

MANEJO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO CRESCIMENTO E ÍNDICE DE COLHEITA DO *Crambe abyssinica*

Tafarel Victor Colodetti¹, Wagner Nunes Rodrigues², Lima Deleon Martins³,
Sebastião Vinícius Batista Brinate², Samuel Cola Pizetta⁴, Marcelo Antonio Tomaz⁵

¹Doutor em Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do CCAE-UFES, Alegre-ES, tafarecolodetti@hotmail.com.

²Doutor em Produção Vegetal, Professor do Centro Universitário UNIFACIG, Manhuaçu-MG, wagner.nunes@sempre.unifacig.edu.br, sebastiao.vinicius@sempre.unifacig.edu.br.

³Doutor em Produção Vegetal, Grupo Geotechnology Applied to Global Environment (GAGEN), CCAE-UFES, Professor do Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro do Itapemirim-ES, limadeleon@saocamilo-es.br.

⁴Doutorando em Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da UFLA, Lavras-MG, scpizetta@hotmail.com.

⁵Doutor em Fitotecnia, Professor do Departamento de Agronomia do CCAE-UFES, Alegre-ES, tomazamarcelo@yahoo.com.br.

Resumo: O objetivo deste trabalho foi determinar a disponibilidade hídrica adequada em cada etapa do ciclo fenológico de *Crambe abyssinica* Hochst, visando auxiliar o estabelecimento de manejos da irrigação com uso racional da água para esta cultura. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e estudou a influência dos níveis de disponibilidade hídrica no solo ao longo do ciclo fenológico das plantas, por meio de parâmetros de crescimento, acúmulo de biomassa e produção de grãos, seguindo um esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco níveis de disponibilidade hídrica (parcela) e quatro estádios fenológicos (subparcela), em delineamento inteiramente casualizado. A irrigação foi administrada diariamente, monitorando-se a perda de água por meio da pesagem dos vasos em balança analítica e permitindo que a água disponível chegasse aos níveis de 70%, 55%, 45%, 25% e 10% da capacidade de campo, correspondendo a, respectivamente, 20, 44, 55, 150 e 300 kPa de tensão de água no solo. Dessa forma, foi possível constatar maiores taxas de crescimento do *Crambe abyssinica* com regime hídrico capaz de fornecer níveis superiores a 45% da água disponível no solo, visto que estes promoveram melhor desenvolvimento das plantas ao longo de todo o ciclo fenológico. O aumento da disponibilidade hídrica no solo acima de 45% foi fundamental para a obtenção de maiores índices de colheita, com maior índice obtido em 63% da água disponível.

Palavras-chave: Crambe; Oleaginosas; Crescimento de plantas; Déficit hídrico.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias.

MANAGEMENT OF WATER AVAILABILITY IN GROWTH AND HARVEST INDEX OF *Crambe abyssinica*

Abstract: The objective of this study was to determinate the adequate water availability at each stage of the phenological cycle of *Crambe abyssinica* Hochst, aiming to assist the establishment of irrigation managements with rational water use for this crop. The experiment was conducted in greenhouse and studied the influence of the levels of water availability in the soil along the phenological cycle of the plants, through growth parameters, biomass accumulation and grain production, following a split plot scheme in time, with five levels of water availability (plot) and four phenological stages (subplot), in a completely randomized design. Irrigation was administered daily, monitoring water loss by weighing the vessels on an analytical balance and allowing the available water to reach levels of 70%, 55%, 45%, 25% and 10% of field capacity, corresponding to 20, 44, 55, 150 and 300 kPa of water tension in the soil, respectively. Thus, it was possible to verify higher growth rates of *Crambe abyssinica* with a water regime capable of providing levels above 45% of the water available in the soil, as these promoted better plant development throughout the entire phenological cycle. The increase in water availability in the soil

above 45% was fundamental to obtain higher harvest indexes, with the maximum rate obtained in 63% of the available water.

Keywords: Crambe; Oilseed; Plants of growth; Water deficit.

INTRODUÇÃO

O Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie da família Brassicaceae com grande potencial para a produção de biodiesel e para inserção na matriz energética como fonte de combustível sustentável. Ao longo dos anos, grandes esforços foram desempenhados para o desenvolvimento de estudos com esta espécie. Já se verificou responsividade do crescimento vegetativo de plantas de Crambe à adubação com NPK (COLODETTI et al., 2012ab), limitação expressiva na produção de biomassa em função da ausência de P, em relação aos demais macronutrientes (COLODETTI et al., 2013), maior crescimento da parte aérea e do sistema radicular em condições de maior fornecimento hídrico combinadas com maiores doses de P no solo (COLODETTI et al., 2015a) e limitação expressiva da germinação e do desenvolvimento das plântulas com a presença de alumínio na solução e temperatura de cultivo mais elevada (COLODETTI et al., 2015b). No entanto, ainda existe uma grande necessidade de pesquisas nas áreas de melhoramento genético e otimização do manejo hídrico do Crambe (ROSCOE et al., 2010; COLODETTI et al., 2012c).

Sabe-se que o suprimento adequado de água é um fator primordial para permitir maiores rendimentos produtivos e garantir o desenvolvimento adequado das plantas. A falta desse recurso afeta o metabolismo, o transporte e a translocação dos solutos, o turgor celular, a abertura dos estômatos e a expansão do sistema radicular no solo. Mesmo uma pequena diminuição na disponibilidade de água pode afetar o crescimento, o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade das culturas (TAIZ et al., 2017).

Um dos principais estresses ambientais que afetam a agricultura é o déficit hídrico. Há uma constante busca científica para compreender o comportamento das plantas em condições de seca, visando melhorar o rendimento das espécies agrícolas sob os efeitos desse estresse (CATTIVELLI et al., 2008). Algumas espécies vegetais apresentam diferentes capacidades de tolerar o déficit hídrico, utilizando estratégias para manter a atividade metabólica mesmo com a evolução da restrição hídrica (LAWN; LIKOSWE, 2008).

Uma importante ferramenta para gerar conhecimento prático sobre a capacidade de resistência ao déficit hídrico é a análise de crescimento, que auxilia na identificação de plantas capazes de manter melhor vigor e produtividade mesmo quando submetidas a condições estressantes (BENINCASA, 2003). Iluminados por esses fatos, há uma forte necessidade de intensificar os esforços para estudar o manejo da água na agricultura, identificando o momento correto e a quantidade de água requerida pela cultura, considerando as necessidades específicas ao longo dos estágios fenológicos e visando melhorar o uso da água.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar a disponibilidade hídrica adequada em cada etapa do ciclo fenológico de *Crambe abyssinica* Hochst, visando auxiliar o estabelecimento de manejos de irrigação com uso racional da água para esta cultura.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), no município de Alegre, estado do Espírito Santo, a uma altitude de 136 m e coordenadas geográficas 20°45'2,9 "S e 41°29'17,5"W.

O experimento estudou a influência dos níveis de disponibilidade hídrica ao longo do ciclo fenológico de plantas de *Crambe abyssinica* Hochst, por meio de um conjunto de parâmetros de crescimento, seguindo um esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco níveis de disponibilidade hídrica (parcela) e quatro estádios fenológicos (subparcela), em delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizadas quatro repetições e a parcela experimental foi composta por uma planta por vaso.

O solo utilizado para preencher os vasos foi classificado como Latossolo, coletado na profundidade de 10 a 30 cm. A caracterização química e físico-hídrica do solo foi realizada e a fertilidade do solo corrigida seguindo as recomendações para ensaios em ambientes controlados (NOVAIS et al., 1991). Os vasos (plástico preto, capacidade de 8 dm³) foram preenchidos com 7,21 kg de solo fertilizado. As sementes de *Crambe abyssinica* Hochst, da cultivar FMS Brilhante, foram beneficiadas,

esterilizadas com solução de hipoclorito de sódio (1%), lavadas, secas, embaladas e armazenadas na geladeira ($\pm 3^\circ\text{C}$), com umidade na massa de grãos de 10-12% até a semeadura. Cinco sementes foram semeadas por vaso e as mudas foram desbastadas após a emergência, para permitir o crescimento de apenas uma planta por vaso.

A análise físico-hídrica foi realizada conforme metodologia proposta pela Embrapa (EMBRAPA, 1997). Assim, determinou-se a umidade do solo na capacidade de campo na tensão de 10 kPa, ponto de murcha permanente na tensão de 1.500 kPa, obteve-se a densidade do solo de $1,03\text{ kg dm}^{-3}$, densidade de partículas de $2,63\text{ kg dm}^{-3}$ e porosidade total de $0,608\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$. O solo apresentou proporções de 49,1% de areia, 5,3% de silte e 45,6% de argila, segundo a análise granulométrica.

Os resultados da análise físico-hídrica foram utilizados para determinar o total de água disponível no solo, onde os procedimentos para manejo da irrigação seguiram a metodologia descrita por Bernardo et al. (2006). A gestão da água foi estabelecida para suprir as plantas com diferentes níveis de disponibilidade de água no solo. O nível de 70% da água disponível foi utilizado como irrigação padrão para o Crambe, com base em resultados anteriores de estudos nas mesmas condições (COLODETTI et al., 2015a). A irrigação foi administrada diariamente, monitorando-se a perda de água por meio da pesagem dos vasos em balança analítica e permitindo que a água disponível chegasse aos níveis de 70%, 55%, 45%, 25% e 10% da capacidade de campo, correspondendo a, respectivamente, 20, 44, 55, 150 e 300 kPa de tensão de água no solo.

A irrigação foi realizada diariamente, de acordo com a necessidade, quando a umidade do solo atingia os níveis correspondentes a cada tratamento, retornando o nível de disponibilidade de água no solo ao nível padrão (70% da capacidade de campo).

Como os estudos fenológicos do Crambe nas condições brasileiras ainda são incipientes, a única descrição do ciclo fenológico disponível foi utilizada para estabelecer as etapas de avaliação. Nas condições brasileiras, o Crambe apresenta cerca de 90 dias de ciclo, da semeadura à colheita. A fase de emergência ocorre entre 7 e 10 dias após a semeadura. A fase de plântula dura cerca de 10 dias. A fase de crescimento vegetativo leva 15 dias. A fase reprodutiva inicia-se com a floração, que começa por volta do 35º dia e termina por volta do 70º dia após a semeadura. A formação dos grãos ocorre de 50 a 80 dias (ROSCOE et al., 2010), uma vez que não é possível separar as fases de floração e formação de grãos, pois ocorrem concomitantemente. Dessa forma, os estádios de florescimento e formação dos grãos foram estudados conjuntamente do 35º ao 80º dia após a semeadura.

Foram avaliados a altura da planta, diâmetro do caule e biomassa para cada estágio fenológico, coletando-se as parcelas experimentais de acordo com o esquema de subdivisão no tempo. A altura das plantas foi obtida por meio de uma régua graduada em mm, medindo o comprimento desde o nível do solo até o meristema apical. O diâmetro do caule foi avaliado com paquímetro digital (precisão: 0,01 mm). As plantas coletadas foram divididas em parte aérea e raízes, separadas em sacos de papel, as quais foram secas em estufa laboratorial, com circulação de ar forçada a 60°C , até massa constante. Após a secagem, os materiais vegetais foram pesados em balança analítica (precisão: 0,0001 g).

As taxas de crescimento foram calculadas com base na variação temporal da altura da planta, diâmetro do caule e biomassa, resultando na taxa de crescimento em altura (TCAP; cm dia^{-1}), taxa de crescimento em biomassa (TCB; g dia^{-1}) e taxa de expansão do caule (TEC; mm dia^{-1}), utilizando a metodologia descrita por Silva et al. (2000).

Após a colheita dos grãos, os mesmos foram secos em estufa de laboratório, seguindo a mesma descrição anterior, e a relação entre a matéria seca acumulada nos grãos e a biomassa total da planta foi utilizada para calcular o índice de colheita (IC; g g^{-1}).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e, de acordo com a presença de diferenças significativas, foram estudadas as médias dos estádios fenológicos pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) e as médias dos níveis de disponibilidade hídrica por meio da análise de regressão (5% de probabilidade). As análises foram realizadas por meio do software estatístico "SISVAR" (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores parcelas (disponibilidade hídrica) e subparcelas (estádios fenológicos) foi significativa para os parâmetros de taxas de crescimento em altura da planta (TCAP), em acúmulo de biomassa (TCB) e em expansão do caule (TEC).

Maiores crescimentos em altura foram observados nas fases de crescimento vegetativo, floração e formação de grãos (granação) nos níveis de 25%, 55% e 70% de disponibilidade hídrica. De maneira geral, o estágio de floração e granação apresentou as maiores TCAP, independente do suprimento de água. Não houve diferenciação para a TCAP ao longo dos estádios de emergência e plântula (Tabela

1).

Tabela 1 – Taxa de crescimento em altura da planta (TCAP), taxa de crescimento em biomassa (TCB) e taxa de expansão do caule (TEC) em diferentes estádios do ciclo fenológico de plantas de *Crambe abyssinica* Hochst, para cada nível de disponibilidade hídrica no solo (Alegre-ES).

Variável	Estádios fenológicos	Água disponível no solo (%)				
		10	25	45	55	70
TCAP (cm dia ⁻¹)	Emergência	0,69 b	0,74 b	0,83 c	1,00 b	1,00 b
	Plântula	0,55 b	0,60 b	0,73 c	0,83 b	0,70 b
	Crescimento vegetativo	0,29 b	1,55 a	1,58 b	2,06 a	2,35 a
	Florescimento e granação	1,58 a	1,86 a	2,48 a	2,49 a	2,49 a
TCB (g dia ⁻¹)	Emergência	0,01 c	0,01 c	0,01 c	0,01 d	0,01 d
	Plântula	0,05 c	0,05 c	0,05 c	0,06 c	0,06 c
	Crescimento vegetativo	0,30 b	0,49 a	0,63 a	0,65 a	0,69 a
	Florescimento e granação	0,38 a	0,38 b	0,38 b	0,48 b	0,52 b
TEC (mm dia ⁻¹)	Emergência	0,21 a	0,25 a	0,28 b	0,34 b	0,34 a
	Plântula	0,17 ab	0,19 b	0,17 c	0,17 c	0,18 b
	Crescimento vegetativo	0,14 b	0,21 ab	0,33 a	0,40 a	0,38 a
	Florescimento e granação	0,08 c	0,06 c	0,04 d	0,02 d	0,02 c

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com exceção do crescimento ao nível de 10% de disponibilidade de água no solo, maior acúmulo diário de biomassa (TCB) foi observado na fase de crescimento vegetativo, seguida da fase de floração e formação de grãos. Em 10% de água disponível, o maior TCB ocorreu no estágio de floração e formação de grãos, e a segunda maior taxa foi observada no estágio de crescimento vegetativo. Nos níveis de 10%, 25% e 45% de água disponível, não foram observadas diferenciações entre os estádios de emergência e plântula, enquanto a emergência apresentou menor TCB a 55% e 70% de disponibilidade hídrica (Tabela 1).

As plantas de *Crambe* apresentam inflorescência do tipo racimo, portanto, ocorre um rápido crescimento em extensão do caule principal à medida que as flores são emitidas (ROSCOE et al., 2010), o que contribui para explicar os resultados de TCAP nos níveis de água no solo. Além disso, os estádios de crescimento vegetativo, florescimento e granação são caracterizados por um maior crescimento, tanto em altura quanto em outras variáveis relacionadas (KMEC et al., 1998; ROSCOE et al., 2010; COLODETTI et al., 2015a). Porém, as maiores TCAP no nível de 10% de água disponível ocorreram apenas no estágio de florescimento e granação, o que foi devido à emissão das estruturas florais. Este achado está de acordo com o comportamento da taxa de acúmulo de biomassa, para o qual a maior média ocorreu apenas na fase de floração e granação no manejo com 10% de água disponível. Para os demais níveis de água no solo, os maiores valores de TCB foram obtidos durante a fase de crescimento vegetativo, o que era esperado.

A maior taxa de expansão do caule (TEC) ocorreu na fase de crescimento vegetativo para os níveis de 45%, 55% e 70% de disponibilidade hídrica, e durante a emergência a 70% da água disponível. O crescimento radial mais lento do caule foi observado nas fases de floração e granação, independentemente do abastecimento de água (Tabela 1). Durante esses estágios fenológicos, as plantas tendem a investir suas reservas para formar flores e frutos, pois estes atuam como drenos metabólicos mais fortes, em detrimento do crescimento das estruturas vegetativas (PATRICK, 1997; OPARKA; SANTA CRUZ, 2000; TAIZ et al., 2017). Nesta fase, o crescimento vegetativo já atingiu os valores máximos, apresentando dossel totalmente expandido para sustentar a fase reprodutiva.

Pela análise de regressão foi possível observar que o abastecimento de água teve menor efeito sobre a TCAP no início do desenvolvimento das plantas, não apresentando diferenças estatísticas ao longo do crescimento das plântulas. Porém, o estresse hídrico neste momento afetou claramente as etapas seguintes, pois os resultados obtidos no crescimento vegetativo, floração e granação passaram a apresentar diferenças. O maior nível de água disponível e o nível de 68% ocasionaram maiores TCAP no estágio de crescimento vegetativo e no estágio de floração e formação dos grãos, respectivamente (Figura 1). O mesmo comportamento foi observado para a TCB, onde o nível de água disponível não causou diferenças nos estádios de emergência e plântula. Porém, para o estágio de crescimento vegetativo, o nível de 67% de água no solo causou maiores valores para o acúmulo diário de biomassa. Na floração e formação dos grãos, o TCB diminuiu até o nível de 22% de água disponível, aumentando a partir deste ponto (Figura 1).

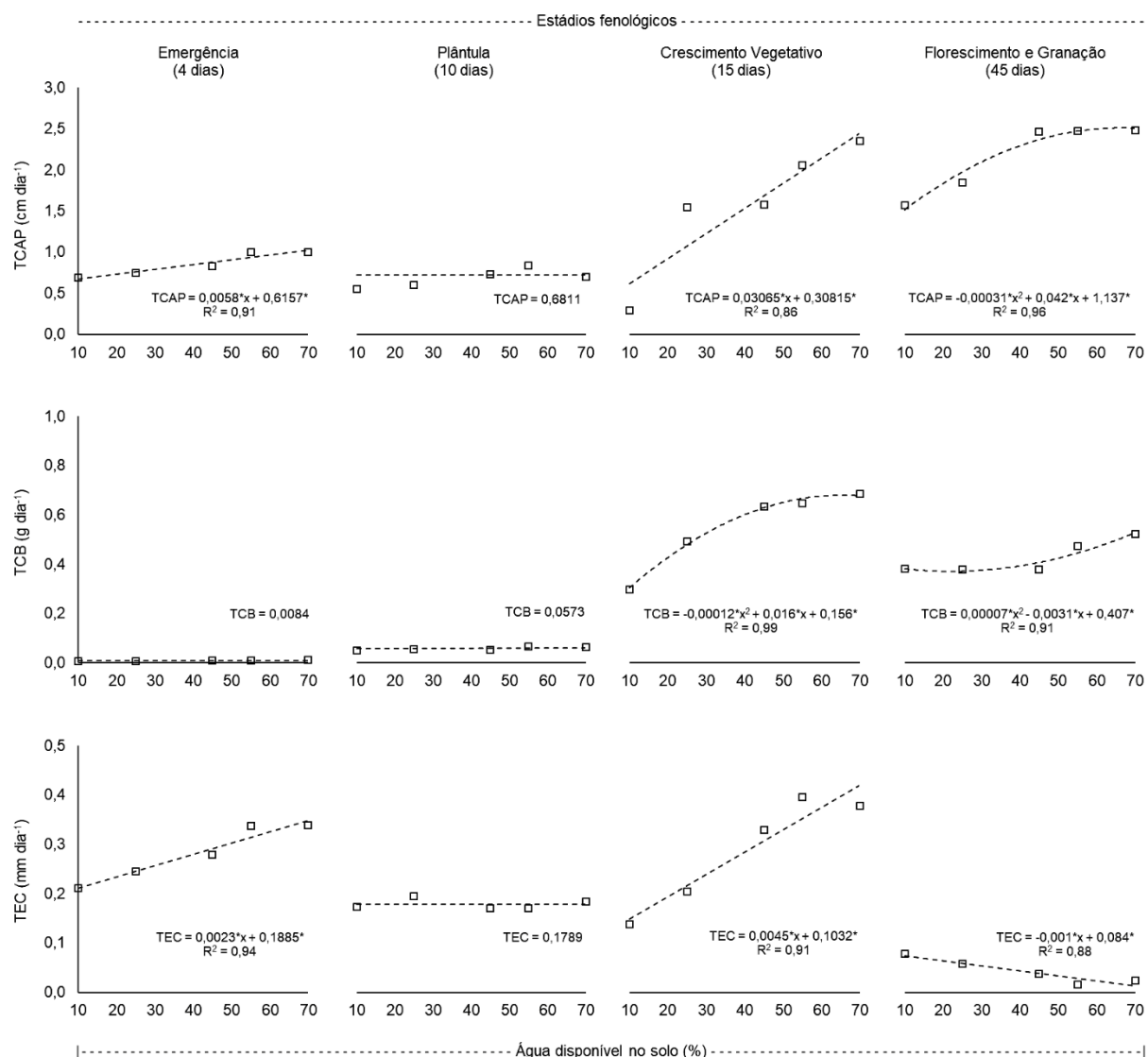


Figura 1 – Taxa de crescimento em altura da planta (TCAP), taxa de crescimento em biomassa (TCB) e taxa de expansão do caule (TEC) em função da porcentagem de água disponível no solo, em cada estágio do ciclo fenológico de plantas de *Crambe abyssinica* Hochst (Alegre-ES). *Coeficientes de regressão significativos pelo teste t em nível de 5% de probabilidade.

Durante a fase de crescimento mais intenso (estádio de crescimento vegetativo), notou-se o condicionamento causado pela disponibilidade de água no solo sobre o crescimento vertical das plantas de Crambe. Nesta fase, as plantas atingiram o ápice de seu enfolhamento para sustentar a fase reprodutiva. É nesse período que a área foliar atinge valores mais elevados e, portanto, as plantas ficam mais vulneráveis e suscetíveis a altas taxas de transpiração, em decorrência da demanda metabólica e diferenças de potencial hídrico no sistema solo-planta-atmosfera (TAIZ et al., 2017). Dessa forma, o déficit hídrico causou maiores restrições ao crescimento das plantas nesta fase fenológica, tanto para a TCAP quanto para a TCB. No entanto, foi durante a fase de floração e formação dos grãos e para a TCB que os efeitos da disponibilidade de água mostraram sua maior influência na produção de grãos. Apesar da presença de um ponto mínimo em baixos níveis de água disponível, fica evidente a apresentação de maiores respostas na produção diária de biomassa acima do nível de 45% de disponibilidade hídrica. Esses resultados demonstram a interação entre o crescimento em altura e biomassa durante a fase de floração e formação de grãos para níveis mais elevados de água no solo, que estão totalmente interligados com o maior rendimento produtivo de outras espécies de plantas (WOPEREIS et al., 1996; DUTRA et al., 2012; SILVA et al., 2013; BRITO et al., 2015).

Em relação à TEC, observou-se uma expansão linear com o aumento do nível de disponibilidade hídrica durante as fases de emergência e crescimento vegetativo, com crescimento mais rápido nas

condições de maior oferta de água. Para o estágio de plântula, a expansão do caule não foi influenciada pela água disponível no solo. Para a floração e formação dos grãos, a expansão radial do caule diminuiu linearmente com o aumento da oferta de água (Figura 1). O abastecimento de água foi extremamente importante para promover o crescimento do caule observado durante a emergência e, principalmente, na fase de crescimento vegetativo. O fornecimento em níveis adequados de água é fundamental para favorecer o crescimento das ramificações caulinares e evitar o tombamento das plantas, visto que o Crambe é uma espécie herbácea (JALEEL et al., 2009; ACHTEN et al., 2010).

O índice de colheita (IC) do Crambe foi fortemente afetado pelo suprimento de água no solo, sendo 63% de água disponível o nível que promoveu maior proporção de biomassa alocada nos grãos, em relação à matéria seca total da planta. No entanto, bons resultados de produção de grãos foram perceptíveis acima do nível de 45% de disponibilidade hídrica, enquanto diminuição drástica é observada com a limitação do fornecimento de água (Figura 2).

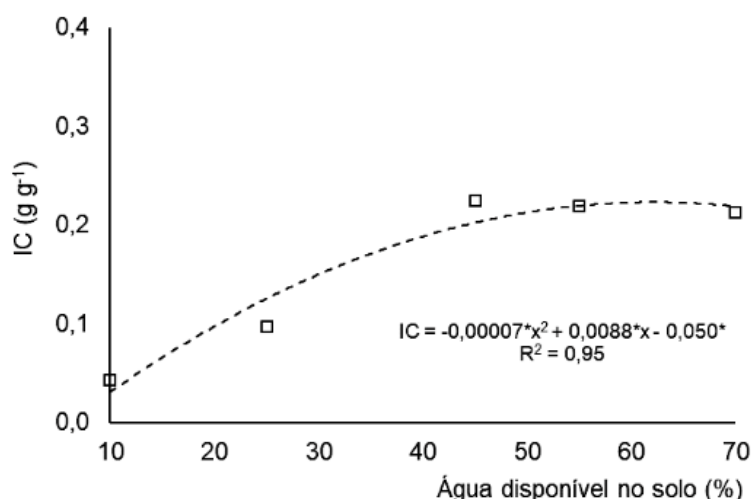


Figura 1 – Índice de colheita (IC) de plantas de *Crambe abyssinica* Hochst em função da porcentagem de água disponível no solo (Alegre-ES). *Coeficientes de regressão significativos pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade.

O índice de colheita sendo limitado pela baixa disponibilidade hídrica no solo pode ser justificado pelos drásticos efeitos causados pelo estresse hídrico nas fases fenológicas que antecederam a colheita. De acordo com os resultados para as variáveis de crescimento discutidos anteriormente, observou-se que, mesmo na ausência de efeitos significativos (disponibilidade hídrica em alguns estágios fenológicos e para algumas variáveis), o Crambe apresentou crescimento satisfatório e vigoroso acima de 45% da água disponível. Portanto, não é recomendável submeter o cultivo desta espécie a regimes hídricos com suprimento de água inferior a este nível. Esse fato pode ser embasado nos resultados obtidos para o índice de colheita, onde bons resultados só puderam ser obtidos quando o crescimento vegetativo da planta foi vigoroso o suficiente para sustentar a fase reprodutiva.

Além disso, apesar do maior suprimento de água favorecer o crescimento das estruturas vegetativas em alguns casos, não favoreceu a proporção de frutos na biomassa total da planta. Desse modo, a manutenção de níveis elevados de água no solo pode ser desnecessária, uma vez que o ponto de máximo para o índice de colheita foi obtido em 63% da água disponível e dentro do intervalo de avaliação neste estudo.

CONCLUSÃO

Maiores taxas de crescimento do *Crambe abyssinica* são observadas com regime hídrico capaz de fornecer níveis superiores a 45% da água disponível no solo, visto que estes promoveram melhor desenvolvimento das plantas ao longo de todo o ciclo fenológico.

Aumentar a disponibilidade hídrica no solo acima de 45% é fundamental para a obtenção de maiores índices de colheita do *Crambe abyssinica*, com maior índice obtido em 63% da água disponível.

REFERÊNCIAS

ACHTEN, W.M.J.; MAES, M.H.; REUBENS, B.; MATHIJS, E.; SINGH, V.P.; VERCHOT, L.V.; MUYS, B. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 5, p. 667-676, 2010.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BRITO, M.E.B.; SOARES, L.A.A.; LIMA, G.S.; SÁ, F.V.S.; ARAÚJO, T.T.; SILVA, E.C.B. Growth and formation of biomass of the tomato under water stress in the phenological stages. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 139-153, 2015.

CATTIVELLI, L.; RIZZA, F.; BADECK, F.W.; MAZZUCOTELLI, E.; MASTRANGELO, A.M.; FRANCA, E.; MARÈ, C.; TONDELLI, A.; STANCA, A.M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, v. 105, p. 1-14, 2008.

COLODETTI, T.V.; CHRISTO, L.F.; TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N. Vigor vegetativo de Crambe em função de níveis de N, P e K. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 5., CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 8., 2012, Salvador. **Resumos...** Lavras: UFLA, 2012a.

COLODETTI, T.V.; CHRISTO, L.F.; TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N. Níveis de N, P e K no crescimento inicial de Crambe. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 5., CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 8., 2012, Salvador. **Resumos...** Lavras: UFLA, 2012b.

COLODETTI, T.V.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; BRINATE, S.V.B.; TOMAZ, M.A. Crambe: Aspectos Gerais da Produção Agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, p. 258-269, 2012c.

COLODETTI, T.V.; RODRIGUES, W.N.; CHRISTO, L.F.; MARTINS, L.D.; TOMAZ, M.A. Perda de biomassa causada pela deficiência de macronutrientes em *Crambe abyssinica*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 2027-2038, 2013.

COLODETTI, T.V.; RODRIGUES, W.N.; MARTINS, L.D.; TOMAZ, M.A. Aluminum stress in *Crambe abyssinica* Hochst. **Idesia**, v. 33, p. 31-39, 2015b.

COLODETTI, T.V.; TOMAZ, M.A.; RODRIGUES, W.N.; REIS, E.F.; PIZETTA, S.C.; BRINATE, S.V.B.; CHRISTO, L.F.; MARTINS, L.D.; AMARAL, J.F.T. Phosphorus fertilization and water management as prevalent factors in the growth of *Crambe abyssinica*. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 15, p. 581-587, 2015a.

DUTRA, C.C.; PRADO, E.A.F.; PAIM, L.R.; SCALON, S.P.Q. Development of sunflower plants under different conditions of water supply. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 2657-2668, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A Computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H.J.; SOMASUNDARAM, R.; VAM, R.P. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 11, p. 100-105, 2009.

KMEC, P.; WEISS, M.J.; MILBRATH, L.R.; SCHATZ, B.G.; HANZEL, J.; HANSON, B.K.; ERIKSMOEN,

E.D. Growth analysis of Crambe. **Crop Science**, v. 38, p. 108-112, 1998.

LAWN, R.J.; LIKOSWE, A.A. Genotypic differences in leaf area maintenance contribute to differences in recovery from water stress in soybean. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 59, p. 1075-1085, 2008.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa/SAE, 1991. p. 189-254.

OPARKA, K.J.; SANTA CRUZ, S. The great escape: phloem transport and unloading of macromolecules. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 323-347, 2000.

PATRICK, J.W. Phloem unloading: sieve element unloading and post-sieve element transport. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 48, p. 191-222, 1997.

ROSCOE, R.; PITOL, C.; BROCH, D.L. Necessidades climáticas e ciclo cultural. In: PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: Crambe 2010**. Maracajú: Fundação MS, 2010. p. 7-9.

SILVA, J.E.B.; GUERRA, H.O.C.; LACERDA, R.D.; BARROS JÚNIOR, G.; FORMIGA, L.A. Production and fruit quality of castor bean in seeding and regrowth under phenological water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1167-1172, 2013.

SILVA, L.C.; BELTRÃO, N.E.M.; AMORIM NETO, M.S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: Embrapa/CNPA, 2000. 46 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

WOPEREIS, M.C.S.; KROPFF, M.J.; MALIGAYA, A.R.; TUONG, T.P. Drought-stress responses of two lowland rice cultivars to soil water status. **Field Crops Research**, v. 46, p. 21-39, 1996.