



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p52-57>

Produção da mamoneira submetida a combinações com fontes de fósforo e calagem

Thiago C. Silveira¹, Rodinei F. Pegoraro², Arley F. Portugal³ & Alvaro V. de Resende⁴

Palavras-chave:

fosfato natural
fosfato monoamônico
massa de bagas
massa de grãos

RESUMO

A mamoneira é considerada cultura exigente em fósforo haja vista que a nutrição fosfatada adequada com a utilização de fontes solúveis em conjunto com fontes naturais, pode aumentar a eficiência de absorção do fósforo e a produtividade de mamona. Objetivou-se avaliar os componentes de produção da mamoneira após a combinação de adubações com fosfato solúvel e natural, na ausência e na presença de calagem. O estudo foi conduzido em esquema fatorial 2 x 5 envolvendo duas doses de calcário (com e sem calcário) e cinco combinações de adubação fosfatada: testemunha (0 kg ha⁻¹ de P₂O₅); 100% de fosfato natural (560 kg ha⁻¹), fosfato natural (560 kg ha⁻¹) + MAP (188 kg ha⁻¹); fosfato natural (560 kg ha⁻¹) + ½ MAP (94 kg ha⁻¹) e 100% MAP (188 kg ha⁻¹) com quatro repetições em blocos ao acaso. As características avaliadas foram o comprimento dos racemos primário e secundário, o número de bagas, a massa de casca, a massa de bagas, a massa de grãos, a massa de 100 grãos e a relação entre massa de grãos/massa de bagas. A combinação de fosfato natural + MAP propiciou, na presença de calcário, maior produção de grãos de mamoneira (1.455 kg ha⁻¹) e incrementou a maioria dos demais componentes de produção estudados.

Key words:

natural phosphate
monoammonium phosphate
berry weight
grain weight

Production of castor bean under combination of phosphorus sources and liming

ABSTRACT

Castor bean is considered a demanding crop in phosphorus and adequate phosphorus nutrition with reactive sources in conjunction with natural sources can increase the efficiency of absorption of phosphorus and castor bean productivity. This research aimed to evaluate the yield components of castor bean under combinations of fertilization with reactive and natural phosphate, in the absence and presence of lime. The study was conducted in a 2 x 5 factorial design, involving two doses of limestone (with and without lime), and five combinations of phosphorus fertilization: control (0 kg ha⁻¹ de P₂O₅), 100% of natural phosphate (560 kg ha⁻¹), natural phosphate (560 kg ha⁻¹) + MAP (188 kg ha⁻¹); natural phosphate (560 kg ha⁻¹) + ½ MAP (94 kg ha⁻¹) and 100% MAP (188 kg ha⁻¹), with four replications in a randomized block design. The length of the primary and secondary racemes, number of berries, shell weight, berry weight, grain weight, weight of 100 grains and ratio between grain and berry weight were evaluated. The combination of MAP + natural phosphate in the presence of limestone resulted in higher production of castor beans (1455 kg ha⁻¹), and increased most of studied production components.

INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes de energia renováveis para substituição de derivados do petróleo, é de extrema importância para a sustentabilidade ambiental; neste sentido, a mamoneira é considerada alternativa de valor econômico, social e ambiental, por possuir grande quantidade de óleo (45 a 50%) em suas sementes as quais servem de matéria-prima renovável visando à fabricação do biodiesel. Para as regiões semiáridas do Brasil o cultivo da mamoneira se apresenta como opção de grande importância por se tratar de uma planta com capacidade produtiva de aproximadamente 1.500 kg ha^{-1} em condições de baixa precipitação pluvial e climas adversos (Barros Júnior et al., 2008).

Na obtenção de maiores produtividades dessa oleaginosa considera-se essencial a utilização de adubação fosfatada equilibrada durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. Na mamoneira, o fósforo está ligado diretamente ao desenvolvimento inicial (Almeida Júnior et al., 2009) e à formação dos grãos (Laviola & Dias, 2008). O aumento de doses de fósforo proporciona aumento na produtividade e teor de óleo das sementes incrementando a rentabilidade econômica e a qualidade do óleo produzido (Severino et al., 2006).

A adoção de técnicas de manejo que antecede a adubação fosfatada, como a calagem e a utilização de proporções distintas de fontes de fósforo de alta e baixa reatividade podem equilibrar a disponibilidade deste nutriente à mamoneira.

Visando ao aumento da produtividade, a calagem e a fosfatagem são recursos para a correção da fertilidade dos solos tropicais. A fim de propiciar um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das plantas, a calagem pode reduzir as perdas pela adsorção do fósforo por ferro e alumínio e ainda reduzir a acidez do solo (Luchini et al., 2012).

Após a prática da calagem de solos ácidos a adubação fosfatada favorece o desenvolvimento radicular e a absorção de fósforo pelas plantas, propiciada por melhorias no ambiente radicular das plantas, por neutralização do Al, elevação do pH do solo e aumento da disponibilidade de Ca e Mg para as plantas (Natale et al., 2007). No entanto, antecedendo a adubação com fosfato natural, a calagem pode reduzir a solubilidade do fósforo visto que há baixa ou lenta liberação de fósforo desta fonte em virtude da necessidade de condições ácidas para maior solubilização dos fosfatos naturais (Zoz et al., 2009).

Os fosfatos naturais de origem metamórfica e ígnea apresentam menor presença de minerais, estrutura cristalina compactada e menor superfície específica, o que confere a característica de baixa reatividade. Já os fosfatos naturais de origem sedimentar apresentam características inversas, como grande superfície específica, maior solubilidade em função da estrutura microcristalina pouco consolidada, além de maior reatividade sendo mais disponível para a planta durante o ciclo (Novais et al., 2007).

Objetivou-se no estudo avaliar os componentes de produtividade de grãos da mamoneira após a combinação de adubações com fosfato solúvel e natural na presença e na ausência de calagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em condições de campo, na Fazenda Tanque Novo, localizada no município de Janaúba, MG, situado

a $15^{\circ} 47' 18''$ de latitude sul e $43^{\circ} 18' 18''$ de longitude oeste, com altitude de 515 m. O clima, segundo a classificação de Köppen, é Aw, caracterizado como semiárido. A precipitação média anual é de 740 mm dos quais 85% ocorreram entre os meses de novembro e março (Figura 1) (INMET, 2013).

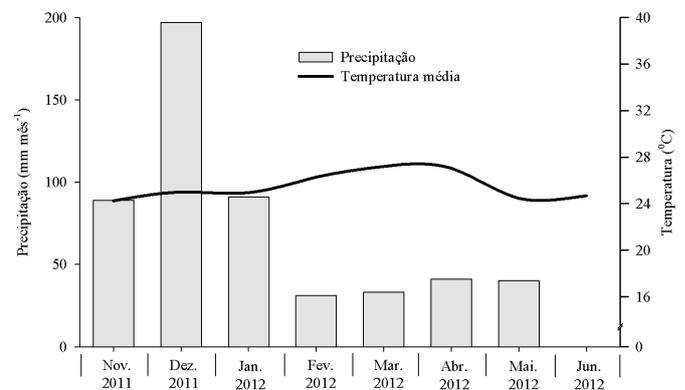


Figura 1. Precipitação pluvial e temperaturas médias do período de condução do experimento

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Previamente à semeadura da mamona foi realizada a amostragem do solo na profundidade de 0-20 cm para fins de caracterização físico-química do solo e da área de cultivo (EMBRAPA, 1997). Realizaram-se 20 amostragens simples para obtenção de uma amostra composta cujos resultados foram: pH (H_2O) = 4,50; P = 2,30 mg dm^{-3} e K = 167,00 mg dm^{-3} (Mehlich-1); Al^{3+} = 1,50 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Ca^{2+} = 0,80 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e Mg^{2+} = 0,60 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (KCl 1 mol L^{-1}); H + Al = 7,40 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} , pH 7,0); SB = 2,00 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; t = 3,50 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; T = 7,30 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 21% e m = 43%.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições (50 plantas por repetição) em esquema fatorial 2 x 5 envolvendo dois manejos de calagem (com e sem aplicação de calcário) e cinco combinações de adubação fosfatada: T1 - Controle (sem adubação fosfatada), T2 - 100% de fosfato natural (560 kg ha^{-1} de fosfato natural-FN, equivalente a 90 kg ha^{-1} de P_2O_5), T3 - FN+MAP (fosfato monoamônico) (560 kg ha^{-1} de fosfato natural + 188 kg ha^{-1} de MAP, equivalentes a 180 kg ha^{-1} de P_2O_5), T4 - FN+½MAP (560 kg ha^{-1} de fosfato natural + 94 kg ha^{-1} de MAP, equivalentes a 135 kg ha^{-1} de P_2O_5) e T5 - MAP (188 kg ha^{-1} de MAP equivalente a 90 kg ha^{-1} de P_2O_5). A dose de calcário magnesiano correspondeu a 3.600 kg ha^{-1} e foi calculada pelo método de neutralização do Al^{3+} e da elevação dos teores de Ca e Mg (Alvarez V. & Ribeiro, 1999) de acordo com os resultados da análise de solo. O calcário foi incorporado com arado e grade até profundidade de 20 cm, em setembro de 2011 cuja área foi irrigada com microaspersores a fim de favorecer a reação de neutralização do calcário com a acidez do solo.

A fonte de fosfato natural utilizada foi o fosfato natural Itafós (origem sedimentar) com 16% de P_2O_5 (Tabela 1) e proveniente da região de Campos Belos, GO, e a fonte solúvel correspondeu ao fosfato monoamônico-MAP com 48% de P_2O_5 e 11% de N.

A área experimental em que foram implantadas 40 parcelas constituídas de 150 m^2 , possuía cerca de 6.000 m^2 sendo a área

Tabela 1. Caracterização química do fosfato natural de origem sedimentar (Itafós) utilizado nas distintas combinações de adubação fosfatada para cultivo da mamoneira

Composição química																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	Ni	Ba	Co	Mo	Cu	Pb	Zn
dag kg ⁻¹										mg kg ⁻¹						
44,01	5,97	2,47	0,79	23,85	0,02	1,05	16,21	0,15	0,24	74,00	626,00	15,00	1,80	36,10	14,60	244,00

útil da parcela de 37,5 m². O preparo do solo foi feito com arado e grade niveladora e o terreno considerado plano.

A semeadura foi realizada no mês de novembro de 2011, dois meses após a calagem, em sulcos, acima da aplicação dos fertilizantes fosfatados diretamente no sulco de semeadura. A variedade utilizada foi a 'BRS Paraguaçu' com espaçamento de 3 m entre linhas e 1 m entre plantas. No momento da semeadura a dose suplementar de N presente no MAP (11% de N) foi corrigida para todas as parcelas experimentais com a utilização de ureia. A adubação de cobertura foi feita igualmente para todos os tratamentos, com 100 kg ha⁻¹ de ureia e 50 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio aplicados diretamente no sulco de plantio sendo realizada quando as plantas atingiram cerca de 50 cm, entre 40 e 50 dias após a emergência, período que antecedeu a floração sendo este estágio de desenvolvimento de maior demanda nutricional. O principal trato cultural realizado durante a condução do experimento foi a retirada de plantas daninhas por meio de capinas manuais com enxada. Não houve qualquer incidência de pragas e doenças na área experimental.

A colheita, realizada entre maio e junho de 2012, no fim do ciclo, foi feita de maneira manual. As amostras, retiradas para análises, equivalem a 5 m da linha de plantio de cada repetição. Os racemos colhidos quando aproximadamente ¾ dos frutos estavam secos, foram debulhados e colocados para secagem. Após isto, os grãos, já descascados manualmente, foram colocados em estufa a 105°C para determinação da umidade. As características avaliadas foram comprimento dos racemos primário e secundário, número de bagas/cacho, massa de bagas, massa de grãos, massa da casca, massa de cem grãos e massa relativa de grãos em relação à massa de bagas, baseado no seguinte cálculo: massa de grãos (produtividade)/ massa de bagas x 100.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância; em seguida e de acordo com a significância da análise de variância, utilizou-se o teste de Tukey a 0,05 para comparação das médias por meio do programa estatístico SAEG 9.1 (Ribeiro Júnior, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) entre as combinações de adubação fosfatada para todas as características avaliadas (Tabela 2), interação significativa entre calagem e combinações com fósforo (C versus CP) além de efeito isolado da calagem para as características: comprimento do racemo secundário, número de bagas e massa da casca (Tabela 2).

As características massa de bagas (PB), massa de grãos (PG) e massa relativa de grãos em referência à massa de bagas (PPG) também foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) pela interação entre calagem versus combinações com fósforo e pela utilização isolada da calagem (Tabela 3). A massa de cem grãos (P100) foi influenciada apenas pelas combinações de fosfato natural e reativo (CP).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características: comprimento do racemo primário (CR1), comprimento do racemo secundário (CR2), número de bagas (NB) e massa da casca (MC) da mamoneira, submetidos à calagem (C), combinações com adubação fosfatada (CP) e a interação entre calagem e fontes de fósforo (C versus CP)

FV	GL	Quadrado médio			
		CR1	CR2	NB	MC
Bloco	3	3,1 ^{ns}	1,5 ^{ns}	38,3 ^{ns}	25.668,6 ^{ns}
Calagem (C)	1	10,0 ^{ns}	245,0 *	1.166,4 *	127.796,6 *
Comb. com P (CP)	4	453,4 *	247,6 *	7.979,2 *	628.236,8*
C versus CP	4	10,3 ^{ns}	59,5 *	746,1 *	76.928,5*
Resíduo	27	4,1	3,9	20,0	11.572,4
CV (%)		5,2	7,8	3,3	18,8

^{ns}. *Não significância e significância a 0,05 de probabilidade pelo teste F da análise de variância

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as características: massa de bagas (MB), massa de grãos (MG), massa de 100 grãos (M100) e massa relativa de grãos em relação à massa de bagas (MPG) da mamoneira, submetidas à calagem (C), combinações com adubação fosfatada (CP) e a interação entre calagem e fontes de fósforo (C versus CP)

FV	GL	Quadrado médio			
		MB	M100	MG	MPG
Bloco	3	128.333,5 ^{ns}	25,8 ^{ns}	39.253,1 ^{ns}	0,2 ^{ns}
Calagem (C)	1	1.099.386,0 *	47,8 ^{ns}	477.521,8 *	70,9 *
Comb. com P (CP)	4	3.420.523,0 *	311,1 *	1.127.419,0 *	62,7 *
C versus CP	4	422.442,0 *	31,8 ^{ns}	141.621,1 *	13,3 *
Resíduo	27	59.851,1	21,8	18.858,5	0,5
CV (%)		18,9	6,7	19,0	1,3

^{ns}. *Não significância e significância a 0,05 de probabilidade pelo teste F da análise de variância

O comprimento do racemo primário foi maior na presença da calagem juntamente com a adubação com fosfato natural + MAP (T3) (Tabela 4) visto que esta combinação pôde ter maximizado a disponibilidade de fósforo ao longo do ciclo da cultura. Na presença de calagem os tratamentos com a adubação fosfatada (T2-100% FN, T3-FN + MAP e T4-FN + ½ MAP) propiciaram maior comprimento do racemo secundário na mamoneira. O comprimento médio dos racemos primário e secundário da mamoneira correspondeu a 39,2 e 27,7 cm, respectivamente, na área com calagem. Tais resultados foram superiores aos encontrados por Diniz et al. (2009) que obtiveram médias de 17,42 para racemo primário em trabalho no qual os autores avaliaram desbaste seletivo e densidade populacional de plantas de mamoneira da cultivar BRS Paraguaçu, na região de Pentecoste, CE.

O número de bagas apresentou melhores médias no tratamento que continha combinação de fosfato natural e reativo em doses totais visto que há maior disponibilidade do nutriente. O número médio de bagas foi de 142 por planta e cada racemo teve, em média, 28,4 bagas. Moreira et al. (2012) registraram valores médios de 27,9 bagas racemo⁻¹, em estudo da mamoneira em função de fósforo e boro.

Tabela 4. Comprimento médio do racemo primário (CR1), comprimento do racemo secundário (CR2), número de bagas (NB) e massa de casca (PC) após a adubação com combinações de fertilizantes fosfatados (FN = fosfato natural; MAP = fosfato monoamônico) na ausência (SC) e presença (CC) da calagem

Tratamento	CR1 (cm)		CR2 (cm)		NB		PC (kg)	
	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC
Controle	27,0 c A	29,5 d A	18,2 c A	17,2 c A	103,7 d A	89,2 e B	250,8 d A	144,2 d A
FN	34,5 b A	32,7 c A	20,0 bc B	26,2 b A	112,7 d B	122,2 d A	369,5 c A	463,1 cd A
FN + MAP	44,5 a B	48,2 a A	25,0 a B	35,7 a A	165,7 a B	194,0 a A	751,2 a B	1.116,2 a A
FN + ½ MAP	44,0 a A	43,2 b A	26,5 a B	35,7 a A	126,0 c B	157,2 b A	576,5 b B	827,5 ab A
MAP	41,0 a A	42,2 b A	24,0 ab A	23,5 b A	147,7 b A	147,2 c A	634,7 b A	597,0 bc A
Média	38,2	39,2	22,7	27,7	131,2	142,0	516,5	629,6 A
CV (%)	6,4	3,6	9,1	6,9	3,6	2,4	9,3	23,8

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas para calagem e pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, para combinações de fósforo, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

As massas da casca e bagas da mamona apresentaram comportamento similar após a adição dos tratamentos (Tabelas 4 e 5) e foram maiores na presença das combinações com adubação fosfatada natural e solúvel (T3 e T4), na presença da calagem (Tabela 5), visto que a utilização de doses adequadas de fósforo com o uso de calcário promoveu maior desenvolvimento e formação dos frutos (bagas). A calagem propiciou maiores aumentos na massa de bagas especialmente em conjunto com a adubação fosfatada natural mais MAP (T3).

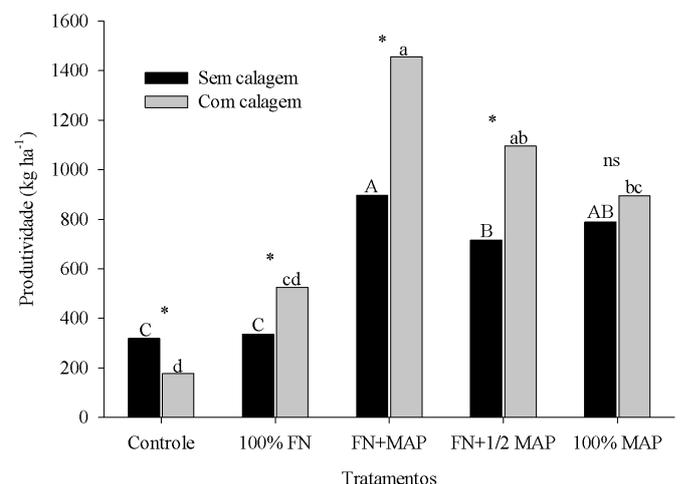
A menor massa de bagas foi observada nos tratamentos testemunha e com a utilização individual do fosfato natural (T2). É provável que a menor solubilidade de fósforo proveniente do fosfato natural e a baixa disponibilidade natural de fósforo no Latossolo utilizado, tenham implicado no fornecimento insuficiente de fósforo para a mamoneira, reduzindo o crescimento vegetativo, a formação e a massa das bagas uma vez que o armazenamento de produtos como óleo, proteínas e carboidratos, exige o gasto de energia na forma de ATP (Severino et al., 2006).

A massa de 100 grãos também foi maior nos tratamentos com calagem e na combinação de fosfato natural e solúvel ou MAP (Tabela 5) indicando a importância do fósforo na formação dos grãos da mamoneira, no aumento do tamanho de grãos e, possivelmente, no maior teor de óleo. A massa média de 100 grãos foi de 70 g, obtida neste estudo e considerada superior aos 47 g encontrados por Corrêa et al. (2006) após avaliarem o comportamento de cultivares de mamoneira em distintos sistemas de cultivo. A maior massa obtida no presente trabalho foi atribuída à maior dose de adubação fosfatada sendo o fósforo responsável direto pelo aumento de massa dos grãos.

A relação entre a massa de grãos/massa de bagas foi incrementada com a adição de calcário (Tabela 5) e apresentou

média de 56,4%, enquanto a calagem e a adubação fosfatada com MAP (T5) propiciaram a obtenção da maior relação entre a massa de grãos/massa de bagas (60,2%) sinalizando que com a aplicação de calcário há elevação da saturação por bases (V%) de 21% para cerca de 60% (valor ideal para a mamoneira), o que justifica a maior produção de grãos.

Na presença da calagem a combinação de fosfato natural com MAP (T3) propiciou a obtenção de produtividade média de 1.455 kg ha⁻¹ de mamona (Figura 2). A maior produtividade



ns, * não significância e significância a 0,05 de probabilidade pelo teste F da análise de variância para efeito da calagem; Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas para comparação de médias entre as combinações de adubação na presença de calagem e maiúsculas na ausência da calagem, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 0,05 de probabilidade;

Controle sem adubação fosfatada; 100%FN = 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de fosfato natural; FN+MAP = 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de fosfato natural + 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de MAP; FN+½MAP = 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de fosfato natural + 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de MAP e 100%MAP = 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de MAP

Figura 2. Produtividade da mamoneira após a adubação com distintas combinações de adubação fosfatada

Tabela 5. Médias produtivas da massa de bagas (MB), massa de 100 grãos (M100) e massa relativa de grãos em relação à massa de bagas (MPG) após a adubação com combinações de fertilizantes fosfatados (FN = fosfato natural; MAP = fosfato monoamônico) na ausência (SC) e na presença (CC) da calagem

Tratamento	MB (Kg)		M100 (g)		MPG (%)	
	SC	CC	SC	CC	SC	CC
Controle	569,1 c A	321,4 d A	58,6 c A	59,8 b A	55,9 a A	55,1 bc A
FN	705,2 c A	988,8 cd A	65,4 bc A	66,8 ab A	47,6 d B	53,1 c A
FN + MAP	1.648,6 a B	2.571,0 a A	70,4 ab B	75,5 a A	54,4 c B	56,5 b A
FN + ½ MAP	1.291,7 b B	1.921,0 ab A	68,5 ab B	75,3 a A	55,3 b B	56,9 b A
MAP	1.423,1 ab A	1.492,4 bc A	76,0 a A	72,4 a B	55,4 b B	60,2 a A
Média	1.127,5 B	1.355,9 A	67,8 B	70,0 A	53,7 B	56,4 A
CV (%)	9,4	23,4	6,1	6,8	0,2	1,8

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas para calagem e pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, para fontes de fósforo, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson entre comprimento do racemo primário (CR1), comprimento do racemo secundário (CR2), número de bagas (NB), massa de casca (PC), massa de bagas (PB), massa de grãos (PG), massa de 100 grãos (P100) e massa relativa de grãos em relação à massa de bagas (PPG)

Característica	CR1	CR2	NB	PC	PB	PG	P100
CR2	0,76 ^{ns}						
NB	0,89*	0,78*					
PC	0,91*	0,90*	0,98*				
PB	0,91*	0,83*	0,91*	0,99*			
PG	0,90*	0,83*	0,90*	0,98*	0,99*		
P100	0,88*	0,65*	0,70*	0,87*	0,79*	0,78*	
PPG	0,34 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,34 ^{ns}

*. Diferença significativa a 0,05 e não significativa, respectivamente, pelo teste t

obtida no tratamento T3 foi justificada pela também maior dose total de fósforo (560 kg ha⁻¹ de fosfato natural mais 188 kg ha⁻¹ de MAP) e pela solubilidade gradual do fosfato natural utilizado. A adubação na mamoneira com fosfato natural de origem sedimentar em combinação com a fonte solúvel (MAP) aumentou possivelmente a disponibilidade de fósforo no solo, após o período inicial de crescimento da mamoneira implicando na disponibilização gradual, contínua e progressiva do fósforo durante todo o ciclo da cultura, resultando no aumento da produtividade. Moreira et al. (2012) relataram efeito positivo na adição de fósforo na cultura da mamoneira com a elevação desse nutriente para 40 mg kg⁻¹.

A produtividade máxima obtida neste estudo se assemelha àquela encontrada por Silva et al. (2012) que obtiveram 1.613 kg ha⁻¹ de grãos de mamoneira após a adubação com 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de N. E, Pacheco et al. (2008) descreveram que a adubação fosfatada exerce grande influência na produtividade da mamoneira em comparação a outros macronutrientes, K e N, visto que no caso específico do trabalho desses autores os teores de potássio e de nitrogênio presentes no solo possivelmente atenderam às exigências nutricionais da planta.

Ressalta-se que o efeito positivo da calagem no aumento da produtividade da mamoneira pode ser justificado pela neutralização do Al³⁺ fitotóxico e pela elevação do pH do solo propiciando um ambiente radicular favorável ao desenvolvimento das plantas, além de reduzir as perdas de fósforo por adsorção específica para os óxidos de ferro e alumínio, presentes nos Latossolos brasileiros (Luchini et al., 2012).

O comprimento do racemo primário e secundário, o número de bagas, a massa de casca, a massa de bagas e a massa de 100 grãos, apresentaram correlação positiva com massa de grãos (Tabela 6). Neste sentido, a determinação do comprimento de racemo no florescimento da mamoneira pode atuar como ferramenta para prever o potencial produtivo (PG) da cultura, com exatidão adequada (CR1 = 0,90* e CR2 = 0,83*).

A utilização de medidas de estimativas de produtividade por meio dos comprimentos do racemo primário e secundário ou número de bagas, na fase inicial do desenvolvimento reprodutivo, pode estimar a produção de grãos de mamoneira com r² de 0,90; 0,83 e 0,90, respectivamente. Outros estudos também apresentaram relação positiva entre os componentes de produção da mamoneira e a produtividade, segundo Silva et al. (2012), a produção dos racemos primário e secundário apresentou relação positiva com a produtividade total. Diniz et al. (2009) verificaram que os racemos primários

são responsáveis por mais de 80% da produção de sementes, em trabalho no qual se avaliaram diferentes adensamentos e desbastes seletivos para a cultivar BRS Paraguaçu. Todavia, Corrêa et al. (2006) verificaram que os racemos secundários têm maior contribuição na produção total da mamoneira BRS Paraguaçu.

CONCLUSÕES

1. O fosfato natural de origem sedimentar utilizado juntamente com o MAP, na presença de calagem, propicia a máxima produtividade da mamoneira, equivalente a 1.455 kg ha⁻¹.
2. Os componentes de produção, comprimento do racemo primário e secundário, número de bagas, massa da casca, massa de bagas, massa de 100 grãos e relação entre massa de grãos/massa de bagas, são incrementados com a adição de fosfato natural em conjunto com o MAP.
3. O comprimento dos racemos primários e secundários e o número de bagas por planta, apresentam elevada correlação com a produtividade da mamoneira.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP e ao CNPq, pelo apoio financeiro e concessão de Bolsa ITI no âmbito do projeto ROCKAPL.

LITERATURA CITADA

- Almeida Júnior, A. B.; Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F. de; Oliveira, M. K. T.; Linhares, P. C. F. Efeitos de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. *Revista Caatinga*, v.22, p.217-221, 2009.
- Alvarez V., V. H.; Ribeiro, A. C. Calagem. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.43-60.
- Barros Júnior, G.; Guerra, H. O. C.; Cavalcanti, M. L. F.; Lacerda, R. D. de. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.350-355, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000400003>
- Corrêa, M. L. P.; Távora, F. J. A. F.; Pitombeira, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. *Revista Ciência Agronômica*, v.37, p.200-207, 2006.

- Diniz, B. L. M. T.; Távora, F. J. A. F.; Diniz Neto, M. A.; Bezerra, F. M. L. Desbaste seletivo e população de plantas na cultura da mamoneira. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, p.247-255, 2009.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio Janeiro, 1997. 212p
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia . Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. 7 Set. 2013.
- 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*, v.32, p.1969-1975, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000500018>
- Luchini, I.; Tiritan, C. S.; Foloni, J. S. S.; Santos, D. H. Fósforo disponível em solos ácidos e corrigidos com aplicação de fosfatos solúvel, reativo e natural. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.11, p.82-94, 2012.
- Moreira, M. A.; Alves, J. M.; Oliveira, A. B.; Medeiros, F. A. Crescimento e produção da mamoneira em função de fósforo e boro. *Global Science and Technology*, v.5, p.98-108, 2012.
- Natale, W.; Prado, R. M.; Rozane, D. E.; Romualdo, L. M. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1475-1485, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600024>
- Novais, R. F.; Smyth, T. J.; Nunes, F. N. Fósforo. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.
- Pacheco, D. D.; Gonçalves, N. P.; Saturnino, H. M.; Antunes, P. D. Produção e disponibilidade de nutrientes para mamoneira (*Ricinus communis*) adubada com NPK. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.8, p.153-160, 2008.
- Ribeiro Júnior, J. I. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: UFV, 2007. 301p.
- Severino, L. S.; Ferreira, G. B.; Moraes, C. R. de A.; Gondim, T. M. de S.; Freire, W. S. de A.; Castro, D. A. de; Cardoso, G. D.; Beltrão, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.563-568, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000400003>
- Silva, A. R. C.; Oliveira, F. H. T.; Araújo, A. P.; Medeiros, J. F.; Zonta, E. Doses de nitrogênio e fósforo para a produção econômica da mamoneira no município de Mossoró-RN. *Revista Caatinga*, v.25, p.52-60, 2012.
- Zoz, T.; Lana, M. do C.; Steiner, F.; Frandoloso, J. F.; Fey, R. Influência do pH do solo e de fertilizantes fosfatados sobre a adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho. *Synergismus Scientifica*, v.4, p.1-4, 2009.