

Crescimento inicial de genótipos de *Carthamus tinctorius* submetidos a inundação

Simone Andréia Roehrs¹
Aracéli Ciotti de Marins²
Claudia Borgmann³
Pablo Chang⁴
Reginaldo Ferreira Santos⁵
Deonir Secco⁶
Doglas Bassegio⁷
Luciene Kazue Tokura⁸

Resumo

Carthamus tinctorius é uma cultura oleaginosa com grande potencial para produção de biodiesel. Entretanto, ao longo do ciclo da cultura podem ocorrer alterações quanto a disponibilidade hídrica no solo, fazendo com que as plantas se adaptem a nova condição (falta ou excesso de água) e proporcione mudanças morfológicas durante o seu desenvolvimento. Desta forma, foi objetivo do trabalho avaliar o crescimento inicial de genótipos submetidos a diferentes períodos de inundação. Para isto, dois experimentos em esquema fatorial 2 × 6 foram realizados com dois genótipos de cártamo (IAPAR e IMA-2103) e seis períodos de inundação (0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas) 20 dias após a emergência, com quatro repetições. Foram analisadas a altura da planta (AP), diâmetro de caule (DC), comprimento da raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MFA) e da raiz (MFR), e massa seca da parte aérea (MAS). Os acúmulos de massa fresca e seca foram afetados pela interação dos fatores. O genótipo IAPAR foi menos sensível a inundação do solo nos dois experimentos, devido ao maior acúmulo de massa fresca e seca, além de maior massa de raízes em condições de inundação.

Palavras-chave: Alagamento; Cártamo; Tolerância.

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (UNIOESTE)

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (UNIOESTE)

³ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (UNIOESTE)

⁴ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (UNIOESTE)

⁵ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (UNIOESTE)

⁶ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (UNIOESTE)

⁷ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (UNIOESTE)

⁸ Docente Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura (UNIOESTE). E-mail: lucienetokura@gmail.com

Abstract

Carthamus tinctorius is an oilseed crop with great potential for producing biodiesel. However, changes in the soil's water availability can occur throughout the crop cycle, causing plants to adapt to the new condition (lack or excess of water) and provide morphological changes during their development. Thus, the objective of the work was to evaluate the initial growth of genotypes submitted to different periods of flooding. For this, two experiments in a 2 x 6 factorial scheme were carried out with two safflower genotypes (IAPAR and IMA-2103) and six periods of flooding (0, 24, 48, 72, 96 and 120 hours) 20 days after emergence, with four repetitions. Plant height (AP), stem diameter (DC), root length (CR), fresh shoot weight (MFA) and root weight (MFR), and shoot dry weight (MAS) were analyzed. The accumulations of fresh and dry mass were affected by the interaction of the factors. The IAPAR genotype was less sensitive to soil flooding in both experiments, due to the greater accumulation of fresh and dry mass, in addition to greater root mass in flood conditions.

Keywords: Flooding; Safflower; Tolerance.

Introdução

Existem inúmeras restrições ao crescimento e desenvolvimento de determinadas espécies de plantas submetidas às condições de inundação do solo. Solos saturados com água tendem a diminuir os níveis de oxigênio disponível, devido à baixa difusão na água, além de comprometer o processo de respiração das raízes e diminuir a absorção de água pelas plantas (OLIVEIRA; GUALTIERI, 2016).

Em consequência disso, a absorção de nutrientes e o desenvolvimento das plantas são afetados. Uma vez que, em solos saturados ocorre diminuição do transporte de carboidrato para as folhas, redução do seu crescimento e das atividades metabólicas, fazendo com que as plantas necessitem cada vez menos de carboidratos (SILVEIRA et al., 2015). Para sobreviverem nesses ambientes sob estresse, as plantas desenvolvem algumas estratégias (LIRA et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2015), como adaptações morfológicas e anatômicas.

Assim, o comportamento das plantas crescendo em condições de excesso de água tem sido estudado com a finalidade de compreender sua

adaptabilidade ao meio. Tavares et al. (2017), analisaram a cultura da cana-de-açúcar submetida ao encharcamento em diferentes estádios de desenvolvimento, e observaram que o alagamento não alterou o acúmulo de biomassa seca e total dos colmos, revelando estas variáveis como mecanismos de tolerância ao estresse hídrico. Na literatura são encontrados ainda, resultados que revelam as adaptações das culturas e comparam os valores de número de folhas, expansão foliar, acúmulo de biomassa, altura da planta, como nos trabalhos de Mello et al. (2017), Gonçalves et al. (2013) e Batista et al. (2008).

A questão da inundação é preocupante, ainda mais para culturas energéticas em ascensão, as quais possuem escassez nesse tema em questão. O *Carthamus tinctorius*, conhecido como cártamo, de origem africana, é uma das oleaginosas que está começando a ser difundida no Brasil com grande potencial (MARTINS et al., 2017) e que pode sofrer alterações com a disponibilidade de água. É uma cultura de clima predominante seco, onde, a falta da água é suportada com sucesso (OMIDI et al., 2012).

O cártamo é uma cultura energética com grande importância econômica devido a seu alto teor de óleo. As sementes do cártamo são ricas em óleo comestível, semelhantes aos óleos de azeitona, girassol e amendoim (TOMA et al., 2014), assim como apresenta altos teores de ácido oleico e linoleico, ideais para produção de biodiesel (DANTAS et al., 2011). Assim, é de alta relevância o seu estudo no comportamento da espécie ao sofrer inundações, visto que é sabido o seu comportamento em situações de déficit hídrico. Além do mais, o conhecimento sobre o comportamento das espécies tropicais ao alagamento é fundamental para a estratégia de tolerância sobre os efeitos causados (MEDRI et al., 2007). Vitorino et al. (2001), constataram que uma variedade de milho teve sobrevivência de 80%, quando submetida a 72 h de alagamento, demonstrando certa tolerância.

Além do tempo de inundação, a diversidade genética de genótipos dentro da espécie pode resultar em condições de cultivo nos mais diversos ambientes. Neste sentido, Gazola et al. (2014) observaram que os híbridos de milho

apresentaram menor sensibilidade às condições de inundação que as variedades e cultivares crioulas.

Por ser uma planta tolerante a seca, há escassez de informações em relação ao excesso de água no solo. A partir disso, este trabalho teve como objetivo analisar o desenvolvimento morfológico das plantas de *Carthamus tinctorius* sob diferentes períodos de inundação.

Materiais e Métodos

Dois experimentos foram realizados em estufa, constituída de polietileno, pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, no município de Cascavel. O trabalho foi conduzido durante os meses de maio e junho de 2017.

Foram utilizados dois genótipos de *Carthamus tinctorius* (IAPAR e IMA-2103). Anteriormente a semeadura dos genótipos, as sementes foram selecionadas de acordo com seu tamanho, sua cor e vigor, com o intuito de obter uma amostra mais homogênea possível. O cártamo foi semeado em substrato da marca Humusfertil (Tabela 1), em copos plásticos de 500 ml, com dimensão de 13,6 de altura, 6,3 de diâmetro da base e 8,5 de diâmetro superior. Após o desbaste, uma planta por unidade experimental foi cultivada com manutenção constante da umidade do solo até a inundação das plantas, utilizando metodologia adaptada de Porto (1997).

Tabela 1. Características químicas e físicas do substrato

Condutividade Elétrica	Densidade $Kg m^{-3}$	Potencial Hidrogênionico (pH)	Umidade Máxima (%)	Capacidade de Retenção de Água (%)
1,5 ± 0,3	480	6 ± 0,5	60	60

A condução dos tratamentos de inundação foi realizada 20 dias após a semeadura (DAS), consistindo no alagamento dos copos até a borda, sendo após, perfurados em períodos distintos, revelando os tratamentos de 0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas de inundação, para os dois experimentos. O segundo experimento foi implantado aos 15 dias após a condução do primeiro experimento.

O experimento foi realizado num delineamento inteiramente ao acaso, arranjado em esquema fatorial 2×6 (dois genótipos de cártamo x seis períodos de inundação), com 4 repetições.

Aos 30 DAS, uma planta por unidade experimental foi avaliada quanto aos parâmetros de crescimento: altura da planta (AP), diâmetro de caule (DC), comprimento da raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MFA) e da raiz (MFR) e massa seca da parte aérea (MSA). Os instrumentos utilizados para mensurar a AP e CR foram régua graduada; enquanto que o DC foi mensurado com um paquímetro digital. E a MFA, MFR e MSA foram determinadas pela pesagem em balança de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias dos genótipos, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Os dados referentes aos períodos de inundação foram submetidos à análise de regressão a 5% de significância.

Resultados e Discussão

No experimento I, foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) isoladas apenas para o sistema radicular, cuja massa fresca de raiz foi maior no genótipo IAPAR com 0,50 g (Tabela 2). A diferença entre os genótipos pode estar associada ao processo de seleção e melhoramento, como observaram também Gazola et al. (2014) e Dantas et al. (2000) entre cultivares de milho e períodos de inundação.

Tabela 2. Valores médios da altura da planta (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MFA), massa seca da parte aérea (MSA) e massa fresca da raiz (MFR) do Experimento I, com dois genótipos de cártamo e horas de inundação.

Tratamento	AP (cm)	CR (cm)	DC (mm)	MFA (g)	MSA (g)	MFR (g)
Genótipos						
IAPAR	15,4	13,6	2,38	1,12	0,070	0,50 a
IMA-2103	15,9	12,7	2,25	1,16	0,074	0,40 b
Inundação						
0h	15,6	17,5	1,95	0,96	0,078	0,53
24h	15,8	12,3	2,12	1,16	0,079	0,35
48h	15,7	14,3	2,05	0,94	0,063	0,42
72h	15,8	11,5	2,09	0,92	0,068	0,45
96h	15,0	12,1	1,97	0,95	0,069	0,34
120h	16,1	12,8	1,90	0,99	0,078	0,61
ANOVA (Probabilidade do teste F)						
Genótipo (G)	ns	ns	ns	ns	ns	*
Inundação (I)	ns	** (1)	ns	ns	ns	* (2)
G x I	*	ns	*	**	*	ns
CV (%)	9,3	17,1	13,9	22,7	26,0	34,0

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns=não significativo; Letras iguais na coluna representam médias iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

(1) $\hat{y} = 16,7 - 0,12x + 0,0007x^2$ ($R^2 = 0,69^*$). (2) $\hat{y} = 0,51 - 0,0052x + 5E-05x^2$ ($R^2 = 0,54^*$).

Em relação às horas de inundação de forma isolada, observou-se que os períodos crescentes de inundação reduziram o comprimento de raiz (Tabela 2), o que corrobora com Bonfim Silva et al. (2015), que verificaram redução do comprimento da raiz de cártamo com 125% da capacidade máxima de retenção

de água. Em contrapartida, o acúmulo de massa do sistema radicular foi ligeiramente favorecido pela inundação do solo por 120 horas em ambos os experimentos (Tabela 2 e 4), além do comprimento da raiz do genótipo IMA-2103 no experimento II (Tabela 5). Embora a constatação de ajuste significativo ($p < 0,05$) para os períodos de inundação nas variáveis comprimento de raiz e massa fresca da raiz (Tabela 2), os ajustes não explicam de maneira adequada os resultados, como pode ser constatado nos baixos valores de R^2 . Uma provável explicação para aumento no comprimento e massa de raízes de cártamo em função da hipóxia causada pela inundação é a produção de raízes adventícias, que está relacionada com a capacidade das plantas em desenvolverem sistemas de aerênquimas e espaços intracelulares maiores, que permitem a difusão do oxigênio da parte aérea da planta para as raízes, o que mantém temporariamente o processo de respiração aeróbia (SÁ et al., 2004).

As demais variáveis de crescimento do experimento I, altura de planta, diâmetro de caule, massa fresca e seca de parte aérea foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) pela interação dos fatores (Tabela 2). A altura da planta não foi afetada pela inundação no experimento I, apesar de maior altura do genótipo IMA-2103 (18,2 cm) em condição de controle (Tabela 3). Entretanto, no segundo experimento, além de maior altura do genótipo IAPAR (15,3 cm), foi observado aumento na altura de plantas em razão da inundação do solo (Tabela 4), sendo o alongamento do caule observado por Manzur et al. (2009), uma estratégia à condição de estresse por alagamento em plantas de *Lotus tenuis*. Dutra et al. (2012) observaram que o alagamento em girassol resultou também em maior crescimento no sentido apical. Já Oliveira e Gualtieri (2017) com plantas de *Tabebuia aurea* verificaram que a inundação interrompeu o crescimento da parte aérea das plantas.

Tabela 3. Valores médios da interação entre os genótipos e horas de inundação para altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MFA), massa seca da parte aérea (MSA) do Experimento I.

Genótipos	Inundação						Regressão
	0h	24h	48h	72h	96h	120h	

AP (cm)							
IAPAR	14,4 b	15,7 a	14,5 a	15,9 a	15,5 a	16,5 a	ns
IMA-2103	18,2 a	15,9 a	16,6 a	15,7 a	14,5 a	15,8 a	ns
DC (mm)							
IAPAR	2,2 a	2,2 a	2,2 a	2,2 a	2,4 a	2,8 b	ns
IMA-2103	2,4 a	2,4 a	2,3 a	2,3 a	2,1 a	1,8 a	$\hat{y} = 2,4 - 0,0046x$ ($R^2 = 0,80^*$)
MFA (g)							
IAPAR	0,94 b	1,36 a	0,91 a	1,02 a	1,01 a	1,48 a	$\hat{y} = 1,1139 +$ $0,0054x - 6E-05x^2$ ($R^2 = 0,32^*$)
IMA-2103	1,75 a	1,34 a	1,17 a	1,13 a	0,81 a	1,04 b	$\hat{y} = 1,57 - 0,0062x$ ($R^2 = 0,75^*$)
MSA (g)							
IAPAR	0,06 b	0,08 a	0,05 a	0,06 a	0,06 a	0,09 a	$\hat{y} = 0,0696 +$ $0,0005x - 5E-06x^2$ ($R^2 = 0,42^{**}$)
IMA-2103	0,11 a	0,07 a	0,07 a	0,07 a	0,07 a	0,06 b	ns

Letras minúsculas iguais na linha representam médias iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância. ns = não significativo.

O diâmetro de caule do genótipo IAPAR em ambos os experimentos, não foi prejudicado pela inundação do solo por 120 horas (Tabela 3 e 4). Apesar disto no experimento I, foi observado aumento no diâmetro de caule com a inundação no genótipo IAPAR (Tabela 3). De acordo com Batista et al. (2008) e Dutra et al. (2012) estes efeitos podem ser desencadeados pelo etileno, que possui seus níveis aumentados sob condições de inundação e hipoxia. Para o genótipo IMA-2103, houve o comportamento inverso, indicando uma diminuição do diâmetro do caule, constatado pelo ajuste significativo ($p < 0,05$) (Tabela 3). O diâmetro do caule é a variável mais importante na diferenciação de cultivares com relação à tolerância à inundação (PIRES et al., 2002), o que pode justificar a melhor tolerância à inundação do genótipo IAPAR.

A massa fresca e seca de parte aérea foi influenciada ($p < 0,05$) pela interação dos fatores nos dois experimentos (Tabela 2 e 4). No experimento I, o

genótipo IMA-2103 foi mais sensível a inundação do solo (Tabela 3), apresentando reduções na massa fresca e seca de planta, contra um aumento respectivo de 57% e 50% destas mesmas variáveis para o genótipo IAPAR. Dutra et al. (2012) observaram um aumento da massa seca foliar no girassol com o aumento da disponibilidade de água em até 120% da capacidade de reposição. Entretanto observa-se com mais frequência a redução da massa da parte aérea em plantas submetidas ao alagamento, como os trabalhos de Sá et al. (2004) sobre a ervilha em condições temporárias de inundação e Silveira et al. (2015) em plantas de *Sebastiania membranifolia* alagadas. No experimento II, o acúmulo de massa fresca e seca do genótipo IAPAR não foi afetada pelas horas de inundação (Tabela 5), semelhante ao encontrado por Binotto et al. (2016) com *Cedrela fissilis* e Silva et al. (2012) ao submeterem plantas de rabanete a inundação por 5, 10 e 15 horas.

Tabela 4. Valores médios da Altura da planta (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MFA), massa seca da parte aérea (MSA) e massa fresca da raiz (MFR) do Experimento II, com dois genótipos de Cártamo e horas de inundação

Tratamento	AP (cm)	CR (cm)	DC (mm)	MFA (g)	MSA (g)	MFR (g)
Genótipos						
IAPAR	15,3 a	14,7 b	1,86 b	0,86 a	0,06 a	0,36 a
IMA-2103	14,2 b	15,9 a	2,02 a	0,66 b	0,05 b	0,25 b
Inundação						
0h	13,2	15,9	1,89	0,63	0,05	0,27
24h	15,0	14,7	1,94	0,73	0,05	0,24
48h	14,4	15,3	1,84	0,70	0,05	0,26
72h	14,4	15,9	1,91	0,73	0,05	0,29
96h	15,7	16,0	1,99	1,01	0,06	0,48
120h	15,9	14,2	2,08	0,78	0,05	0,30
ANOVA (Probabilidade do teste F)						
Genótipo (G)	*	**	**	**	**	**
Inundação (I)	*(1)	ns	** (2)	*(3)	*(4)	** (5)
G x I	ns	**	ns	**	*	**
CV (%)	13,1	11,1	7,6	23,3	20,7	29,0

* significativo a 5%; ** significativo a 1%. ns = não significativo; Letras iguais na coluna representam médias iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

(1) $\hat{y} = 13,2 + 0,41x$ ($R^2=0,65^*$). (2) $\hat{y} = 1,91 + 0,002x - 3E-05x^2$ ($R^2 = 0,83^{**}$). (3) $\hat{y} = 0,60 + 0,04x$ ($R^2=0,42^*$).

(4) $\hat{y} = 0,05 + 0,01x$ ($R^2=0,28^*$). (5) $\hat{y} = 0,22 + 0,02x$ ($R^2=0,29^*$).

Tabela 5. Valores médios da interação entre os genótipos e horas de inundação para comprimento da raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MFA), massa seca da parte aérea (MSA) e massa seca da raiz (MSR) do Experimento II

Genótipos	Inundação						Regressão
	0h	24h	48h	72h	96h	120h	
CR (cm)							
IAPAR	1,78 b	1,91 a	1,80 a	1,87 a	1,84 b	1,98 b	ns
IMA-2103	2,01 a	1,96 a	1,89 a	1,96 a	2,13 a	2,17 a	$\hat{y} = 2,00 + 0,0036x - 4E-05x^2$ ($R^2 = 0,86^*$)
MFA (g)							
IAPAR	0,70 a	1,01 b	0,74 a	0,70 a	1,05 a	0,95 a	ns
IMA-2103	0,55 a	0,45 a	0,65 a	0,76 a	0,97 a	0,60 b	$\hat{y} = 0,44 + 0,0072x - 4E-05x^2$ ($R^2 = 0,44^{**}$)
MSA (g)							
IAPAR	0,06 a	0,07 a	0,05 a	0,05 a	0,07 a	0,07 a	ns
IMA-2103	0,05 a	0,03 b	0,04 a	0,05 a	0,06 a	0,04 b	ns
MFR (g)							
IAPAR	0,29 a	0,35 a	0,26 a	0,31 a	0,49 a	0,47 a	$\hat{y} = 0,30 + 0,0009x - 2E-05x^2$ ($R^2 = 0,69^{**}$)
IMA-2103	0,26 a	0,13 b	0,26 a	0,28 a	0,46 a	0,13 b	ns

Letras minúsculas iguais na linha representam médias iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância. ns = não significativo.

De maneira geral, observou-se maior adaptação do genótipo IAPAR a condição de inundação, evidenciando a superioridade deste. Santos et al. (2017) em análise a produtividade e componentes de produção de genótipos de cártamo sob irrigação em diferentes estádios fenológicos, verificaram que os genótipos

IAPAR e IMA-4409 foram menos sensíveis à interrupção da disponibilidade de água nas fases de crescimento.

Conclusão

Os acúmulos de massa fresca e seca foram influenciados pela interação dos fatores. O genótipo IAPAR foi menos sensível a inundação do solo nos dois experimentos. Houve maior acúmulo de massa fresca e seca, e massa de raízes em condições de inundação.

Referências

BATISTA, C. U. N.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J. A. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. *Acta Botanica Brasílica*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 91-98, mar. 2008.

BINOTTO, B.; ANTONIAZZI, A. P.; NEUMANN, G. M.; SAUSEN, T. L.; BUDKE, J. C. Tolerância de plântulas de *Cedrela fissilis* Vell. a diferentes amplitudes e intensidades de inundação. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1339-1348, 2016.

BONFIM SILVA, E. M.; ANICÉSIO, E. C. A.; OLIVEIRA, J. R.; SOUSA, H. H. F.; SILVA, T. J. A. Soil Water Availability on Growth and Development of Safflower Plants. *American Journal of Plant Sciences*, v. 6, n. 13, p. 2066, 2015.

DANTAS, B. F.; ARAGÃO, C. A.; ALVES, J. D. Calcium and the development of aerenchyma and cellulase activity in corn seedlings subjected to hypoxia. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 251-257, 2001.

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

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F.; PAIM, R. P.; SCALON, S. P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2657-266, 2012.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; CAMARGO, M. C. Comportamento germinativo de sementes de cultivares de milho sob condições de hipoxia. *Científica*, Jaboticabal, v. 42, n. 3, p. 224-232, 2014.

GONCALVES, J. F. de C.; MELO, E. G. F.; FERREIRA, M. J.; SILVA, C. E. M.; GOMES, I. B. Crescimento, partição de biomassa e fotossíntese em plantas jovens de *Genipa spruceana* submetidas ao alagamento. *Cerne*, Lavras, v. 19, n. 2, p. 193-200, 2013.

LIRA, J. M. S.; FERREIRA, R. A.; JUNIOR, C. D. S.; NETO, E. M. S.; SANTANA, W. S. Análise de crescimento e trocas gasosas de plantas de *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) DC sob alagamento para uso na recuperação de matas de ciliares. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 655-665, 2013.

LIU, F.; GUO, D. D.; TU, Y. H.; XUE, Y. R.; GAO, Y.; GUO, M. L. Identification of reference genes for gene expression normalization in safflower (*Carthamus tinctorius*). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, Curitiba, v. 26, n. 5, p. 564-570, 2016.

MANZUR, M. E.; GRIMOLDI, A. A.; INSAUTI, P.; STRIKER, G. G. Escape from water or remain quiescent? Lotus tenuis changes its strategy depending on depth of submergence. *Annals of botany*, v. 104, n. 6, p. 1163-1169, 2009.

MARTINS, E. A. S.; GONELI, A. L. D.; FILHO, C. P. H.; MAUAD, M.; SIQUEIRA, V. S.; GONÇALVES, A. A. Physical properties of safflower grains. Part I: Geometric and gravimetric characteristics. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 21, n. 5, p. 344-349, 2017.

MEDRI, M. E.; MEDRI, AM. E.; RUAS, E. A.; SOUZA, L. A.; MEDRI, P. S.; SAYHUN, S.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A. Alterações morfoanatômicas em plantas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. submetidas ao alagamento. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 29, n. 1, p. 15-22, 2007.

MELO, L. A.; MELO, H. C.; DAVIDE, A. C.; CASTRO, E. M.; SANTOS, J. P. Estaquia e efeito da deficiência hídrica ou inundação sobre características morfoanatômicas de *Cestrum axillare* Vell. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 325-337, 2017.

NASCIMENTO, M. E.; CUNHA, R. L. M. C.; GALVÃO, J. R.; FILHO, P. P. C. A.; NASCIMENTO, M. K. C.; CUNHA, R. F.; BARBOSA, A. V. C. Aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de *Swietenia macrophylla* king submetida a duas condições de inundação. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v. 90, n. 3, p. 237-249, 2015.

OLIVEIRA, A. K. M.; GUALTIERI, S. C. J. Gas exchange in young plants of *Tabebuia aurea* (*Bignoniaceae* juss.) subjected to flooding stress. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 39-49, 2016.

OLIVEIRA, A. K. M.; GUALTIERI, S. C. J. Trocas gasosas e grau de tolerância ao estresse hídrico induzido em plantas jovens de *Tabebuia aurea* (paratudo) submetidas a alagamento. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 181-191, 2017.

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*, Konak-İzmir, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2012.

PIRES, J. L. F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 1, p. 41-50, 2002.

PORTO, M. P. (1997). Método de seleção de plantas de milho para tolerância ao encharcamento do solo. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 3(2). <http://www.revistapag.fepagro.rs.gov.br/files/PAG3n2.pdf>

SA, J. S.; CRUCIANI, D. E.; MINAMI, K. Efeitos de inundações temporárias do solo em plantas de ervilha. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 1, p. 50-54, 2004

SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; ALMEIDA SILVA, M. Productivity and production components of safflower genotypes affected by irrigation at phenological stages. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 186, p. 66-74, 2017.

SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, A. A.; TARGINO, I. S. O.; SILVA, M. L. N. Tolerância do rabanete ao encharcamento do solo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Pombal, v. 7, n. 1, p. 25-33, 2012.

SILVEIRA, N. M.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; DOUSSEAU, S.; HENRIQUE, P. C. Crescimento e partição de carboidratos em plantas de *Sebastiania membranifolia* submetidas ao alagamento. *Cerne*, Lavras, v. 21, n. 1, p. 0104-7760, 2015.

TAVARES, A. C. S.; DUARTE, S. N.; DIAS, N. S.; SÁ, F. V. S.; MIRANDA, J. H.; FERNANDES, C. S. Produção e maturação de cana-de-açúcar submetida a encharcamento em diferentes estádios de desenvolvimento. *Irriga*, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 154-166, 2017.

TOMA, W.; GUIMARÃES, L. L.; BRITO, A. R. M. S.; SANTOS, A. R.; CORTEZ, F. S.; PUSCEDDU, F. H.; CESAR, A.; JÚNIOR, L. S.; PACHECO, M. T. T.; PEREIRA, C. D. S. Safflower oil: an integrated assessment of phytochemistry, antiulcerogenic activity, and rodent and environmental toxicity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, Curitiba, v. 24, n. 5, p. 538-544, 2014.

VITORINO, P. G.; ALVES, J. D. A.; MAGALHÃES, P. C.; MAGALHÃES, M. M.; LIMA, L. C. O.; OLIVEIRA, L. E. M. Flooding tolerance and cell wall alterations in maize mesocotyl during hypoxia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1027-1035, 2001.