conditions. University of Ondokuz Mayıs. **Journal of the Faculty of Agriculture**, Dergisi, v. 22, n. 1, p. 98–104, 2007.

CARLESSO, R; SANTOS, R.F. Disponibilidade de água às plantas de milho em solos de diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n.1, p. 27–33, 1999.

CHAPMAN, S.; CROSA, C.J.; BASFORD, K.E.; KRONENBERG, P.M. Genotype by environment effects and selection for drought tolerance in tropical maize. I. Three– model pattern analysis. **Euphytica**. v. 95, n. 1, p. 1–20, 1997.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 563–568, 2001.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 1, p. 55–81, 2006.

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 deficit hídrico na germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* L. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 574–582, 2011.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERREIRA, I. C.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 141–150, 2007.

FIORIN, J.E.; REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A. Armazenamento de água no solo e produtividade da cultura de milho em solo Podzólico Vermelho–Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 21, n.3, p. 249–255, 1997.

GERHARDT, I.F.S. **Divergência genética entre acessos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 35p. 2014.

GERIK, T.J.; FAVER, K.L. & THAXTON, P.M. Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water uses, and yield. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 4, p. 914–921, 1996.

GUTIÉRREZ, M.V.; MEINZER, F.C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 3, p.652–7, 1994.

HANG, A.N.; D.W. EVANS D.W. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 4, p. 58–592, 1985.

- 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 Physiologiae Plantarum**, v. 33, n. 1, p. 105–112, 2011.
- KAR, G.; KUMAR, A.; MARTHA, M. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. **Agricultural Water Management**. v. 87, n. 1, p. 73–82, 2007.
- McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 2, p. 353–360, 1989.
- NeSMITH, D.S.; RITCHIE, J.T. Short– and long–term responses of corn to a pre–anthesis soil water deficit. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 1. p. 107–113, 1992.
- OLIVEIRA, A.B; GOMES FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, 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. **Seed and Plant Production Journal**. v. 25, p. 15–31, 2009.
- 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>. Acessoem: 10 mar 2010.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 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. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 17–18, p. 2851–2862, 2001.
-

RAJABI, A; OBER, E.S; GRIFITHS, H. Genotype variation for water use efficiency, carbon isotope discrimination, and potential surrogate measures in sugar bet. **Field Crops Research**. v. 112, n. 2–3, p. 172–181, 2009.

REZA, E; ALI, S. Evaluation of ET–HS Model in estimating water requirement of Saflower in Center of Iran. **International Journal of Agronomy and Plant Production**. v. 4, n. 12, p. 36–370, 2013.

SANTOS, R. F. ; SOUZA, S. N. M. ; SECCO, D. Uma abordagem introdutória sobre mudanças climáticas. In: **Fontes Renováveis – Agroenergia**. 1ª. ed. Cascavel: EDUNIOESTE, v. 1, p. 115–130, 2012.

SANTOS, R.F.; SILVA, E.R.; SANTIAGO, W.E. Avaliação da atenuação da radiação solar e irrigação no desenvolvimento da culturada alface em cultivo de Cascavel. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.3, p. 103–114, 2009.

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.

SHAHRI, A.; GANJALI, H.R.; FANAYI, H.R. Effect of drought stress on quantitative and qualitative yield of safflower (Goldasht cultivar) in different planting densities. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**. v. 6, n. 19, p. 1342–1346, 2013.

SILVA, C.J. **Caracterização agronômica e divergência genética de acessos de cártamo**. 2013. 51p. Tese (Doutorado em Agronomia – Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade estadual Paulista, Botucatu, 2013.

SILVA, F. de A.S. e; AZEVEDO, C.A.V. de. Principal components analysis in the software Assistat–statistical assistance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009, Reno. Proceedings. **Anais...** Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOLEYMANI, A.; NAJAFI, P.; DEHNAVI, M.; SHAHRAJABIYAN, M.H. Evaluation of ET–HS model for estimating water demand and water use efficiency of sugar bet in semi–arid conditon of Isfahan, Iran. **Journal of Sugar Beet Research**, v. 27, p. 2, p. 29–36, 2012.

SOUSA, G.G.; LIMA, F.A.; GOMES, K.R.; VIANA, T.V.A.; COSTA, F.R.B.; AZEVEDO, B.M.; MARTINS, L.F. Irrigação com água salina na cultura do amendoim em solo com biofertilizante bovino. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 2, p. 89–94, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p.

VALE, N. M. BARILI, L. D. ROZZETO, D. S. STINGHIN, J. C. COIMBRA, J. L. M. GUIDOLIN, A. F. KOOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p.135–144, 2012.

VIVAS, M.J. Culturas Alternativas – Cártamo, Sésamo e Camelina. **Melhoramento**, Elvas, v. 38, p.183–192, 2002.

WILSON, B.J. Shoot competition and root competition. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 279–296, 1988.

YAU, S.K. Safflower agronomic characters, yield and economic revenue in comparison with other rainfed crops in a high elevation, semiarid Mediterranean environment. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 40, n. 4, 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 Crop Science**, Australia, v.7, n. 7, p. 1032–1037, 2013.