

## Tolerância de Genótipos de Pinhão-Manso à Baixa Disponibilidade de Fósforo no Solo<sup>(1)</sup>

**Leonardo Fardim Christo<sup>(2)</sup>; José Francisco Teixeira do Amaral<sup>(3)</sup>; Wagner Nunes Rodrigues<sup>(4)</sup>; Lima Deleon Martins<sup>(4)</sup>; Tafarel Victor Colodetti<sup>(2)</sup>; Marcelo Antonio Tomaz<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

<sup>(2)</sup> Graduando em Agronomia; Bolsista de Iniciação Científica pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES); Alegre, ES; leonardo\_fardim@hotmail.com, tafarecolodetti@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES); Alegre, ES; jfamaral@cca.ufes.br; <sup>(4)</sup> Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES); Alegre, ES; wagnernunes86@hotmail.com, deleon\_lima@hotmail.com; <sup>(5)</sup> Professor do Departamento de Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES); Alegre, ES; tomaz@cca.ufes.br.

**RESUMO:** A exploração de materiais tolerantes a baixos níveis de fósforo no solo pode reduzir o custo de produção através da redução do requerimento nutricional pelas plantas. Com esse intuito, o presente trabalho objetivou identificar genótipos de pinhão-manso tolerantes e intolerantes à baixa disponibilidade de P no solo. Para isso, utilizou-se um delineamento experimental inteiramente ao acaso com oito genótipos de pinhão-manso (200, 315, G2, C2, 1501, 210, 08001 e 167), avaliados em quatro repetições. Nas condições avaliadas, os genótipos apresentam desenvolvimento diferenciado em condições de baixa disponibilidade de fósforo, o que permite classificá-los quanto a sua tolerância. No presente estudo, foi possível identificar três genótipos tolerantes (C2, 200 e 315) e cinco intolerantes (08001, 2010, 167, G2 e 1501) ao cultivo em solos com baixa disponibilidade de fósforo.

**Termos de indexação:** *Jatropha curcas*, Análise multivariada, Fertilidade do solo.

### INTRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) pertence à família Euphorbiaceae, sendo uma planta perene, tropical e de fácil cultivo. Esta cultura tem um grande potencial para a produção de óleo vegetal, apresentando boas características de conservação da semente colhida, podendo se tornar grande produtora de matéria-prima como fonte alternativa de combustível (Saturnino et al., 2005).

A cultura do pinhão-manso apesar de ser considerado por alguns autores como rústica quanto às suas demandas, é bastante responsiva a adequados níveis de adubação, principalmente quanto ao elemento fósforo, sendo este um dos mais exigidos pela cultura (Laviola et al., 2008).

A busca por materiais genéticos capazes de propiciar desenvolvimento satisfatório da planta, e acumular biomassa em condições de baixo

suprimento desse nutriente, é fundamental para otimização do uso do fósforo, visando à implementação de cultivares que possam ser cultivadas em regiões com solos mais pobres (Oliveira et al., 1999).

O pinhão-manso apresenta grande variabilidade genética passível de exploração pelos programas de melhoramento (Laviola et al., 2012), e a ocorrência de variabilidade quanto à aspectos nutricionais dessa espécie vem sendo relatada na literatura (Amaral et al., 2012).

Através do uso de técnicas de análise multivariada, é possível estudar a combinação de diferentes informações obtidas na avaliação da unidade experimental, permitindo a identificação de genótipos promissores levando em consideração um conjunto de variáveis (Cruz & Regazzi, 1994).

Objetivou-se neste trabalho identificar genótipos de pinhão-manso tolerantes e intolerantes à baixa disponibilidade de P no solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizado no município de Alegre, no sul do Estado do Espírito Santo, na latitude de 20°45' S, longitude de 41°33' W e altitude média de 277,41 metros.

#### Tratamentos e amostragens

O solo utilizado foi coletado a uma profundidade de 40 cm, descartando-se os primeiros 10 cm. Uma amostra deste solo foi encaminhada a laboratório para análise química e física (**Tabela 1**), sendo o mesmo caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa (Embrapa, 2006).

**Tabela 1** – Atributos físicos e químicos do solo utilizado como substrato.

Atributos	LVAarg
Areia (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	553,00
Silte (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	43,60
Argila (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	403,40
Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup>	1,20
pH <sup>3</sup>	5,40
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	2,00
K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>5</sup>	193,0
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>6</sup>	1,70
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>6</sup>	1,10
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>6</sup>	0,00
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>6</sup>	2,10
Soma de Bases (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,37
CTC potencial (cmolc dm <sup>-3</sup> )	5,45
CTC efetiva (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,37
Saturação por bases (%)	61,80

1. Método da pipeta (agitação lenta); 2. Método da proveta; 3. pH em água (relação 1:2,5); 4. Extraído por Mehlich 1 e determinado por colorimetria; 5. Extraído por Mehlich 1 e determinado por fotometria de chama; 6. Extraído com cloreto de potássio 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulometria<sup>5</sup>.

Após a caracterização, todo o volume de solo foi seco à sombra e homogeneizado em peneira de malha 2,0 mm. Posteriormente, foi separado em amostras de volume de 10 dm<sup>3</sup> e acondicionado em vasos plásticos selados, com capacidade de 14 litros.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com oito genótipos de pinhão-mansão (200, 315, G2, C2, 1501, 210, 08001 e 167), testados em quatro repetições.

A adubação, exceto para o fósforo, foi realizada de acordo com a recomendação para estudos em ambiente controlado (Novais et al., 1991). A adubação com nitrogênio e foi realizada em quatro aplicações em cobertura, iniciando-se aos 20 dias após o plantio das mudas e as demais com intervalo de 20 dias entre aplicações. Em todas as adubações os nutrientes foram fornecidos através de sais (KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, CaHPO<sub>4</sub>), procurando estabelecer o equilíbrio nutricional do solo.

Com base no estudo de crescimento e eficiência nutricional de pinhão-mansão para fósforo de Amaral et al. (2012), foi adotado o nível de 10 mg dm<sup>-3</sup> para discriminação dos genótipos quanto a tolerância à baixa disponibilidade de P no solo, devido a boa expressão da variabilidade observada nesse nível.

Para determinação da adubação com fósforo, que proporcionaria a obtenção do nível de fósforo

disponíveis no solo, realizou-se uma curva de disponibilidade de fósforo de acordo com a metodologia proposta Machado et al, (2011). Posteriormente, a adubação com fósforo foi feita antes do plantio, através do sal KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, em solução, diluída em água, em todo o volume de solo.

Após a aplicação dos níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, foram semeadas quatro sementes por vaso, com desbaste posterior para uma planta por vaso.

A irrigação foi realizada mantendo-se a umidade do solo durante todo período do experimento a 60% do volume total de poros, obtido pela densidade das partículas e do solo, determinados pelo método da proveta, de acordo com Embrapa (1997). Os tratos culturais foram realizados manualmente de acordo com a necessidade.

#### Características avaliadas

Após 100 dias de cultivo, em cada unidade experimental, foram realizadas avaliações de: altura da planta (AP), obtida por meio de régua graduada em centímetros; diâmetro do caule (DC), medido no colo da planta com o auxílio de paquímetro digital; área foliar (AF) devidamente quantificada em laboratório, utilizando o integrador de área foliar modelo LI 3100 da LICOR; número de folhas (NF) determinado por contagem direta; volume de raízes (VR), através do método de deslocamento de água; e massa de matéria seca (MS), obtido através de pesagem do material vegetal seco em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até massa constante.

#### Classificação dos genótipos

A classificação dos genótipos de *Jatropha curcas* L. em relação à tolerância à baixa disponibilidade de P, foi realizada através de dois critérios:

1) Pela comparação entre médias de massa de matéria seca, através do critério de Scott-Knott, que permite identificar os genótipos com maiores médias como tolerantes e os de menores médias como intolerantes;

2) Pela análise multivariada, através do emprego de funções discriminantes de Anderson, com o objetivo principal de classificar os genótipos cuja tolerância apresentou comportamento não definido em um dos dois grupos conhecidos (tolerantes e intolerantes). Para tal, adotou-se simultaneamente todo o conjunto de características avaliadas para estimar as funções discriminantes, as quais foram utilizadas para o cálculo dos escores e classificação dos genótipos.

Todas as análises empregaram 5% de probabilidade e foram realizadas no programa computacional Genes (Cruz, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças nos valores médios de massa de matéria seca permitiram a identificação de diferentes grupos homogêneos entre os genótipos avaliados (**Tabela 2**).

**Tabela 2** – Médias de matéria seca de 10 genótipos de pinhão-manso e classificação quanto a tolerância à baixa disponibilidade de P.

Genótipo	Matéria seca (g)	Classificação
200	66,407	a Tolerante
315	64,336	b Tolerante
G2	61,000	c Medianamente tolerante
C2	59,251	d Medianamente tolerante
1501	57,261	e Medianamente tolerante
210	55,842	e Medianamente tolerante
08001	47,838	f Intolerante
167	45,346	g Intolerante

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

As grandes diferenças entre os genótipos cultivados em condições de baixa disponibilidade de P demonstram a variabilidade existente entre os materiais. Além disso, permitem identificar genótipos que acumulam maior biomassa nesses condições, assim como genótipos que não apresentam bom desenvolvimento.

Através do teste de comparação de médias, nota-se que o genótipo 200 foi capaz de acumular maior massa de matéria seca em condição de baixo suprimento de P, seguido pelo genótipo 315. Contrariamente, os genótipos 08001 e 167 foram os que apresentaram as menores médias.

A tolerância é uma característica complexa, e é resultado de uma série de fatores favoráveis que levam a planta a apresentar superioridade biológica ou econômica. Logo, outras características foram levadas em consideração para a determinação dos padrões de tolerância e intolerância.

Além do grande acúmulo de biomassa, o genótipo 200 apresentou bom desenvolvimento radicular e vigor vegetativo, apesar de apresentar menor enfolhamento. Já o genótipo 315 apresentou crescimento satisfatório, atingindo maior porte e grande formação de área foliar, além de apresentar caule mais espesso. Assim, através da análise do desenvolvimento das plantas e de observações dos mesmos genótipos em outros ensaios, os genótipos 200 e 315 são considerados como tolerantes (**Tabela 2**).

Contrariamente, os genótipos 08001 e 167; que além do menor acúmulo de biomassa, também apresentaram crescimento inferior e reduzido vigor;

são considerados como padrão de intolerância no ensaio (**Tabela 2**).

As funções discriminantes foram estimadas com base nos resultados dos genótipos citados anteriormente. Sendo a função discriminante para genótipos tolerantes chamada  $D_t(x)$  e intolerantes  $D_i(x)$ , temos:

$$D_t(x) = 30,7468AP + 22,3059DC + 2,7315VR - 4,8401MS - 0,1221AF - 0,6863NF - 881,5033$$

$$D_i(x) = 29,7953AP + 21,9526DC + 2,6411VR - 4,8317MS - 0,1213AF - 0,5967NF - 823,0288$$

A classificação dos genótipos de pinhão-manso quanto à tolerância à baixa disponibilidade de P no solo, com base nas funções discriminantes geradas a partir das avaliações de altura de planta, diâmetro do caule, volume de raiz, massa de matéria seca, área foliar e número de folhas é apresentada na **Tabela 3**.

**Tabela 3** – Classificação de genótipos de pinhão-manso quanto à tolerância à baixa disponibilidade de P de acordo com as estimativas das funções discriminantes  $D_t(x)$  e  $D_i(x)$  para genótipos tolerantes e intolerantes, respectivamente.

Genótipo	$D_t(x)$	$D_i(x)$	Classificação
C2	900,3694	898,4723	Tolerante
200	878,2146	876,4854	Tolerante
315	861,7669	859,8246	Tolerante
08001	866,6886	868,3290	Intolerante
210	831,1181	833,1097	Intolerante
167	823,9118	825,9811	Intolerante
G2	803,8801	805,6932	Intolerante
1501	773,3331	775,0999	Intolerante

Funções discriminantes estimadas pelo método de Anderson.

Observa-se que os genótipos 200 e 315, que foram utilizados como padrão de tolerância foram classificados corretamente (**Tabela 3**), com taxa de erro aparente nula. O mesmo ocorreu com os genótipos 08001 e 167, utilizados como padrão de intolerância. Tal fato demonstra a consistência estatística das funções geradas e valida as inferências e a classificação proposta para os genótipos de comportamento indeterminado.

Verifica-se ainda, que os genótipos 210, G2 e 1501 foram inclusos na classe dos intolerantes, apresentando baixos valores nos parâmetros de crescimento de maneira geral. Já o genótipo C2 passou para a classe de tolerantes devido ao seu bom desenvolvimento.

Os genótipos C2, 200 e 315 foram classificados como tolerantes, logo, estes apresentam



característica que os tornam eficientes quanto a absorção de fósforo em condições de escassez, permitindo um melhor desenvolvimento da planta mesmo em condições de baixo suprimento deste nutriente.

A resposta dos genótipos a baixa disponibilidade de P é nitidamente observada nas variáveis de crescimento da planta. As análises em questão corroboram com o fato de para que se tenha um genótipo eficiente na utilização do fósforo, este deve translocar P das raízes para os tecidos em crescimento e promover a remobilização de nutrientes das folhas senescentes antes de sua abscisão, para que haja o melhor aproveitamento do nutriente (Marschner, 1995).

## CONCLUSÕES

Genótipos de pinhão-manso apresentam desenvolvimento diferenciado em condições de baixa disponibilidade de fósforo, o que permite classificá-los quanto a sua tolerância.

No presente estudo, foi possível identificar três genótipos tolerantes (C2, 200 e 315) e cinco intolerantes (08001, 2010, 167, G2 e 1501) ao cultivo em solos com baixa disponibilidade de fósforo.

## AGRADECIMENTOS

À UFES pela concessão de bolsa ao primeiro autor. À Embrapa Agroenergia pela disponibilização das sementes da safra 2011.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, J. F. T.; MARTINS, L. D.; LAVIOLA, B. G.; CHRISTO, L. F.; TOMAZ, M. A. & RODRIGUES, W. N. A differential response of physic nut genotypes regarding phosphorus absorption and utilization is evidenced by a comprehensive nutrition efficiency analysis. *Journal of Agricultural Science*, 4:164-173, 2012.

CRUZ, C. D. & REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Imprensa Universitária, 1994. 390p.

CRUZ, C. D. Programa GENES: estatística experimental e matrizes. Viçosa: UFV, 2006. 285p.

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. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.

LAVIOLA, B. G.; ALVES, A. A.; GURGEL, F. L.; ROSADO, T. B.; ROCHA, R. B. & ALBRECHT, J. C. Estimates of genetic parameters for physic nut traits based in the germplasm two years evaluation. *Ciência Rural*, 42:429-435, 2012.

LAVIOLA, B. G. & DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(5):1969-1975, 2008.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q. & KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. *Bioscience Journal*, 27(1):70-76, 2011.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic, 1995. 889p.

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.

OLIVEIRA, V. R.; CASALI, V. W. D.; PEREIRA, P. R. G.; CRUZ, C. D. & PIRES, N. M. Tolerância de genótipos de pimentão ao baixo teor de fósforo no solo. *Bragantia*, 58(1):125-139, 1999.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N. & GONÇALVES, N. P. Cultura do Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Informe Agropecuário, 26(229):44-78, 2005.