



Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental

v.19, n.3, p.204-210, 2015

Campina Grande, PB, UAEA/UFCG - http://www.agriambi.com.br

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p204-210

Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-manso

Francisco de A. de Oliveira¹, Rodolfo A. A. Guedes², Lucas P. Gomes³, Francisco M. S. Bezerra⁴, Luan A. Lima⁵ & Mychelle K. T. de Oliveira⁶

Palavras-chave:

Jatropha curcas L. estresse salino fitorregulador

RESUMO

Objetivou-se avaliar a interação entre salinidade e o uso de bioestimulante sobre o crescimento inicial de pinhão-manso. O experimento foi desenvolvido nos meses de agosto a outubro de 2012, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, RN, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4. Os tratamentos foram obtidos da combinação de dois níveis de sais da água de irrigação (0,5 e 5,0 dS m⁻¹) e quatro intervalos de aplicação de bioestimulante (I1 – Ausência; I2 - 7 dias; I3 - 14 dias; I4 – 21 dias). Utilizou-se o fitorregulador comercial Stimulate* 10X, na concentração padrão de 18 mL L⁻¹ de solução e se avaliaram as seguintes variáveis: altura, diâmetro do caule, comprimento da raiz principal, número de folhas, área foliar, massa seca de folhas, massa seca de caule, massa seca de raiz, massa seca total e razão massa seca da parte aérea/massa seca de raiz. O estresse salino provocou redução em todas as variáveis avaliadas e inibiu o efeito do bioestimulante nos intervalos utilizados. O uso de Stimulate* 10X não inibiu o efeito deletério da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento inicial do pinhão-manso.

Key words:

Jatropha curcas L. saline stress phytoregulator

Interaction between water salinity and biostimulant in the initial growth of physic nut

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the interaction between salinity levels of the water and the use of biostimulant in initial growth of physic nut plants. The experiment was conducted during the period of August and October 2012, at the Federal Rural University of Semi-Arid, at Mossoró, RN, adopting a completely randomized design in a 2 x 4 factorial arrangement. The treatments consisted of the combination of two levels of salinity of irrigation water (0.5 and 5.0 dS m $^{-1}$) and four intervals of application of biostimulant (I1 - Absence; I2 - 7 days; I3 - 14 days; I4 - 21 days). The commercial phytoregulator Stimulate $^{\$}$ 10X was used, in the standard concentration of 18 mL L $^{-1}$ solution. Height, stem diameter, main root length, number of leaves, leaf area, dry weight of leaf, stem and root , total dry weight and ratio of dry mass of aerial parts to dry mass of root were evaluated. Salt stress caused a reduction in all variables and inhibited the effect of the biostimulant in the used intervals. Stimulate * 10X did not inhibit the deleterious effect of salinity of irrigation water on the initial growth of physic nut plants.

Protocolo 023-2014 - 20/01/2014 • Aprovado em 24/10/2014 • Publicado em 26/01/2015

¹ DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: thikaoamigao@ufersa.edu.br (Autor correspondente)

² DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: rodolfoartur@yahoo.com.br

³ DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: lucas_pereiragomes@hotmail.com

⁴ DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: mardonnestec@hotmail.com

⁵ DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: luanefa2@yahoo.com.br

⁶ DCAT/UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: mychellekarlato@outlook.com

Introdução

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta oleaginosa pertencente à família das Euforbiáceas; sua semente apresenta cerca de 35 a 38% de óleo, com inúmeras aplicações, com destaque para a produção de biocombustível (Cáceres et al., 2008).

Vários estudos já foram realizados para avaliar a eficiência da irrigação nesta cultura e a maioria dos trabalhos relata a importância da irrigação para o desenvolvimento e rendimento de frutos do pinhão-manso (Evangelista et al., 2011).

Outro fator de grande importância, além da disponibilidade de água, é sua qualidade, principalmente quanto à concentração de sais dissolvidos tendo em vista que grande parte dos poços da região do semiárido nordestino apresenta água com níveis salinos que podem afetar negativamente o rendimento das culturas (Medeiros et al., 2003).

Estudos desenvolvidos com o pinhão-manso demonstraram que a cultura é sensível à salinidade ocorrendo redução no diâmetro de caule, número de folhas, massa seca e consumo de água (Nery et al., 2009; Sousa et al., 2011).

Ante a iminente necessidade da utilização da água de qualidade inferior para irrigação, vários estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de obter manejo adequado que possibilite o uso dessas águas sem afetar negativamente o desenvolvimento e o rendimento das culturas.

Uma das alternativas para minimizar os efeitos danosos dos sais às plantas é o emprego de substâncias que reduzam a intensidade desses efeitos sobre o crescimento das plantas possibilitando o uso de águas salinas, como biofertilizantes (Diniz et al., 2013) e reguladores vegetais (Oliveira et al., 2013).

Atualmente, o uso de reguladores vegetais tem sido bastante utilizado na agricultura brasileira atuando como mediadores de processos fisiológicos. Acredita-se que, em função de sua composição, concentração e proporção das substâncias, o biorregulador pode incrementar o crescimento e o desenvolvimento vegetal estimulando a divisão celular podendo também aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas (Vieira & Castro, 2004).

Alguns pesquisadores têm observado que o efeito do bioestimulante pode ser influenciado pelas condições ambientais (Baldo et al., 2009; Oliveira et al., 2013), desta forma, torna-se de grande importância o desenvolvimento de mais pesquisas com este produto, sobretudo em plantas sob estresse abiótico; portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação de bioestimulante em diferentes intervalos de tempo na cultura do pinhão-manso sem e com estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nos meses de agosto a outubro de 2012, no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN.

Ao longo do experimento foram observadas variações na temperatura média de 26,9 a 28,9 °C e na umidade relativa do ar 45,2 a 59,4%. Durante o período experimental não

ocorreu nenhum evento de precipitação de forma que todo o suprimento hídrico foi realizado através da irrigação.

A semeadura foi realizada no dia 10 de agosto de 2012 colocando-se quatro sementes em cada vaso, na profundidade de 2 cm, e 10 dias após realizou-se o desbaste, deixando em cada vaso a plântula mais vigorosa.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento usando-se emissores tipo microtubo, sendo o fornecimento de água realizado através de reservatório (caixa de fibra de 100 L) suspenso sobre cavaletes, de maneira se obter uma coluna de água de 1,0 m.

O sistema de distribuição de água foi composto por quatro linhas laterais com diâmetro de 16 mm, uma para cada fileira de vasos, sendo instalados os microtubos nas linhas laterais, espaçados 0,7 m, correspondente a um emissor em cada vaso. Os microtubos apresentavam comprimento de 0,50 m e vazão média de 1,7 L $\rm h^{-1}$.

As plantas foram irrigadas uma vez ao dia, da semeadura aos 30 dias, e duas vezes ao dia, dos 31 aos 50 dias após a semeadura, de modo a manter o substrato com a umidade na máxima capacidade de retenção de água. A máxima capacidade de retenção de água nos vasos foi definida a partir do momento em que se observava início de drenagem e a irrigação era interrompida retirando-se o microtubo do vaso.

Os vasos, no total de 48, foram dispostos em quatro fileiras, cada uma com 12 unidades com capacidade de 10 L, a céu aberto adotando-se o espaçamento de 1,0 m entre fileiras com 0,7 m entre vasos na fileira.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2 x 4, com cinco repetições representadas por um vaso com capacidade para 10 L, contendo uma planta. Nas extremidades de cada linha foi colocado um vaso contendo uma planta as quais foram consideradas bordadura e foram irrigadas com água de menor salinidade e não receberam aplicação de bioestimulante.

Os tratamentos foram resultantes da combinação de dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 e 5,0 dS m $^{-1}$) com quatro intervalos de aplicação de bioestimulante (I1 - ausência), I2 - 7 dias, I3 - 14 dias e I4 – 21 dias) utilizando-se o produto comercial Stimulate $^{\text{®}}$ 10X.

O biorregulador Stimulate® 10X é dez vezes mais concentrado que o Stimulate®, apresentando a seguinte composição: $0.9~g~dm^{-3}$ de cinetina, $0.5~g~dm^{-3}$ de ácido giberélico e $0.5~g~dm^{-3}$ de ácido indol-butírico. Utilizou-se a concentração de 18~mL de Stimulate® $10X~L^{-1}$ de solução aquosa (Oliveira, 2010).

Esta concentração foi adotada para o intervalo de aplicação de 7 dias (I2), de forma que nos intervalos de 14 dias (I3) e 21 dias (I4) foram utilizadas soluções aquosas com concentrações de 36 e 54 mL Stimulate® 10X L¹ de solução, respectivamente, de forma que nos tratamentos que continham o biorregulador as plantas receberam a mesma quantidade do produto. Quando não era necessário aplicar solução com Stimulate® 10X, ou seja, no tratamento 'ausência', eram realizadas pulverizações com água destilada.

A primeira aplicação foi realizada imediatamente após o desbaste (10 dias após a semeadura) realizando-se, inicialmente pulverização, em todos os intervalos estudados, e as demais foram realizadas de acordo com cada tratamento. Durante

o experimento foram realizados diferentes eventos de aplicação de bioestimulante, de acordo com cada tratamento, no total de 7, 4 e 3 aplicações, para os intervalos I2, I3 e I4, respectivamente, sendo a primeira no dia 20/08/2012 e a última no dia 01/10/2012; desta forma, para os três intervalos de aplicação, houve um período de 7 dias entre a última aplicação e a coleta das plantas.

As aplicações do bioestimulante foram realizadas via foliar utilizando-se um pulverizador costal com capacidade para 5,0 L, cuja calda foi preparada na dose de 2,0 L ha⁻¹ e se considerando um volume de calda equivalente a 300 L ha⁻¹ (Abrantes et al., 2011). Para garantir uma distribuição uniforme para todos os vasos durante a pulverização, os vasos eram postos em fileira e em seguida aplicado o bioestimulante tomando-se, porém com todo cuidado para alcançar uma faixa de 1,5 m de largura e 1,0 m distante de cada vaso no início da fileira.

Para a salinidade 0,5 dS m⁻¹ foi utilizada água proveniente do sistema de abastecimento do campus da UFERSA, em que as análises físicas e químicas indicaram as seguintes características: pH = 8,30; CE = 0,50 dS m⁻¹; Ca²⁺ = 3,10; Mg²⁺ = 1,10; K⁺ = 0,30; Na⁺ = 2,30; Cl⁻ = 1,80; HCO $_3$ = 3,00; CO $_3$ = 0,20 (mmol $_c$ L⁻¹). Na preparação da água de alta salinidade (S $_2$ = 5,0 dS m⁻¹) foi adicionada, à água de salinidade (S $_1$), uma mistura de sais de NaCl, CaCl $_2$.2H $_2$ O e MgCl $_2$.6H $_2$ O em água coletada em poço profundo localizado no Campus central da UFERSA, mantendo-se a proporção equivalente de 7:2:1 (Medeiros, 1992).

O material de solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 m de profundidade, em área não cultivada localizada no Campus da UFERSA e classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2006). O material coletado foi seco ao ar e posteriormente peneirado em peneira com malha de 2,0 mm; em seguida foi retirada uma subamostra do solo para caracterização físico-química (EMBRAPA, 1997) cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

As plantas foram coletadas no dia 8/10/2012, aos 59 dias após a semeadura e 7 dias após a última aplicação nos três

intervalos (I2, I3 e I4) foram avaliados, quanto às seguintes variáveis: número de folhas (NF), área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), altura (ALT), comprimento da raiz principal (CRP), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST) além da relação massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (MSPA/MSR).

Para o número de folhas (NF) foram consideradas apenas as folhas totalmente expandidas e contadas no sentido ápice/base. A área foliar (AF) foi determinada com o uso de um integrador de área foliar, modelo LI-3100 da Licor.

O diâmetro do caule (DC) foi determinado a partir da média entre duas medidas em sentidos perpendiculares e distantes 2 cm do solo utilizando-se um paquímetro digital. A altura (ALT) foi determinada com uma régua graduada medindo-se da superfície do solo até a gema apical da planta. Para determinação da massa seca, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel que foram postos para secar em estufa de circulação forçada, em temperatura de 65 °C (± 1 °C) até atingir massa constante.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Quando houve interação dos fatores, foram feitos os desdobramentos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se software estatístico SISVAR versão 4.2 (Ferreira, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis analisadas, podendo-se observar que houve efeito significativo da interação entre os fatores salinidade da água de irrigação e intervalos de aplicação de bioestimulante para altura (ALT), diâmetro do caule (DC), massa seca de caule (MSC) e massa seca total (MST) a nível de 0,01 de probabilidade. Constatou-se, ainda, efeito significativo a 0,05 de probabilidade para comprimento da raiz principal (CRP), massa seca de raiz (MSR) e razão massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (MSPA/MSR). Para

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

	Características químicas							Características físicas								
nU	M.O.	P	K+	Na+	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺	Fração gr	anulométri	ca (g kg ⁻¹)	Classe	Umidad	e (g g ⁻¹)	Densidade	e (kg dm ⁻³)
pН	(%)	(mg dm ⁻³)			(cmol	c dm ⁻³)			Areia	Silte	Argila	textural	CC	PMP	Ds	Dp
5,3	1,05	2,20	0,14	0,13	0,40	0,60	0,25	3,05	707,2	172,2	120,6	FA	0,15	0,06	1,53	2,68

 $FA-Franco\ Arenoso;\ CC-Capacidade\ de\ campo\ para\ \psi_m=-10\ kPa;\ PMP-Ponto\ de\ murcha\ permanente\ para\ \psi_m=-1500\ kPa;\ Ds-Densidade\ do\ solo\ ou\ aparente;\ Dp-Densidade\ de\ partículas$

Tabela 2. Resumo das análises de variância para as variáveis de crescimento de pinhão-manso submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e intervalo de aplicação de bioestimulante

Variáveis	Fontes de variação e quadrados médios							
Vallaveis	Salinidade (S)	Bioestimulante (I)	Interação (S x I)	Resíduo	(%)			
ALT	935,28**	68,44**	37,63**	4,24	9,13			
DC	697,98**	17,88**	14,55**	3,43	10,63			
CRP	544,50**	40,84*	37,77*	9,2	16,78			
NF	1092,78**	13,69*	7,69 ^{ns}	3,34	11,92			
AF	5518556,25**	649954,82**	13320,27 ^{ns}	14584,04	15,74			
MSF	540,63**	46,05**	1,30 ns	1,43	15,74			
MSC	173,03**	12,65**	6,96**	0,78	9,14			
MSR	136,12**	10,21*	9,44*	2,3	16,78			
MST	2310,98**	172,82**	42,49**	8,9	11,33			
MSPA/MSR	2,63**	0,26**	0,23*	0,05	12,38			

^{**}Significativo a 0,05 de probabilidade, *Significativo a 0,01 de probabilidade, ns - Não significativo; ALT – Altura; DC - Diâmetro do caule; CRP - Comprimento da raiz principal; NF - Número de folhas; AF - Área foliar; MSF - Massa seca de folhas; MSC - Massa seca de caule; MSR - Massa seca de raiz MST - Massa seca total; MSPA/MSR - Razão massa seca da parte aérea/massa seca de raiz

as variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa seca de folhas (MSF) foram observados efeitos significativos isolados (Tabela 2).

A altura das plantas foi reduzida com o aumento da salinidade, independentemente do intervalo de aplicação de bioestimulante; entretanto, o grau deste efeito foi variável de acordo com o intervalo adotado, de forma que foram observadas, entre 0,5 e 5,0 dS m⁻¹, perdas percentuais da ordem de 45, 46, 23 e 36%, nos intervalos I1, I2, I3 e I4, respectivamente. O efeito do regulador de crescimento também foi variável de acordo com a salinidade da água de irrigação. Quando se utilizou água de baixa salinidade (0,5 dS m⁻¹), a maior altura ocorreu na ausência de Stimulate® 10X, porém na maior salinidade (5,0 dS m⁻¹), a aplicação do bioestimulante em intervalos de 14 dias (I3) e 21 dias (I4), não diferiu do intervalo I1 (ausência) (Tabela 3).

O aumento da salinidade da água de irrigação também reduziu significativamente o diâmetro do caule, independente do uso de bioestimulante, com maiores reduções ocorrendo nos intervalos I2 (7 dias) e I4 (21 dias), com perda relativa de 49%. Semelhante ao comportamento verificado para a altura, o efeito do Stimulate® 10X foi variável em função da salinidade da água de irrigação, sobre o diâmetro do caule; na salinidade 0,5 dS m⁻¹, os maiores valores ocorreram para I1, I2 e I4, não diferindo entre si, estatisticamente. Para a maior salinidade (5,0 dS m⁻¹), os maiores valores foram obtidos nos intervalos I1 e I3 (Tabela 3).

Outros autores também observaram efeito negativo da salinidade sobre a altura e diâmetro de caule em plantas de pinhão-manso (Nery et al., 2009; Sousa et al., 2011; Matos et al., 2013). Oliveira et al. (2013) avaliaram a interação entre Stimulate® e salinidade sobre a cultura do feijão caupi e não verificaram resposta significativa ao uso do regulador vegetal para essas variáveis, ocorrendo apenas efeito isolado da salinidade, resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho (Tabela 3).

O comprimento da raiz principal foi reduzido pelo aumento da salinidade nos intervalos de aplicação I1, I2 e I4, apresentando perdas de aproximadamente 48% (I1 e I2) e 28% (I4), não havendo resposta significativa no intervalo I3. Quanto ao efeito do intervalo de aplicação de bioestimulante, houve resposta significativa apenas nas plantas irrigadas com água de menor salinidade, ocorrendo redução nesta variável com a aplicação de Stimulate® 10X, independente do intervalo de aplicação adotado (Tabela 3).

Na literatura são encontrados resultados divergentes sobre o efeito do Stimulate[®] no desenvolvimento radicular. Leite et al. (2003) concluíram que a emergência das plantas e o comprimento das raízes foram reduzidos com o tratamento de sementes (giberelina e citocinina); entretanto, Souza et al. (2013) obtiveram, mudas de tangerina, com maior comprimento de raízes com o uso de Stimulate[®].

Para o número de folhas e área foliar, verificaram-se apenas respostas dos fatores isolados, ocorrendo redução

Tabela 3. Valores médios para as variáveis de crescimento de pinhão-manso submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e intervalo de aplicação de bioestimulante

Intervalo de	Salinidad	e (dS m ⁻¹)	Média	Intervalo de	Salinidade (dS m ⁻¹)		Mádia	
aplicação	0,5	5,0	- Ivieuia	aplicação	0,5	5,0	Média	
-	ALT ((cm)			DC (
I1 – 0	34,30 Aa	18,77 Ba	26,53	l1 - 0	23,93 Aa	15,32 Ba	19,62	
I2 – 7	27,00 Ab	14,55 Bb	20,77	l2 - 7	22,40 Aab	11,27 Bb	16,83	
I3 – 14	22,62 Ac	17,41 Bab	20,01	l3 - 14	19,56 Ab	13,08 Bab	16,32	
I4 – 21	27,90 Ab	17,87 Bab	22,88	l4 - 21	22,45 Aab	11,32 Bb	16,88	
Médias	27,95	17,15		Médias	22,08	12,74		
	CPR				N	IF.		
I1 – 0	28,02 Aa	14,67 Ba	21,34	l1 - 0	22,50	11,25	16,87 a	
I2 – 7	21,25 Ab	11,10 Ba	16,17	l2 - 7	19,50	10,00	14,75 al	
l3 – 14	19,32 Ab	15,60 Aa	17,46	l3 - 14	21,75	10,00	15,87 a	
I4 – 21	20,22 Ab	14,51 Ba	17,36	l4 - 21	21,00	6,75	13,87 b	
Médias	22,20	13,97		Médias	21,18 A	9,50 B		
	AF (d	cm²)		MSF (g planta-1)				
I1 – 0	1571,33	679,94	1125,63 a	l1 - 0	15,56	6,73	11,14 a	
I2 - 7	1111,02	287,81	699,41 b	I2 - 7	10,99	2,85	6,92 b	
I3 – 14	957,36	239,56	598,46 b	l3 - 14	9,48	2,37	5,92 b	
14 - 21	1090,91	201,09	646,00 b	I4 - 21	10,89	1,99	6,44 b	
Médias	1182,65 a	352,10 B		Médias	11,73 A	3,48 B		
MSC (g planta ⁻¹)					MSR (g planta-1)			
I1 – 0	14,75 Aa	8,07 Ba	11,41	l1 - 0	14,01 Aa	7,34 Ba	10,68	
I2 - 7	11,61 Ab	6,26 Bb	8,94	l2 - 7	10,62 Ab	5,52 Ba	8,07	
l3 – 14	9,73 Ac	7,47 Bab	8,60	l3 - 14	9,67 Ab	7,80 Aa	8,74	
I4 – 21	11,99 Ab	7,68 Bab	9,84	l4 - 21	10,11 Ab	7,25 Ba	8,68	
Médias	12,02	7,37		Médias	11,10	6,98		
	MST (g	planta ⁻¹)			MSPA	/MSR		
I1 – 0	44,32 Aa	22,14 Ba	33,23	l1 - 0	2,17 Aa	2,02 Aa	2,10	
I2 – 7	33,23 Ab	14,63 Bb	23,93	l2 - 7	2,15 Aa	1,68 Bab	1,92	
l3 – 14	28,87 Ab	17,64 Bab	23,26	l3 - 14	2,03 Aa	1,36 Bb	1,70	
I4 – 21	32,91 Ab	16,92 Bab	24,92	l4 - 21	2,28 Aa	1,36 Bb	1,82	
Médias	34,83	17,83		Médias	2,16	1,60		

^{*}Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade; ALT – Altura; DC - Diâmetro do caule; CRP - Comprimento da raiz principal; NF - Número de folhas; AF - Área foliar; MSF - Massa seca de folhas; MSC - Massa seca de caule; MSR - Massa seca de raiz; MST - Massa seca total; MSPA/MSR - Razão massa seca da parte aérea/massa seca de raiz

nessas variáveis em resposta ao aumento da salinidade, sendo observadas perdas médias entre os intervalos de aplicação de aproximadamente 55% para número de folhas e de 70% para área foliar (Tabela 3). Tais resultados demonstram que o efeito da salinidade foi mais severo na expansão do limbo foliar do que para a emissão de novas folhas.

Em condições de estresse salino é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, que refletem na redução da transpiração como alternativa para manter a baixa absorção de água salina; uma dessas adaptações é a redução do número de folhas (Tester & Davenport, 2003).

A redução no número de folhas em resposta à salinidade tem sido observada por outros autores (Sousa et al., 2011). Esses autores avaliaram a resposta de plantas de pinhão-manso ao uso de água de salinidade variando de 0,6 a 3,0 dS m⁻¹ e observaram redução de 27% aos 60 DAS, redução próxima à obtida no presente trabalho.

De acordo com Nery et al. (2009), a redução na área foliar compromete o aparelho fotoassimilatório das plantas e evidencia a sensibilidade do pinhão-manso à condição de estresse salino a que foi submetido.

De forma geral, não houve efeito benéfico da aplicação de Stimulate[®] 10X sobre o número de folhas tendo em vista que o uso do regulador não diferiu em relação à ausência apresentando, inclusive, menor número de folhas quando foi adotado o maior intervalo de aplicação (Tabela 3).

A área foliar foi afetada negativamente pela aplicação de bioestimulante de forma que o maior valor ocorreu na ausência do regulador através da qual a planta teve, em média, 1.126 cm² diferindo dos intervalos de aplicação (Tabela 3). Esses resultados divergem, em parte, dos obtidos por Oliveira et al. (2011) que, trabalhando com este regulador em mudas de pinhão-manso, não observaram efeito significativo de doses deste regulador sobre a emissão foliar, fato também constatado por Oliveira et al. (2013) na cultura do feijão caupi.

Analisando o efeito dos tratamentos sobre o acúmulo de biomassa verificou-se que a resposta foi variável para cada parte da planta analisada. Para massa seca de folhas, à semelhança da área foliar, constatou-se resposta negativa tanto ao aumento da salinidade, com perda de 70%; quanto para o uso de bioestimulante, com redução média de 42,9% nos intervalos I2, I3 e I4, em relação à ausência do Stimulate® 10X (I1) (Tabela 3).

As folhas são os principais órgãos responsáveis pela transpiração visto que as folhas são os órgãos mais afetados pelo estresse salino, comportamento também observado por Sousa et al. (2011), os quais avaliaram o crescimento e o consumo hídrico do pinhão-manso submetido à salinidade, variando de 0,6 a 3,0 dS m⁻¹, e constataram redução 18% na massa seca das folhas.

Para a massa seca de caule também ocorreu redução em resposta ao aumento da salinidade, independente da aplicação de bioestimulante; verificou-se, no entanto, maior perda nos intervalos I1 e I2, correspondente a 45 e 46%, respectivamente.

Na literatura são encontrados diversos trabalhos avaliando o efeito da salinidade sobre o crescimento de plantas de pinhão-manso porém a maioria dos trabalhos destaca o efeito salinidade sobre o acúmulo de massa seca na parte aérea não se fazendo distinção entre massa seca de folhas e de caule. Neste

contexto, a redução da massa seca da parte aérea em resposta à salinidade tem sido muito relatada por vários pesquisadores (Silva et al., 2009; Oliveira et al., 2010; Nobre et al., 2013).

Quanto ao efeito da aplicação do regulador de crescimento, verificou-se efeito negativo nas plantas irrigadas com água de menor salinidade, de forma que maiores valores ocorreram na ausência do Stimulate[®] 10X (I1) (Tabela 3).

A massa seca de raiz também foi reduzida significativamente pelo aumento da salinidade da água; entretanto, a redução variou de acordo com o intervalo de aplicação de bioestimulante, com maiores perdas ocorrendo nos intervalos I1 e I2, com 47 e 48%, respectivamente (Tabela 3). Silva et al. (2012) verificaram redução na massa seca de raiz em aproximadamente 49% ao irrigar plantas de pinhão-manso com água de salinidade 4,2 dS m⁻¹, resultados próximos aos obtidos no presente trabalho.

Ainda na Tabela 3 pode-se verificar que houve efeito da aplicação de Stimulate[®] 10X apenas na salinidade 0,5 dS m⁻¹, na qual o intervalo I1 (ausência de bioestimulante) apresentou maior massa seca de folhas enquanto na salinidade 5,0 dS m⁻¹ não houve resposta significativa à aplicação do regulador vegetal.

Também foi observada redução significativa para massa seca total em resposta ao aumento da salinidade, embora o efeito da salinidade tenha sido variável de acordo com o intervalo de aplicação de Stimulate[®] 10X, com maiores perdas nos intervalos I1 (50%) e I2 (56%) (Tabela 3).

Em condições salinas ocorre redução da disponibilidade de água às plantas devido a redução do potencial total da água no solo, e assim, a salinidade impõe um gasto maior de energia nas plantas para a absorção da água e, por consequente, ocorre diminuição na produção de matéria seca (Leonardo et al., 2007). O efeito da salinidade sobre o acúmulo de massa seca tem sido observado por vários autores e em diferentes espécies de oleaginosas de interesse agronômico, como girassol (Moraes et al., 2011), amendoim (Correia et al., 2009) e mamoneira (Nobre et al., 2013).

Quanto ao efeito do intervalo de aplicação de bioestimulante, verificou-se resposta significativa nas duas salinidades. Na menor salinidade da água a aplicação de bioestimulante afetou a massa seca total, de forma negativa, proporcionando menores valores em comparação com a ausência do Stimulate[®] 10X (I1). Para a salinidade 5,0 dS m⁻¹, apenas a aplicação em intervalos de 7 dias (I2) diferiu significativamente do intervalo I1 (ausência) apresentando menor massa seca total apesar de não diferir estatisticamente dos intervalos I3 e I4 (Tabela 3).

Para a razão massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (MSPA/MSR) verificou-se não haver diferença entre os níveis de salinidade na ausência de bioestimulante (I1); entretanto foram observados, nos demais intervalos, os maiores valores sob a menor salinidade (Tabela 3). Comportamento semelhante foi verificado por Matos et al. (2013), os quais verificaram redução na relação MSPA/MSR em resposta ao aumento da salinidade. Tal comportamento ocorreu devido, provavelmente, ao fato do uso de bioestimulante ter potencializado o efeito da salinidade sobre o desenvolvimento radicular das plantas.

Esta redução na relação MSPA/MSR ocorreu porque, sob estresse salino, o uso de bioestimulante não afetou o desenvolvimento do sistema radicular mas afetou negativamente a massa seca da parte aérea, principalmente a massa seca de caule.

Quanto ao efeito do Stimulate® 10X, observou-se diferença significativa apenas nas plantas irrigadas com água de maior salinidade (5,0 dS m⁻¹), na qual a relação MSPA/MSR foi significativamente menor quando se utilizou o bioestimulante (Tabela 3). Outros autores também não verificaram resposta positiva do uso de Stimulate® sobre o desenvolvimento de plantas de pinhão-manso (Oliveira et al., 2011), algodão (Dourado Neto et al., 2007) e feijão caupi (Oliveira et al., 2013).

Mortele et al. (2008) também não observaram, trabalhando com bioestimulante durante dois anos agrícolas na cultura da soja, resposta significativa. De acordo com esses autores, um dos princípios básicos para melhorar a eficácia do biorregulador na cultura é a adequação do ambiente à condição climática adversa.

Conclusões

- 1. O aumento da salinidade da água provocou redução no crescimento, em todas as variáveis avaliadas e inibiu o efeito do bioestimulante nos intervalos utilizados.
- 2. O uso de Stimulate[®] 10X não inibiu o efeito deletério da salinidade da água de irrigação sobre o desenvolvimento inicial do pinhão-manso.
- 3. Na ausência de salinidade o uso de Stimulate[®] 10X afetou as ALT, CRP, AF, MSC. MSR e MST.

LITERATURA CITADA

- Abrantes, F. L.; Sá, M. E.; Souza, L. C. D.; Silva, M. P.; Simidu, H. M.; Andreotti, M.; Buzetti, S.; Valério Filho, W. V.; Arruda, N. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.41, p.148-154, 2011. http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i2.8287
- Baldo, R.; Scalon, S. P. Q.; Rosa, Y. B. C. J.; Mussury, R. M.; Betoni, R.; Barreto, W. S. Comportamento do algodoeiro cultivar Delta Opal sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. Ciência e Agrotecnologia, v.33, p.1804-1812, 2009. http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000700018
- Cáceres, D. R.; Portas, A. A.; Abramides, J. E. Pinhão-manso. 2007. http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/pinhaomanso. 17 Fev. 2008.
- Correia, K. G.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Santos, R. G. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. Revista Ciência Agronômica, v.40, p.514-521, 2009.
- Diniz, B. L. M. T.; Cavalcante, L. F.; Mesquita, F. O.; Lima Neto, A. J.; Nunes, J. C.; Diniz Neto, M. A. Crescimento inicial e consumo hídrico de nim submetido ao estresse salino e biofertilizante bovino. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.8, p.470-475, 2013. http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v8i3a2613
- Dourado Neto, D.; Dario, G. J. A.; Martin, T. N.; Barbosa, D. K.; Moschinki, A. Fitorreguladores no crescimento do algodão. Synergismus Scyentifica, v.2, p.1-3, 2007.
- Evangelista, A. W. P.; Melo, P. C.; Oliveira, E. L.; Faria, M. A. Produtividade e rendimento de sementes de pinhão-manso submetido à irrigação e adubação com OMM-Tech. Engenharia Agrícola, v.31, p.315-323, 2011. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000200011

- EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p. Documentos, 1.
- EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p
- Ferreira, D. F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, v.6, p.36-41, 2008.
- Leite, V. M.; Rosolem, C. A.; Rodrigues, J. D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. Scientia Agricola, v.60, p.537-541, 2003. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162003000300019
- Leonardo, M.; Broetto, F.; Villas-Bôas, R. L.; Almeida, R. S.; Marchese, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações salinas. Irriga, v.12, p.73-77, 2007.
- Matos, F. S.; Rocha, E. C.; Cruvinel, C. K. L.; Ribeiro, R. A.; Ribeiro, R. P.; Ticono, C. F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-manso irrigadas com água salina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p.947-954, 2013. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000400012
- Medeiros, J. F. de. Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação Mestrado
- Medeiros, J. F.; Lisboa, R. A.; Oliveira, M.; Silva Júnior, M. J.; Alves, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, p.469-472, 2003. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662003000300010
- Moraes, F. A.; Gurgel, M. T.; Oliveira, F. H. H.; Mota, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. Revista Ciência Agronômica, v.42, p.327-336, 2011. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000200010
- Mortele, L. M.; Santos, R. F.; Braccini, A. L.; Scapim, C. A.; Barbosa, M. C. Efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agronômico e produtividade da soja. Acta Scientia Agronomy, v.30, p.701-709, 2008.
- Nery, A. R.; Rodrigues, L. N.; Silva, M. B. R.; Fernandes, P. D.; Chaves, L. H. G.; Dantas Neto, J.; Gheyi, H. R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.551-558, 2009. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000500007
- Nobre, R. G.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A.; Silva, S. S.; Silva, A. O.; Lourenço, G. S. Crescimento e produção da mamoneira cultivada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio. Semina: Ciências Agrárias, v.34, p.961-974, 2013.
- Oliveira, D.; Peixoto, C. P.; Vieira, E. L.; Oliveira, S. M. R.; Machado, G. S.; Peixoto, M. F. S. P. Índices fisiológicos de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) provenientes de sementes pré-embebidas em Stimulate[®]. Enciclopédia Biosfera, v.7, p.1833-1846, 2011.
- Oliveira, E. Stimulate[®] na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial de *Jatropha curcas* L. Cruz das Almas: UFRB, 2010. 91p. Dissertação Mestrado
- Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F.; Oliveira, M. K. T.; Souza, A. A. T.; Ferreira, J. A.; Souza, M. S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.465-471, 2013. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000500001

- Oliveira, I. R. S.; Oliveira, F. N.; Medeiros, M. A.; Torres, S. B.; Teixeira, F. J., V. Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da salinidade da água de irrigação. Revista Caatinga, v.23, p.40-45, 2010.
- Silva, E. N.; Silveira, J. A. G.; Fernandes, C. R. R.; Dutra, T. B; Aragão, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. Revista Ciência Agronômica, v.40, p.240-246, 2009.
- Silva, J. A.; Soares, J. A.; Pereira Filho, R. R.; Sousa Júnior, J. R.; Nobre, R. G. Emergência e crescimento inicial de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.7, p.44-50, 2012.
- Sousa, A. E. C.; Gheyi, H. R.; Correia, K. G.; Soares, F. A. L.; Nobre, R. G. Crescimento e consumo hídrico de pinhão manso sob estresse salino e doses de fósforo. Revista Ciência Agronômica, v.42, p.310-318, 2011. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000200008
- Souza, J. M. A.; Gonçalves, B. H. L.; Santos, A. M. F.; Ferraz, R. A.; Leonel, S. Efeito de bioestimulante no desenvolvimento inicial de plântulas do porta-enxerto cítrico tangerineira 'Cleópatra'. Scientia Plena, v.9, p.1-8, 2013.
- Tester, M.; Davenport, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Annals of Botany, v.91, p.503-527, 2003. http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcg058
- Vieira, E. L.; Castro, P. R. C. Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004. 47p.