

## Avaliação de cultivares de mamoneira para tolerância ao alumínio tóxico e insensibilidade ao ácido giberélico

Adriana Rodrigues Passos<sup>1</sup>; Simone Alves Silva<sup>2</sup>; Irineu Hartwig<sup>3</sup>; Maraisa Crestani Hawerth<sup>4</sup>; Keylla Souza dos Santos<sup>1</sup>; Carlos Magno Marques de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana. Av. Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte Campus Universitário, CEP 44036-900. Feira de Santana, BA, Brasil. E-mail: adrianapassos@yahoo.com.br / keyllasouzas@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710, Centro. CEP 44380-000. Cruz das Almas, BA, Brasil. E-mails: simonealves22@gmail.com / liben\_125maq@hotmail.com

<sup>3</sup>Syngenta Seeds Ltda. Rua Paraná 1241, sala 104, Centro. CEP 85812-010 – Cascavel, PR, Brasil. E-mail: iriwig@gmail.com

<sup>4</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, EPAGRI. CEP: 88034901. Caixa-postal: 591 Caçador, SC, Brasil. E-mail: maraisacrestani@yahoo.com.br

**Resumo:** Com o objetivo de diagnosticar a tolerância ao alumínio tóxico ( $Al^{+3}$ ) e sensibilidade ao ácido giberélico ( $AG_3$ ) avaliou-se as cultivares de mamoneira Sipeal 28, EBDA MPA 17, Nordeste e Paraguaçu. O experimento foi realizado no laboratório de hidroponia da Universidade Federal de Pelotas, utilizando seis concentrações de alumínio tóxico (0, 7, 14, 28, 56, 112 mg L<sup>-1</sup>) e duas concentrações de ácido giberélico (0 e 100 mg L<sup>-1</sup>). O comprimento da raiz principal, bem como o recrescimento da raiz principal e secundária foi drasticamente reduzido em função do aumento das concentrações de  $Al^{+3}$  para todas as cultivares. As doses 56 e 112 mg L<sup>-1</sup> de  $Al^{+3}$  foram as mais adequadas para identificação precoce de genótipos tolerantes ao  $Al^{+3}$ . A Sipeal 28 foi a cultivar que se destacou para o caráter retomada do recrescimento da raiz secundária e as cultivares Paraguaçu e Nordeste apresentaram menor comprimento de parte aérea. Ocorreu efeito significativo entre as doses 0 e 100 mg L<sup>-1</sup> de  $AG_3$ , entretanto estas doses não identificam precocemente os genótipos avaliados de mamoneira para insensibilidade ao  $AG_3$ , indicando ausência dos genes Rht nas cultivares testadas.

**Palavras chave:** *Ricinus communis*, fitotoxicidade, melhoramento genético.

### Evaluation of aluminum tolerance and gibberelic acid insensibility of Castor bean cultivars

**Abstract:** With the aim of diagnosing the aluminum ( $Al^{+3}$ ) tolerance and gibberelic acid ( $AG_3$ ) sensibility of *Ricinus communis*, cultivars Sipeal 28, EBDA MPA 17, Nordeste and Paraguaçu were evaluated. The experiment was conducted in the Hydroponic Laboratory of the Federal University of Pelotas, using six concentrations of aluminum (0, 7, 14, 28, 56, and 112 mg L<sup>-1</sup>) and two concentrations of gibberelic acid (0 and 100 mg L<sup>-1</sup>). The length of the main root as well as the recrudescence of main and secondary root was drastically reduced as a function of increased  $Al^{3+}$  concentrations for all cultivars. The doses of 56 and 112 mg L<sup>-1</sup>  $Al^{3+}$  were the most suitable doses for early identification of  $Al^{3+}$  tolerant genotypes. The Sipeal 28 was the cultivar that stood out with regard to recrudescence of the secondary root and the cultivars of Paraguaçu and Nordeste showed a lower shoot length. There was a significant difference between the doses of 0 and 100 mg L<sup>-1</sup>  $GA_3$ , but these doses do not early permit early identification of evaluated genotypes of *Ricinus communis* in terms of  $GA_3$ , indicating diallel the absence of Rht genes in the tested cultivars.

**Key words:** *Ricinus communis*, phytotoxicity, breeding.

## Introdução

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma espécie bastante cultivada nas mais variadas regiões do país, sendo explorada de Norte a Sul do Brasil. O Estado da Bahia é o principal produtor, com cerca de 90% do total (82.000 toneladas), no ano de 2013, com produtividade média de 800 kg ha<sup>-1</sup>. Contudo, o rendimento da produção é inferior aos dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte (CONAB, 2012).

A facilidade de propagação e adaptação em diferentes condições climáticas permitiu a mamoneira ser encontrada em países como os Estados Unidos e Escócia (COSTA, 2006). O clima tropical é predominante no Brasil, o que facilitou a sua disseminação, encontrando-se a mamoneira em quase toda extensão territorial, com o cultivo destinado à produção de óleo (BIODIESEL, 2007).

A mamoneira é uma oleaginosa de elevado valor socioeconômico e fonte de divisas para o país. Seus produtos e subprodutos são utilizados na indústria ou na agricultura, além de apresentar perspectivas de uso como fonte energética sob a forma de biodiesel (PEIXOTO et al., 2010; SILVA et al., 2011).

A toxicidade ao alumínio é um dos mais importantes problemas de toxicidade de metais em solos ácidos (pH ≤ 5,0), representando um dos fatores limitantes de crescimento para as plantas (HARTWIG et al., 2007). Sendo este efeito tóxico comprovado pela diminuição na disponibilidade de nutrientes como fósforo, cálcio, magnésio, potássio e molibdênio, aumentando, desse modo, a solubilização de íons como zinco, cobre, ferro, manganês e alumínio, que a depender do manejo do solo e da adubação utilizados, podem atingir níveis tóxicos às plantas (SILVA et al., 2006).

A tolerância ao alumínio é uma característica que confere adaptação das plantas em certos ambientes adversos, podendo representar produtividade de grão nos genótipos portadores do caráter para tolerância, quando comparados àqueles que não apresentam. A compreensão dos mecanismos que identificam o desempenho diferencial entre os genótipos facilita a exploração da variabilidade genética existente para o caráter.

A avaliação da tolerância à toxicidade ao Al<sup>+3</sup> pode ser eficientemente realizada por meio da

hidroponia, utilizando soluções nutritivas em laboratório por meio da medida do recrescimento da raiz após o tratamento com Al<sup>+3</sup> na solução (CAMARGO e OLIVEIRA, 1981; DORNELLES et al., 1997; SILVA et al., 2005, 2006). Segundo Silva et al. (2006) a utilização de hidroponia para seleção precoce de genótipos para a tolerância ao Al<sup>+3</sup> tóxico simultaneamente à avaliação da sensibilidade ao AG<sub>3</sub>, demonstrou ser uma estratégia viável na identificação de plantas de estatura baixa e tolerantes ao Al<sup>+3</sup>.

Diante do exposto, o trabalho objetivou avaliar cultivares de mamoneira quanto à tolerância ao alumínio tóxico e sensibilidade ao ácido giberélico visando à indicação de genótipos promissores como alternativa para áreas com problemas de alumínio e porte reduzido.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em março de 2007, no Laboratório de Hidroponia do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, pertencente à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), utilizando os genótipos de mamoneira Sipeal 28, EBDA MPA 17, Nordestina e Paraguaçu.

As sementes dos genótipos de mamoneira foram desinfestadas com hipoclorito de sódio a 20% durante 20 minutos e foram colocadas para germinar sobre papel germitex, em câmara BOD, com temperatura de 27 °C e iluminação permanente, permanecendo por três dias até o início da germinação visível.

Inicialmente procedeu-se o preparo das soluções estoques 1, 2, 3, 4, 5 e 6 contendo cálcio, magnésio, potássio, fósforo, nitratos, sulfatos e micronutrientes (boro, sódio, molibdênio, cloro, zinco, cobre e manganês) em proporções a serem dissolvidas em 2 L de água fria destilada. A solução 7 (Fe + EDTA = FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O + Na EDTA) foi preparada utilizando água aquecida até 80 °C para evitar que o Fe precipitasse. Para as soluções 1 a 6 usou-se 65 mL e para a 7, 10% do volume das demais soluções para potes com 4,5 L de água (solução nutritiva).

As sementes pré-germinadas e uniformes, com 2 a 5 mm de raiz, foram transferidas para uma tela de plástico adaptada à tampa de um

recipiente com capacidade de 4,5 litros, contendo solução nutritiva completa, pH 4,0, de modo a ficarem com as raízes em contato permanente com a solução. Estes recipientes foram colocados em tanque banho-maria em água a temperatura de  $25 \pm 1$  °C, iluminação permanente e sistema de aeração, para fornecimento de oxigênio necessário ao desenvolvimento do sistema radicular em cada recipiente.

O trabalho constou de três experimentos: 1 - plântulas submetidas apenas ao  $Al^{+3}$ ; 2 - plântulas submetidas apenas ao  $AG_3$ ; 3 - plântulas submetidas ao  $Al^{+3}$  e  $AG_3$  (simultâneo), sendo eles:

### Experimento 1

Após permanência das plântulas em solução nutritiva por 72 horas, as telas com as plântulas foram transferidas para recipientes com solução tratamento (10% da solução nutritiva), associada a doses de 0, 7, 14, 28, 56 e  $112 \text{ mg L}^{-1}$  de  $Al^{+3}$  [ $Al_2(SO_4)_3 + 18 H_2O$ ], pH 4,0, onde permaneceram por 48 horas. Posteriormente, as telas retornaram à solução nutritiva completa, por mais 72 horas. Depois de completar este período, foram aferidos os seguintes caracteres: comprimento da raiz principal (CRP); retomada do crescimento da raiz principal (RCRP) e retomada do crescimento da raiz secundária (RCRS) que ocorre normalmente em genótipos que resistem ao estresse por  $Al^{+3}$  e re-iniciam o crescimento quando são retiradas da solução contendo alumínio; comprimento da parte aérea (CPA). O delineamento utilizado foi de blocos completos casualizados com três repetições, num esquema fatorial  $4 \times 6$  (quatro genótipos e seis doses de  $Al^{+3}$ ). Utilizou-se o programa estatístico Winstat (2006) para realização das análises de variância.

### Experimento 2

As sementes pré-germinadas foram postas sobre recipientes contendo solução nutritiva 0 e  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $AG_3$  a pH 7,0, permanecendo nesta condição por 168 horas. Depois de completado este período, foram avaliados os seguintes caracteres: comprimento da raiz (CRP) e comprimento da parte aérea (CPA). O delineamento utilizado foi de blocos completos casualizados com três repetições, num esquema fatorial  $4 \times 2$  (quatro genótipos e duas doses de  $AG_3$ ). Utilizou-se o programa estatístico Winstat (2006) para realização das análises de variância.

### Experimento 3

Após permanência das plântulas em solução nutritiva por 72 horas, as telas com as plântulas foram transferidas para recipientes com solução tratamento (10% da solução nutritiva) contendo 0, 7, 14, 28, 56 e  $112 \text{ mg L}^{-1}$  de  $Al^{+3}$ , pH 4,0, onde permaneceram por mais 48 horas. Posteriormente, as telas retornaram à solução nutritiva completa, por 72 horas. Após este período, as telas com as plântulas foram transferidas para recipientes com solução nutritiva mais  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $AG_3$ , com pH 7,0, por 168 horas. Depois de completado este processo, foram aferidos os caracteres: comprimento da raiz (CRP), retomada do crescimento da raiz principal (RCRP), retomada do recrescimento da raiz secundária (RCRS) e comprimento da parte aérea (CPA). O delineamento utilizado foi de blocos completos casualizados com três repetições, num esquema fatorial  $4 \times 6 \times 2$  (quatro genótipos e seis doses de  $Al^{+3}$  e duas doses de  $AG_3$ ). Utilizou-se o programa estatístico Winstat (2006) para realização das análises de variância. As equações de regressão foram estabelecidas apenas para os caracteres CRP e RCRP.

## Resultados e discussão

No experimento 1 os resultados demonstraram que houve significância para o fator genótipo nos caracteres comprimento da parte aérea (CPA) e retomada do crescimento da raiz secundária (RCRS). Entretanto, para dose apenas o comprimento da raiz principal (CRP) e retomada do crescimento da raiz principal (RCRP) apresentou efeito, não ocorrendo significância na interação genótipo x dose para os caracteres avaliados (Tabela 1).

No experimento 2 os resultados demonstraram que houve significância para o fator genótipo nos caracteres comprimento da parte aérea (CPA) e retomada do crescimento da raiz secundária (RCRS). Entretanto, para dose apenas o comprimento da raiz principal (CRP) e retomada do crescimento da raiz principal (RCRP) apresentou efeito, não ocorrendo significância na interação genótipo x dose para os caracteres avaliados (Tabela 1).

Para o caráter CPA ocorreu a formação de dois grupos, nos quais a Nordeste e a Paraguaçu obtiveram destaque, com menor comprimento de parte aérea. Contudo, para o

R CRS ocorreu a formação de três grupos em que quando comparado às demais (Tabela 2). apenas a Sipeal 28 apresentou-se superior

**Tabela 1-** Resumo da análise de variância do modelo fatorial para as fontes de variação genótipo<sup>1</sup> e dose de alumínio<sup>2</sup> dos caracteres comprimento de raiz principal (CRP), comprimento de parte aérea (CPA), retomada do crescimento da raiz principal (RCRP) e retomada do crescimento da raiz secundária (R CRS). CGF/FAEM/UFPel, Pelotas, 2007.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		CRP	CPA	RCRP	R CRS
Genótipo	3	6,68 <sup>ns</sup>	85,49*	0,13 <sup>ns</sup>	1,93*
Dose Al	5(4)	39,99*	11,74 <sup>ns</sup>	7,26*	0,15 <sup>ns</sup>
Genótipo x Dose Al	15(12)	6,45 <sup>ns</sup>	17,30 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
Resíduo	68(61)	5,64	16,73	0,34	0,21
Coeficiente de Variação (%)		17,31	12,91	31,78	25,64

<sup>1</sup> Genótipo = Sipeal 28, EBDA MPA 17, Nordeste e Paraguaçu.

<sup>2</sup> Dose = 0, 7, 14, 28, 56 e 112 mg L<sup>-1</sup> de Al<sup>3+</sup>.

Grau de liberdade entre parênteses para os caracteres RCRP e R CRS, desconsiderando a dose zero.

\* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

<sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

**Tabela 2-** Comparação de médias dos caracteres comprimento de parte aérea (CPA) e retomada do crescimento de raiz secundária (R CRS) avaliados em quatro genótipos de mamoneira sob distintas doses de Al. CGF/FAEM/UFPel, Pelotas, 2007.

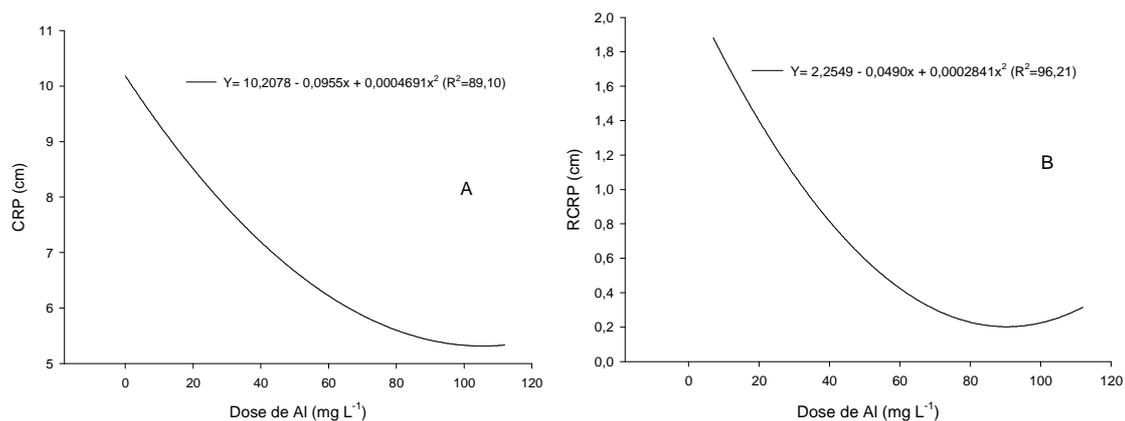
FV (Genótipo)	CPA (cm)	R CRS (cm)
Sipeal 28	9,23 b	1,51 a
EBDA MPA 17	9,00 b	0,91 c
Nordestina	7,68 a	1,22 b
Paraguaçu	7,52 a	1,23 b

Médias do caráter seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer a 5% de probabilidade de erro.

As equações de regressão foram estabelecidas para os caracteres CRP e RCRP. O comprimento da raiz é um caráter altamente influenciado pela toxidez em  $Al^{+3}$  e variações nas doses demonstraram desempenho diferenciado para o desenvolvimento normal do sistema radicular. A equação de regressão polinomial de segundo grau foi a que melhor se ajustou para a situação avaliada, apresentando coeficientes de determinação superior a  $R^2 = 89$ . A hipótese formulada é que existe uma dose limitante para o crescimento regular das raízes e que doses muito

elevadas condicionam a uma redução drástica do comprimento da raiz, impossibilitando um maior volume de raízes a maiores profundidades e restringindo a absorção de água e nutrientes pela planta. Para os genótipos avaliados, observou-se que na ausência de  $Al^{+3}$  e utilizando a dose 7  $mg L^{-1}$ , não ocorreu uma variação representativa. Todavia, o aumento das concentrações direciona para uma redução progressiva no comprimento da raiz, sinalizando que a maior concentração indicaria limitações a eficiência da produção da planta (Figura 1A).

**Figura 1-** Linhas e equações de regressão dos caracteres comprimento de raiz principal (CRP) - A, e retomada do crescimento da raiz principal (RCRP) - B, avaliados em quatro genótipos de mamoneira sob distintas doses de Al (0, 7, 14, 28, 56 e 112  $mg L^{-1}$  de  $Al^{+3}$ ). CGF/FAEM/UFPel, Pelotas, 2007.



Foy et al. (1978) e Camargo e Oliveira (1981), em trabalhos com trigo observaram que o Al restringiu o crescimento das raízes dos genótipos sensíveis. O efeito primário da toxicidade de alumínio no trigo, segundo Kerridge et al. (1971) é a paralisação do crescimento da raiz devido a uma inibição da alongação das células.

Rutty et al. (1995) utilizando plantas jovens de soja crescidas em pH 4,2 e expostas a concentrações de  $Al^{+3}$ , observaram que acima de 10  $mmol m^{-3}$  ocorreu um estímulo a absorção de  $NO_3^-$ , enquanto que acima de 44  $mmol m^{-3}$  ocorreu decréscimo na absorção de  $NO_3^-$ . Onde ocorreu estímulo foi observado alongação da raiz,

o que não ocorreu a altas concentrações de  $Al^{+3}$ . A diminuição da alongação foi muito mais severa do que a inibição da absorção de  $NO_3^-$ .

Silva et al. (2005) em experimentos com trigo utilizaram genótipos que expressaram níveis elevados de tolerância ao  $Al^{+3}$  e insensibilidade ao  $AG_3$  respectivamente sob concentrações de 10 e 100  $mg L^{-1}$ . Silva et al. (2006) concordando com as afirmações acima e através dos trabalhos conduzidos em trigo concluíram que as concentrações de 10  $mg L^{-1}$  de  $Al^{+3}$  e 100  $mg L^{-1}$  de  $AG_3$  são adequadas para identificar precocemente genótipos de trigo em diferentes níveis de tolerância ao alumínio tóxico e de sensibilidade ao ácido giberélico.

Na figura 1B, observou-se que a dose 7 mg L<sup>-1</sup> de Al<sup>+3</sup> apresentou a melhor resposta para o caráter RCRP, sendo a equação de regressão polinomial quadrática a que melhor se ajusta por apresentar coeficiente de determinação superior a R<sup>2</sup>= 96. À proporção que se aumenta a concentração de Al<sup>+3</sup>, ocorre redução do crescimento chegando a valores bastante reduzidos para a dose de 112 mg L<sup>-1</sup> de Al<sup>+3</sup>. O crescimento é uma característica que viabiliza a redução dos impactos negativos causados pela toxidez por alumínio, condicionada pela capacidade de algumas cultivares em promover a manutenção do crescimento radicular, mesmo em condições adversas. Selecionar materiais com

estas características constitui uma grande descoberta para a utilização de áreas consideradas inexploradas, viabilizando o cultivo desta espécie em diferentes ambientes onde o alumínio tóxico é um fator limitante.

No experimento 3 observou-se significância apenas para o fator dose para os caracteres comprimento da raiz principal (CRP), comprimento da parte aérea (CPA), retomada do crescimento da raiz principal (RCRP) e retomada do crescimento da raiz secundária (RCRS), estabelecendo a construção de equações de regressão, ao nível de 5% de probabilidade, para os caracteres em questão (Tabela 3).

**Tabela 3-** Resumo da análise de variância do modelo fatorial para as fontes de variação genótipo<sup>1</sup> e dose de alumínio<sup>2</sup> dos caracteres comprimento de raiz principal (CRP), comprimento de parte aérea (CPA), retomada do crescimento da raiz principal (RCRP) e retomada do crescimento da raiz secundária (RCRS). CGF/FAEM/UFPel, Pelotas, 2007.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		CRP	CPA	RCRP	RCRS
Genótipo	3	17,05 <sup>ns</sup>	73,19 <sup>ns</sup>	10,32 <sup>ns</sup>	4,23 <sup>ns</sup>
Dose Al	5(4)	582,55*	509,24*	153,05*	14,86*
Genótipo x Dose Al	15(12)	26,78 <sup>ns</sup>	86,29 <sup>ns</sup>	9,11 <sup>ns</sup>	7,05 <sup>ns</sup>
Resíduo	183(175)	24,76	81,27	7,36	5,46
Coefficiente de Variação (%)		30,02	27,71	60,15	56,64

<sup>1</sup> Genótipo = Sipeal 28, EBDA MPA 17, Nordeste e Paraguçu.

<sup>2</sup> Dose = 0, 7, 14, 28, 56 e 112 mg L<sup>-1</sup> de Al<sup>+3</sup>.

Grau de liberdade entre parênteses para os caracteres RCRP e RCRS, desconsiderando a dose zero.

\* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

<sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

O caráter CRP apresentou variações nas diferentes doses utilizadas, demonstrando que na dose zero como era previsto, e devido ao não empecilho ao desenvolvimento do sistema radicular, as plantas apresentaram raízes maiores. No entanto, ocorreu redução do crescimento nas demais doses utilizadas. A equação de regressão polinomial de segundo grau foi a que melhor se ajustou para a situação avaliada, apresentando coeficientes de determinação superior a R<sup>2</sup> = 84 (Figura 2A).

O comprimento da parte aérea (CPA) oscilou bastante nas diferentes doses utilizadas. Na ausência de Al seu comportamento foi inferior a menor dose de Al<sup>3+</sup> (7 mg L<sup>-1</sup>). Observou-se tendência à redução da altura das plântulas com

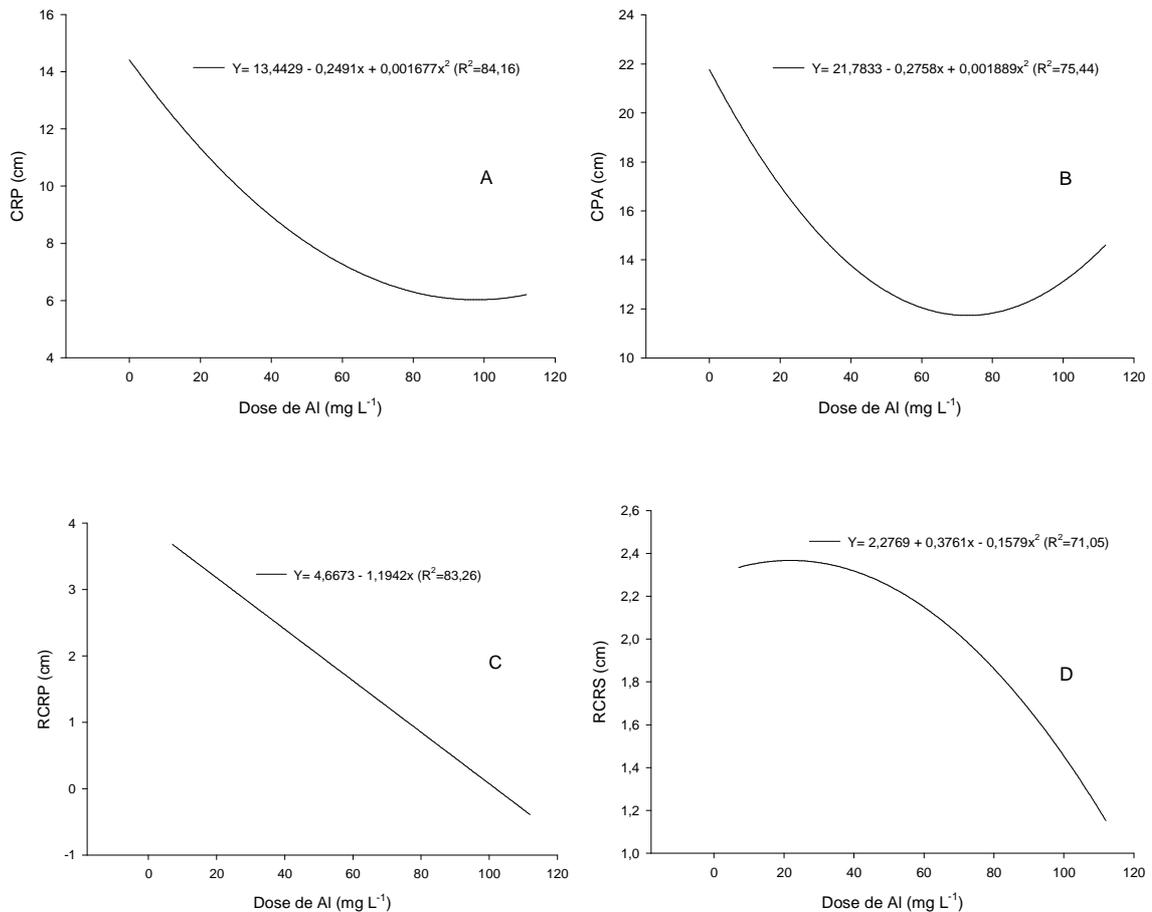
aumento gradativo das doses de alumínio, confirmando que existe influência no porte das plantas em áreas condicionadas por toxidez por alumínio. A equação de regressão que melhor representa a situação mencionada é a de segundo grau, apresentando coeficiente de determinação superior a R<sup>2</sup> = 75 (Figura 2B).

Para o caráter RCRP ocorreu queda progressiva do crescimento com o decorrer das doses utilizadas. No RCRS esse comportamento foi novamente observado, comprovando o não favorecimento no crescimento da raiz principal e secundária em plântulas expostas ao Al<sup>3+</sup> e AG<sub>3</sub> por um período de 14 dias, verificando valores bem inferiores ao experimento 1. A equação de regressão que melhor representa as situações

mencionadas é a linear e quadrática, apresentando coeficientes de determinação

superior a  $R^2 = 83$  e  $R^2 = 71$ , respectivamente (Figuras 2C e 2D).

**Figura 2-** Linhas e equações de regressão dos caracteres comprimento de raiz principal (CRP) - A, comprimento de parte aérea (CPA) - B, retomada do crescimento da raiz principal (RCRP) - C e retomada do crescimento de raiz secundária (RCRS) – D, avaliados em quatro genótipos de mamoneira sob distintas doses de Al (0, 7, 14, 28, 56 e 112 mg L<sup>-1</sup> de Al<sup>+3</sup>). CGF/FAEM/UFPel, Pelotas, 2007.



Os resultados da análise estatística para o experimento 2, comprovaram significância apenas para dose para o caráter comprimento da parte aérea (CPA) (Tabelas 4 e 5). Entretanto estas doses não identificaram precocemente os genótipos de mamoneira utilizados neste trabalho para insensibilidade ao AG<sub>3</sub>. As cultivares expressaram sensibilidade ao AG<sub>3</sub> na dose 100, demonstrando ausência de genes Rht, responsáveis pela identificação de genótipos de baixa estatura, nas cultivares de mamoneira

testadas.

Nos últimos anos, alguns avanços científicos vêm sendo utilizados de modo a simplificar ou reduzir a extensão dos trabalhos realizados a campo na identificação de genótipos portadores de genes de baixa estatura. Vários autores têm verificado a associação existente entre o caráter sensibilidade ao ácido giberélico e o caráter estatura de planta (RANGEL e SUINAGA, 2004; SILVA et al., 2005).

**Tabela 4-** Resumo da análise de variância do modelo fatorial para as fontes de variação genótipo<sup>1</sup> e dose de ácido giberélico<sup>2</sup> dos caracteres comprimento de raiz principal (CRP) e comprimento de parte aérea (CPA). CGF/FAEM/UFPel, Pelotas, 2007.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		CRP	CPA
Genótipo	3	26,76 <sup>ns</sup>	12,09 <sup>ns</sup>
Dose AG <sub>3</sub>	1	36,74 <sup>ns</sup>	155,01*
Genótipo x Dose AG <sub>3</sub>	3	1,72 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>
Resíduo	61	13,64	9,16
Coeficiente de Variação (%)		15,94	15,71

<sup>1</sup> Genótipo = Sipeal 28, EBDA MPA 17, Nordestina e Paraguaçu.

<sup>2</sup> Dose = 0 e 100 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>.

\* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

<sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

**Tabela 5-** Comparação de médias do caráter comprimento de parte aérea (CPA). CGF/FAEM/UFPel, Pelotas, 2007.

FV (Dose de AG <sub>3</sub> )	CPA (cm)
0	10,23 b
100	13,18 a

Médias do caráter seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Fischer a 5% de probabilidade de erro.

## Conclusões

O comprimento da raiz principal, bem como o recrescimento da raiz principal e secundária foi drasticamente reduzido em função do aumento das concentrações de Al<sup>3+</sup> para todas os genótipos. As doses 56 e 112 mg L<sup>-1</sup> de Al<sup>3+</sup> foram as mais adequadas para identificação precoce de genótipos tolerantes ao Al<sup>3+</sup>.

A Sipeal 28 é o genótipo que se destaca para o caráter retomada do crescimento da raiz secundária e os genótipos Paraguaçu e Nordestina apresentam menor comprimento de parte aérea.

Observa-se efeito significativo entre as doses 0 e 100 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, entretanto, estas doses não identificaram precocemente os genótipos utilizados de mamoneira para

insensibilidade ao AG<sub>3</sub>, indicando ausência dos genes Rht nas cultivares testadas.

## Referências

BIODISEL. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br>. Acesso em: 18 de mar. 2007.

CAMARGO, O. C. E. DE; OLIVEIRA, O. F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. **Bragantia**, v.40, p.21-23, 1981.

COSTA, M. N. da. **Análise dialéctica das capacidades geral e específica de combinação utilizando técnicas uni e multivariadas de**

**divergência genética em mamoneira (*Ricinus communis* L.).** 2006. 132f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia, 2006.

DORNELLES, A. L. C.; CARVALHO, F. I. F.; FEDERIZZI, L. C. et al. Avaliação simultânea para tolerância ao alumínio e sensibilidade ao ácido giberélico em trigo hexaplóide. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.9, p. 32-35, 1997.

FOY, G. D.; CHANEY, R. L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review Plant Physiology**, v.29, p.511-566, 1978.

HARTWIG, I; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F.; BERTAN, I; SILVA, J. A. G.; SCHMIDT, A. M.; VALÉRIO, I.; MAIA, L. C.; FONSECA, D. A. R.; REIS, C. E. S. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Ciências Agrárias**, v. 28, n. 2, p. 219-228, 2007.

KERRIDGE, P. C.; DAWSON, M. D.; DAVID, P. M. Separation of degrees of aluminium tolerance in wheat. **Agronomy Journal**, v.63, p.586-590, 1971.

RANGEL, L. E.; SUINAGA, F. A. **Uso de reguladores nas novas variedades do algodoeiro.** Campina Grande: EMBRAPA: CNPA, 16p., 2004 (Documentos 127).

RUTTY, T. W.; MACKOWN, C. T.; LAZOF, D. B.; CARTER, T. E. Effects of aluminium on nitrate uptake and assimilation. **Plant, Cell and Environment**, v.18, p.1325-1331, 1995.

SILVA, G. O. da; BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de; SILVA, J. A. G. da; BENIN, G.; HARTWIG, I.; FINATTO, T. ; VALÉRIO, I. P. Parâmetros de avaliação da sensibilidade ao ácido giberélico em diferentes genótipos de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n. 2, p. 155-159, 2005.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F. de; SILVA, J. A. G. da; OLIVEIRA, A. C. de; CRUZ, P. J.; CAETANO, V. da R.; DIAMANTINO, M. S. A. S.; PASSOS, A. R.; VIEIRA, E. A. V.; SIMIONI, D. Toxicidade do alumínio e efeito do ácido

giberélico em linhas quase isogênicas de trigo com o caráter permanência verde e maturação sincronizada. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.765-771, 2006.

SILVA, V; LIMA, J. F de; PEIXOTO. C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P.; LEDO. C. A. da S. Desenvolvimento de cultivares de *Ricinus communis* L. no Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 23, n. 1-2, p. 25-31, jan./jun., 2011.

PEIXOTO, C. P; LIMA, J. F. de; SILVA, V.; BORGES, V. P.; MACHADO, G. da S. Índices fisiológicos de cultivares de mamoneira nas condições agroecológicas do recôncavo baiano. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 22, n. 3,4 p. 168-177, jul./dez., 2010.

Recebido em: 23/12/2012  
Aceito em: 17/06/2014