
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MAMONA DE PORTE BAIXO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E POPULAÇÕES DE PLANTAS

Genivaldo David de Souza-Schlick, Rogério Peres Soratto, Douglas Bottino e Adalton Mazetti Fernandes

RESUMO

É necessário definir espaçamentos entre fileiras e populações de plantas adequados para as novas cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) de porte baixo. Dessa forma, objetivou-se avaliar o crescimento, os componentes da produção e a produtividade da cultivar de mamona de porte baixo IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e da população de plantas, em cultivo de verão. O experimento foi realizado durante os anos agrícolas 2007/08 e 2008/09, em Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. O delineamento foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro espaçamentos entre fileiras (0,45; 0,60;

0,75 e 0,90m) e as subparcelas por quatro populações iniciais de plantas (25000, 40000, 55000 e 70000 plantas/ha). O aumento da população de plantas diminuiu a sobrevivência de plantas, o acúmulo de matéria seca, o diâmetro do caule, o número de racemos por planta, o número de frutos por racemo e a massa dos grãos. Nas maiores populações de plantas, o melhor arranjo de plantas, promovido pelo menor espaçamento entre fileiras (0,45m), proporcionou as maiores produtividades de grãos e de óleo. O aumento da população de plantas incrementou a produtividade de grãos e óleo apenas quando foi utilizado no menor espaçamento entre fileiras.

Introdução

Produtora de um óleo de excelente qualidade, a mamona (*Ricinus communis* L.) tem sido cultivada em vários países. No entanto, 95% da produção mundial está concentrada na Índia, China e Brasil, respectivamente (Faostat, 2011). Na indústria química, o óleo da mamona é empregado em inúmeras aplicações (Barnes *et al.*, 2009), além de poder ser utilizado na produção de biodiesel (Nass *et al.*, 2007; Jeong e Park, 2009), se apresentando como um dos óleos vegetais mais versáteis da natureza.

Entre as espécies oleaginosas cultivadas no Brasil a mamona é uma das menos exigentes em termos de clima,

solo e manejos culturais. Sua produção é tradicional nas regiões semi-áridas, devido a sua tolerância à seca (Weiss, 1983), sendo o Estado da Bahia o maior produtor no Brasil (Conab, 2010). Com o desenvolvimento de novos cultivares com maior potencial produtivo, precocidade, amadurecimento uniforme, pouca deiscência, elevado teor de óleo, resistência a pragas e doenças e porte baixo, que são adequados à colheita mecânica (Freire *et al.*, 2007; Savy Filho *et al.*, 2007), a produção de mamona tem se expandido para as regiões Centro-Oeste e do Cerrado Brasileiro (Novo *et al.*, 2007), com o cultivo em média e grande áreas. Porém, no cultivo em grande escala são exigidas tecnologias mais

eficientes para que seja expresso o potencial produtivo dos materiais.

Espaçamento entre fileiras e população de plantas adequados são práticas simples e sem custo para o produtor, mas com grande impacto sobre a produtividade (Severino *et al.*, 2006b; Diniz *et al.*, 2009). Na ricinocultura o uso de baixas populações de plantas favorece o crescimento de plantas daninhas, a floração tardia e ramos laterais longos. Por outro lado, altas populações de plantas proporcionam plantas muito altas e sujeitas ao acamamento (Severino *et al.*, 2006b; Carvalho *et al.*, 2010), sendo inviabilizada a colheita mecanizada.

A maior parte das recomendações técnicas que se

tem hoje para essa cultura são resultados de trabalhos utilizando-se cultivares de porte médio a alto, baixas populações de plantas, espaçamentos largos para colheita manual (Severino *et al.*, 2006a, b, c; Savy Filho *et al.*, 2007; Bizinoto *et al.*, 2010; Carvalho *et al.*, 2010). Contudo, há indícios de que espaçamentos mais estreitos e populações de plantas mais adensadas possam proporcionar maior produtividade de materiais de porte baixo (Kittock e Williams, 1970; Severino *et al.*, 2006b; Carvalho *et al.*, 2010). Assim, objetivou-se avaliar o crescimento e a produtividade da mamona de porte baixo IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e da po-

PALAVRAS CHAVE / Componentes da Produção / Densidade de Semeadura / *Ricinus communis* / Teor de Óleo /

Recebido: 29/04/2011. Modificado: 05/12/2011. Aceito: 08/12/2011.

Genivaldo David de Souza-Schlick. Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Ciências Agrômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil. Doutorando, Programa de Pós-graduação em Agronomia-Agricultura, FCA/UNESP, Brasil. e-mail: genivald@fca.unesp.br

Rogério Peres Soratto. Engenheiro Agrônomo, FCA/UNESP, Brasil. Doutor em Agronomia-Agricultura, FCA/UNESP. Bolsista, CNPq e Professor, FCA/UNESP, Brasil. Endereço: Departamento de Produção Vegetal - Agricultura, FCA/UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu-

-SP, Brasil. e-mail: soratto@fca.unesp.br

Douglas Bottino. Engenheiro Agrônomo, FCA/UNESP, Brasil. e-mail: dowdae@hotmail.com

Adalton Mazetti Fernandes. Engenheiro Agrônomo, FCA/UNESP, Brasil. Doutorando, Programa de Pós-graduação

em Agronomia-Agricultura, FCA/UNESP, Brasil. e-mail: adalton@fca.unesp.br

GROWTH AND YIELD OF SHORT HEIGHT CASTOR ON DIFFERENT ROW SPACINGS AND PLANT POPULATIONS

Genivaldo David de Souza-Schlick, Rogério Peres Soratto, Douglas Bottino and Adalton Mazetti Fernandes

SUMMARY

*It is necessary to establish adequate row spacings and plant populations for recently developed short height castor (*Ricinus communis* L.) cultivars. This work aimed to evaluate the growth, yield components, and yield of short castor cultivar IAC 2028 as affected by row spacing and plant population, in summer cropping season. The experiments were carried out in 2007/08 and 2008/09 cropping seasons, in Botucatu County, São Paulo State, Brazil. A randomized complete block design in a split-plot scheme with four replications was used. Treatments assigned to plots were four row*

spacing (0.45, 0.60, 0.75, and 0.90m) and subplots were assigned to four levels of plant populations (25000, 40000, 55000, and 70000 plants/ha). The increase of plant population decreased plants survival rate, shoot dry weight, stem diameter, number of racemes per plant, number of fruits per raceme, and 100-grains weight. In higher plant populations, the best arrangement of plants, provided by the narrower row spacing (0.45m), promoted higher grain and oil yields. Increasing plant population increased grain and oil yields only when was used the narrower row spacing.

CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE RICINO DE BAJA ALTURA EN DIFERENTES ESPACIAMIENTOS ENTRE HILERAS Y POBLACIONES DE PLANTAS

Genivaldo David de Souza-Schlick, Rogério Peres Soratto, Douglas Bottino y Adalton Mazetti Fernandes

RESUMEN

*Es necesario establecer espaciamientos entre hileras y poblaciones de plantas adecuados para los nuevos cultivares de ricino (*Ricinus communis* L.) de baja estatura. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento, componentes de la producción y productividad de ricino de baja altura, cultivar IAC 2028, en función de lo espaciamiento entre hileras y la población de plantas, en el cultivo de verano. El experimento fue conducido durante las temporadas de cultivo 2007/08 y 2008/09, en Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. El delineamiento experimental utilizado fue el de bloques casualizados con parcela subdividida, con cuatro repeticiones. Las parcelas fueron constituidas por cuatro espaciamientos entre hileras*

(0,45; 0,60; 0,75 y 0,90m) y las subparcelas por cuatro poblaciones iniciales de plantas (25000, 40000, 55000 y 70000 plantas/ha). El aumento de la población de plantas disminuyó la supervivencia de las plantas, la materia seca de los brotes, el diámetro del tallo, el número de racimos por planta, el número de frutos por racimo y el peso de 100 granos. En las mayores poblaciones de plantas, la mejor disposición de las plantas, promovidas por el menor espaciamiento entre hileras (0,45m), proporcionó la mayor productividad de grano y aceite. El aumento de la población de plantas incrementó la productividad de grano y de aceite sólo cuando fue usado el espaciamiento entre hileras más estrecho.

pulação de plantas, em cultivo de verão.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Botucatu, SP (48°23'O, 22°58'S e altitude de 740m), nas safras de verão 2007/08 e 2008/09. O clima é do tipo Cwa (Köppen), que se caracteriza como tropical de altitude, com inverno seco, verão quente e chuvoso. Os dados climáticos registrados durante o desenvolvimento do experimento estão apresentados na Figura 1.

O solo da área experimental é Latossolo Vermelho distroférrico. Antes da instalação do experimento, em cada ano agrícola, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-0,20m, para caracte-

terização química. Em 2007/08 os resultados foram: matéria orgânica= 36g·dm⁻³, pH (CaCl₂)= 5,3, P (resina)= 37mg·dm⁻³, K, Ca, Mg e CTC= 2,8; 41; 15 e 104,8mmol_c·dm⁻³, respectivamente, e saturação por bases de 56%. Na área utilizada em 2008/09, os resultados foram: matéria orgânica= 38g·dm⁻³, pH (CaCl₂)= 4,3, P (resina)= 26mg·dm⁻³, K, Ca, Mg e CTC= 3,3; 36; 15 e 121,3mmol_c·dm⁻³, respectivamente, e saturação por bases de 45%.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro espaçamentos entre fileiras (0,45; 0,60; 0,75 e 0,90m) e as subparcelas por

quatro populações de plantas (25000, 40000, 55000 e 70000 plantas/ha). Cada unidade experimental foi constituída por 10, 6, 6 e 6 fileiras nos espaçamentos de 0,45; 0,60; 0,75 e 0,90m, respectivamente, e 5m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as linhas centrais desprezando 0,5m na extremidade de cada fileira de plantas e uma fileira de cada lado da unidade experimental.

O cultivar IAC 2028 foi obtido por meio da hibridação artificial entre a progênie H34 e a linhagem L881, desenvolvida por seleção massal dentro do cultivar IAC-38. Este genótipo é bem adaptado às condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo, apresentando porte baixo (150-180cm), frutos indeiscentes,

moderada suscetibilidade a doenças, em especial ao fungo mofo cinzento (*Botryotinia ricini*, (Goldf.) Wet), teor de óleo em torno de 47% e ciclo precoce, variável de 150 a 180 dias, produtividade média de grãos de 2000kg·ha⁻¹, sendo adequado para colheita mecanizada (Savy Filho *et al.*, 2007).

Antes da semeadura (31/10/2007 e 08/11/2008), as plantas presentes na área foram dessecadas com glifosate (1.440g·ha⁻¹ do i.a) para instalação do experimento em sistema de plantio direto. A abertura dos sulcos e distribuição do adubo foi realizada com uma semeadora-adubadeira tratorizada, regulada de acordo como o espaçamento. A adubação básica de semeadura constou da aplicação, em

todos os tratamentos, de 150kg·ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16.

A semeadura foi realizada manualmente aos 9 e 13 dias após a dessecação (DAD), respectivamente nos anos agrícolas 2007/2008 e 2008/2009, colocando-se no sulco as quantidades de sementes necessárias para a obtenção do dobro das populações de plantas desejada para cada tratamento. As sementes foram tratadas com o fungicida carboxin+tiram (60+60g do i.a por 100kg de sementes) e com o inseticida tiametoxam (140g do i.a. por 100kg de sementes). A emergência das plântulas ocorreu 12 dias após a semeadura. Aos 10 dias após a emergência (DAE) foi realizado desbaste deixando-se a população de plantas planejada para cada tratamento. A adubação de cobertura foi realizada aos 30 DAE, aplicando-se de 60kg·ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio.

Durante todo o período de desenvolvimento da mamona foram realizadas capinas manuais para o controle das plantas infestantes na área. O controle preventivo do mofo cinzento foi realizado com aplicações dos fungicidas a partir do início do florescimento.

Os inícios do florescimento ocorreram 62 e 50 DAE, respectivamente em 2007/2008 e 2008/2009, épocas nas quais foi determinada a massa de matéria seca da parte aérea das plantas, coletando-se cinco plantas por unidade experimental, secando-as em estufa com circulação forçada de ar a 60-70°C, por até 72h, e posterior pesagem.

As colheitas foram realizadas 155 e 148 DAE, respectivamente em 2007/2008 e 2008/2009. Nesta ocasião foram avaliadas: porcentagem de sobrevivência de plantas (relação entre a população de plantas no final do ciclo e a população inicialmente estabelecida) avalia-

TABELA I
PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS DE MAMONA CULTIVAR IAC 2028 EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS E DA POPULAÇÃO INICIAL DE PLANTAS, NA MÉDIA DE DOIS ANOS AGRÍCOLAS

Espaçamento (m)	População inicial (plantas/ha)				Média
	25000	40000	55000	70000	
			%		
0,45	88,7	96,3	87,6	84,0	89,1
0,60	90,2	95,6	85,2	82,8	88,4
0,75	90,3	96,2	86,6	83,3	89,1
0,90	95,7	88,6	86,0	82,4	88,2
Média	91,2	94,2	86,4	83,1	88,7

das em duas fileiras de 4m de comprimento, na área útil de cada unidade experimental; diâmetro do caule, medido com paquímetro digital no primeiro internódio de dez plantas da área útil de cada unidade experimental; altura de planta (distância entre o solo e o ponto mais alto da planta), determinada em dez plantas da área útil de cada unidade experimental; altura de inserção do 1º racemo (distância entre o solo e o ponto de inserção do racemo) determinada em dez plantas da área útil de cada unidade experimental; número de race-

mos por planta, contagem feita em duas fileiras de 4m de comprimento, na área útil de cada unidade experimental; número de frutos por racemo, determinado em todos os racemos colhidos em duas fileiras de 4m de comprimento, na área útil de cada unidade experimental; número médio de grãos por fruto, determinado em duas amostras de 100 frutos de cada unidade experimental; massa de 100 grãos, determinada por pesagem de quatro amostras de 100 grãos de cada unidade experimental, com dados corrigidos para 13% de umidade (base úmi-

da); e produtividade de grãos, determinada mediante colheita manual, em única ocasião, de todos os racemos contidos em duas fileiras de 4m de comprimento, na área útil de cada unidade experimental. Os racemos foram trilhados, os grãos separados e pesados, e os dados corrigidos para 13% de umidade (base úmida) e expressos em kg·ha⁻¹.

Após a colheita, os grãos foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 70°C por 24h, pesadas o teor de óleo (base seca) foi medido por ressonância magnética nuclear. A produtividade de óleo foi calculada pela multiplicação da produtividade de grãos pelo teor de óleo.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Uma vez que o objetivo foi estudar os efeitos do espaçamento entre fileiras e da população de plantas, ano e bloco foram considerados fatores aleatórios. O fator espaçamento entre fileiras foi considerado qualitativo, enquanto a população de plantas foi considerada fator quantitativo. Assim, as médias referentes aos espaçamentos foram compara-

das pelo teste Tukey (p≤0,05), enquanto os efeitos das populações de plantas foram avaliados por meio de análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos (p<0,05).

Resultados e Discussão

Independentemente do espaçamento entre fileiras, os tratamentos com populações de plantas mais adensadas resultaram em menor percentual de sobrevivência das plantas (Tabela I). Segundo Rocha *et al.* (1964) o aumento da população de plantas, ou mais especificamente o adensamento das plantas na fileira, proporciona maior redução da população final em relação à inicialmente es-

TABELA II
MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA, DIÂMETRO DO CAULE, ALTURA DA PLANTA E ALTURA DE INSERÇÃO DO 1º RACEMO DA MAMONA CULTIVAR IAC 2028 EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS E POPULAÇÃO DE PLANTAS, NA MÉDIA DE DOIS ANOS AGRÍCOLAS

Tratamentos	Matéria seca da parte aérea	Diâmetro do caule	Altura da planta	Altura do 1º racemo
Espaçamento (m)	g/planta	mm	m	m
0,45	95,8 a	28,8 a	1,80 b	0,75 a
0,60	92,6 a	28,2 a	1,77 b	0,81 a
0,75	101,2 a	27,6 a	1,83 ab	0,77 a
0,90	95,1 a	28,0 a	1,90 a	0,80 a
CV (%)	10,6	6,1	3,4	11,6
População (plantas/ha)				
25000	123,1 ⁽¹⁾	32,0 ⁽²⁾	1,80	0,77
40000	99,8	29,1	1,81	0,78
55000	86,0	26,4	1,85	0,78
70000	75,8	25,0	1,84	0,80
CV (%)	12,5	4,3	4,0	8,2
Teste F				
Espaçamento (E)	2,01 ns	1,42 ns	12,82 **	1,78 ns
População inicial (P)				
Reg. Linear	134,73 **	317,83 **	3,67 ns	1,75 ns
Reg. Quadrática	4,7 *	3,47 ns	0,86 ns	0,13 ns
E×P	4,48 **	1,57 ns	0,93 ns	1,04 ns

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, dentro do fator espaçamento, são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (p≤0,05), ns: não significativo, *: p<0,05 e **: p<0,01.

⁽¹⁾ y = 173,98 - 0,00241.**x + 0,0000001.*x² R² = 0,99.

⁽²⁾ y = 35,68 - 0,00016.**x R² = 0,98.

tabelecida. Tourinho *et al.* (2002) observaram que o aumento na densidade de plantas na fileira reduziu a porcentagem de sobrevivência das plantas de soja.

A matéria seca da parte aérea foi influenciada pela população de plantas e pela interação entre estes (Tabela II). O aumento da população de plantas proporcionou redução na produção de matéria seca da parte aérea, em todos os espaçamentos entre fileiras estudados (Tabela III). Rocha *et al.* (1964) relataram que o aumento da população de plantas provoca competição por nutrientes, água, luz e CO₂, resultando em menor crescimento da planta, o que é confirmado pelos resultados deste trabalho. Na menor população de plantas (25000 plantas/ha⁻¹), o espaçamento de 0,75m proporcionou maior valor de matéria seca da parte aérea, em comparação aos menores espaçamentos (0,45 e 0,60m) e não diferiu do maior (0,90m), o que foi devido à melhor distribuição das plantas obtidas nessa condição (0,75x0,53m). Plantas com mais espaço disponível, ou seja, com menor competição, apresentam maior crescimento vegetativo e normalmente produzem maior número de racemos e, conseqüentemente, maior número de grãos.

O diâmetro do caule foi reduzido linearmente pelo aumento da população de plantas, não havendo efeitos do espaçamento e da interação entre os fatores (Tabela II). Sob menores populações, as plantas têm provavelmente uma maior disponibilidade de luz devido à menor competição, logo estas apresentam maiores taxa fotossintética e, conseqüentemente capacidade de acumular maior quantidade de fotoassimilados no caule (Carvalho *et al.*, 2010). O decréscimo no diâmetro caulinar com o aumento da população de plantas na área também foi verificado Kittock e Williams (1970), Bizinoto *et al.* (2010) e Carvalho *et al.* (2010).

A altura de planta foi influenciada apenas pelo espaçamento entre fileiras (Tabela II),

TABELA III
DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA REFERENTE À MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA DA MAMONA CULTIVAR IAC 2028, NA MÉDIA DE DOIS ANOS AGRÍCOLAS

Espaçamento (m)	População (plantas/ha)				Regressão	R ²
	25000	40000	55000	70000		
	Matéria seca (g/planta)					
0,45	100,9c	111,7a	94,8a	75,7a	y= 124,97 -0,00062**x	0,67
0,60	117,0bc	98,7a	87,4a	67,6a	y= 143,14 -0,00106**x	0,99
0,75	146,8a	96,5a	85,0a	76,5a	y= 263,39 -0,00590**x + 0,000001**x ²	0,98
0,90	127,6ab	92,7a	76,9a	83,3a	y= 232,99 -0,00536**x + 0,000001**x ²	1,00

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p≤0,05), ns: não-significativo, **: p<0,01.

sendo que independentemente da população de plantas utilizada o espaçamento mais largo proporcionou maior altura da planta. O maior adensamento das plantas na fileira, provavelmente, proporcionou maior competição por luz e, conseqüentemente, estiolamento das mesmas. Em condições de competição, as plantas respondem com um crescimento mais rápido da altura a fim de evitar o sombreamento e aumentar suas chances de crescer acima do dossel, o que, porém, sacrifica o aumento do diâmetro do caule e da matéria seca da parte aérea (Taiz e Zeiger, 2004). A alteração no arranjo de plantas também afeta a qualidade de luz interceptada e ocasiona maior absorção de luz na faixa do vermelho (V) e maior reflexão na do vermelho extremo (VE). Assim, sob tais condições, as plantas recebem mais luz VE refletida, aumentando a relação VE/V, o que promove modificações em seu crescimento, tais como caules mais compridos, porém, mais finos (Kasperbauer e Karlen, 1994; Bizinoto *et al.*, 2010). Objetivando a colheita mecanizada, é desejável que as plantas de mamona tenham caules mais

finos e porte reduzido (Lopes *et al.*, 2008).

Apesar dos efeitos no diâmetro do caule e na altura da planta, a altura média de inserção do primeiro racemo não sofreu influência dos fatores estudados (Tabela II). De acordo com Severino *et al.* (2006a) as mudanças na altura de inserção do primeiro racemo é um indicativo de que o estreitamento do espaçamento entre fileiras, sem alterar o espaçamento entre plantas na fileira, proporciona maior número de plantas por área e, consequen-

temente, maior crescimento das plantas, o que pode ser devido à maior competição por luz. Porém, isso não foi observado no presente estudo, quando que avaliou os dados médios dos dois anos agrícolas.

O número de racemos por planta foi influenciado pelo espaçamento entre fileiras e população de plantas (Tabela IV). O maior número de racemos por planta foi obtido no espaçamento de 0,60m entre fileiras, porém, não diferindo dos espaçamentos de 0,45 e 0,75m. O aumento do espaçamento entre

TABELA IV
NÚMERO DE RACEMOS POR PLANTA, NÚMERO DE FRUTOS POR RACEMO, NÚMERO DE GRÃOS POR FRUTO E MASSA DE 100 GRÃOS DA MAMONA CULTIVAR IAC 2028 EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS E POPULAÇÃO DE PLANTAS, NA MÉDIA DE DOIS ANOS AGRÍCOLAS

Tratamentos	Nº de racemos/planta	Nº de frutos/racemo	Nº de grãos/fruto	Massa de 100 grãos (g)
Espaçamento (m)				
0,45	2,5 ab	37,2 a	2,70 b	40,3 a
0,60	2,6 a	34,2 ab	2,83 a	39,7 a
0,75	2,5 ab	35,7 a	2,86 a	39,8 a
0,90	2,2 b	30,9 b	2,87 a	40,6 a
CV (%)	12,0	9,4	1,9	3,4
População (plantas/ha ⁻¹)				
25000	3,3 ⁽¹⁾	41,8 ⁽²⁾	2,78	41,0 ⁽³⁾
40000	2,5	35,1	2,85	40,2
55000	2,2	31,3	2,81	39,9
70000	1,9	29,8	2,84	39,3
CV (%)	6,9	7,6	2,6	3,2
Teste F				
Espaçamento (E)	5,24 *	11,18 **	35,50**	1,91 ns
População inicial (P)				
Reg. Linear	524,66 **	183,29 **	3,82ns	14,76 **
Reg. Quadrática	35,80 **	15,69 **	1,16ns	0,16 ns
E×P	1,83 ns	1,19 ns	1,33ns	1,07 ns

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, dentro do fator espaçamento, são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (p≤0,05), ns: não-significativo, *: p<0,05 e **: p<0,01.

⁽¹⁾ y = 4,978 -0,000083**x + 0,000000001**x²; R²= 0,99

⁽²⁾ y = 58,50 -0,000815**x + 0,00000001**x²; R²= 0,98

⁽³⁾ y = 41,86 -0,000037**x; R²= 0,96.

fileira de 0,60 para 0,90m reduziu em 15,4% o número de racemos por planta. A distribuição mais espaçada das plantas, proporcionada pelos menores espaçamentos, provavelmente reduziu a competição entre elas e, conseqüentemente, fez com que produzissem maior número de estruturas reprodutivas, conforme também foi observado por Vale (2009).

O aumento da população de plantas reduziu significativamente o número de racemos por planta independentemente do espaçamento utilizado (Tabela IV). Sob maior população as plantas sofrem maior competição e produzem menor número de estruturas reprodutivas, como também foi observado por Kittock e Williams (1970) e Bizinoto *et al.* (2010).

Para o número de frutos por racemo pôde-se constatar influência de ambos os fatores (Tabela IV). O maior espaçamento entre fileiras proporcionou menor número de frutos por racemo, sendo o maior valor dessa variável (37,2 frutos/racemo) obtido no menor espaçamento (0,45m) entre fileiras, que não diferiu dos espaçamentos de 0,60 e 0,75m. O aumento da população de plantas também reduziu o número de frutos por racemo. Em condições de alta competição, especialmente por luz, proporcionada pela maior população na área ou pelo maior adensamento das mesmas na fileira, as plantas produzem menor quantidade de matéria seca (Tabela s II e III), conseqüentemente, possuem menor aparato fotossintético, refletindo em menor produção de estruturas reprodutivas (Taiz e Zeiger, 2004).

Apesar do número de grãos por fruto ser uma característica de alta herdabilidade e pouco influenciada pelo ambiente, ou por fatores exógenos (Freire *et al.*, 2007), verificou-se que essa variável foi influenciada pelo espaçamento entre fileiras (Tabela IV). O menor espaçamento proporcionou o menor número de grãos por fruto, diferindo dos demais espaçamentos.

Independentemente do espaçamento entre fileiras, o aumento da população de plantas

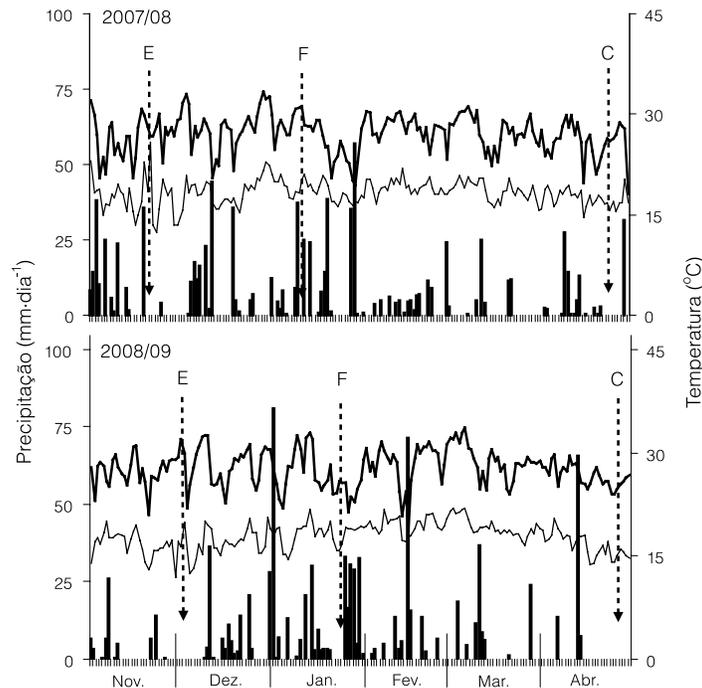


Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperaturas máxima (—) e mínima (---), obtidas na área do experimento, durante o período de novembro a abril dos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09, e datas de emergência (E), início do florescimento (F) e colheita (C) da cultura da mamoneira IAC 2028.

reduziu linearmente a massa de 100 grãos (Tabela IV). Sob condição de maior competição por luz as plantas provavelmente apresentaram menor taxa fotossintética, o que pode ter

interferido na formação e enchimento dos grãos. De maneira geral, os valores de massa de 100 grãos obtidos no presente trabalho foram inferiores à relatada por Savy Filho *et al.*

TABELA V
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, TEOR DE ÓLEO NOS GRÃOS E PRODUTIVIDADE DE ÓLEO DA MAMONA CULTIVAR IAC 2028 EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS E POPULAÇÃO DE PLANTAS, NA MÉDIA DE DOIS ANOS AGRÍCOLAS

Tratamentos	Produtividade de grãos kg·ha ⁻¹	Teor de óleo no grão %	Produtividade de óleo kg·ha ⁻¹
Espaçamento (m)			
0,45	3893 a	50,1 a	1702 a
0,60	3796 a	50,5 a	1664 a
0,75	3681 a	50,9 a	1631 a
0,90	3098 b	49,5 a	1335 b
CV (%)	13,5	4,4	15,4
População (plantas/ha)			
25000	3454	50,3	1517
40000	3.89	50,6	1670
55000	3602	50,3	1574
70000	3623	49,8	1571
CV (%)	11,2	2,2	11,3
Teste F			
Espaçamento (E)	8,54 **	1,19 ns	7,60 **
População inicial (P)			
Reg. Linear	0,49 ns	1,95 ns	0,11 ns
Reg. Quadrática	2,38 ns	1,91 ns	3,05 ns
E×P	3,05 *	1,09 ns	2,52 *

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, dentro do fator espaçamento, são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), ns: não-significativo, *: $p < 0,05$ e **: $p < 0,01$.

(2007). Porém, deve-se ressaltar que os referidos autores utilizaram população de 10000 plantas/ha, na safra de verão, o que justifica os resultados, visto que, a menor população estudada nesse trabalho foi de 25000 plantas/ha.

A produtividade de grãos foi influenciada pelo espaçamento entre fileiras e pela interação entre os fatores (Tabela V). O aumento da população de plantas proporcionou incremento na produtividade de grãos apenas no espaçamento entre fileiras mais estreito (Tabela VI). Especialmente nas maiores populações de plantas, os espaçamentos menores proporcionaram menor produtividade de grãos. As maiores produtividades obtidas com a utilização de maiores populações de plantas e espaçamento reduzido deve-se à melhor distribuição das plantas, o que proporcionou a melhor relação entre número de racemos por planta, número de frutos por racemo, número de grãos por fruto e massa dos grãos. Severino *et al.* (2006c) utilizando a cultivar BRS Nordestina (porte médio), verificaram que espaçamentos entre fileiras mais estreitos, sem altera-

ção da distância entre plantas na fileira, proporcionaram maior produtividade em relação os espaçamentos mais largos, indicando que o adensamento populacional poderia ser adotado como forma de aumentar a produtividade. Contudo, quando se trabalha com elevadas populações de plantas (>25000 plantas/ha), apenas o aumento da densidade de plantas na fileira pode não ser eficiente em aumentar a produtividade de grãos da cultura da mamona de porte baixo. Para Rocha *et al.* (1964), a aglomeração de plantas na fileira promove redução na taxa de sobrevivência das plantas e na produtividade de grãos.

Deve-se destacar que em todos os tratamentos foram obtidas produtividades de grãos superiores a 3000kg·ha⁻¹. Em experi-

TABELA VI
DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO SIGNIFICATIVA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA
DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E DE ÓLEO DA MAMONA CULTIVAR IAC 2028,
NA MÉDIA DE DOIS ANOS AGRÍCOLAS

Espaçamento (m)	População (plantas/ha)				Regressão	R ²
	25000	40000	55000	70000		
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)					
0,45	3404 a	3743 ab	4293 a	4133 a	y = 3026,3 + 0,01826**x	0,78
0,60	3627 a	4196 a	3578 ab	3782 ab	ns	-
0,75	3775 a	4050 a	3422 b	3478 ab	ns	-
0,90	3015 a	3165 b	3113 b	3099 b	ns	-
	Produtividade de óleo (kg ha ⁻¹)					
0,45	1474 a	1623 ab	1903 a	1807 a	y = 1296,0 -0,00854**x	0,75
0,60	1600 a	1846 a	1569 ab	1641 ab	ns	-
0,75	1679 a	1828 a	1499 b	1518 ab	ns	-
0,90	1315 a	1384 b	1325 b	1316 b	ns	-

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p≤0,05), ns: não-significativo, e **: p<0,01.

mentos realizados em três locais do Estado de São Paulo, Brasil (Adamantina, Pindorama e Campinas) e em quatro anos agrícolas, com a cultivar IAC 2028, Savy Filho *et al.* (2007) verificaram produtividade média de 1950kg·ha⁻¹. Os autores ainda relatam que, em 2006, o ensaio foi conduzido em safriinha (março a agosto), com 350mm de chuvas mal distribuídas ao longo do ciclo, ficando abaixo das exigências da cultura, que é cerca de 700mm. Assim, vale ressaltar que a disponibilidade hídrica total que foi de >750mm, bem distribuída ao longo do ciclo (Figura 1), justifica as elevadas produtividades de grãos obtidas nesse trabalho.

O teor de óleo nos grãos não foi influenciado por nenhum dos fatores estudados (Tabela V). Kittock e Williams (1970) também não verificaram alteração no teor de óleo nos grãos da mamoneira submetida à diferentes populações de plantas. Cabe destacar que em todos os tratamentos, os teores de óleo foram superiores ao relatado para essa cultivar (47%) por Savy Filho *et al.* (2007).

A produtividade de óleo foi influenciada pelo espaçamento entre fileiras e pela interação entre os fatores (Tabela V). Nas maiores populações de plantas, os espaçamentos mais largos proporcionaram menor produtividade de grãos e o aumento da população de plantas proporcionou incremento na produtividade de grãos apenas em combinação com o menor espaçamento entre

fileiras, ou seja, resultados semelhantes aos observados para a produtividade de grão, o que era esperado, já que os fatores não alteraram o teor de óleo nos grãos (Tabela s V e VI).

Conclusões

O aumento da população de plantas diminuiu a sobrevivência de plantas, o acúmulo de matéria seca, o diâmetro do caule, o número de racemos por planta, o número de frutos por racemo e a massa dos grãos.

Nas maiores populações de plantas, o melhor arranjo de plantas, proporcionado pelo menor espaçamento entre fileiras (0,45m), proporcionou as maiores produtividades de grãos e de óleo da cultivar IAC 2028.

O aumento da população de plantas incrementou a produtividade de grãos e óleo apenas quando foi utilizado no menor espaçamento entre fileiras.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor recebeu bolsa da Fapesp. O segundo e terceiro autores receberam bolsas do CNPq.

REFERÊNCIAS

Barnes DJ, Baldwin BS, Braasch DA (2009) Degradation of ricin in castor seed meal by temperature and chemical treatments. *Indust. Crops Prod.* 29: 509-512.

Bizinoto TKMC, Oliveira EG, Martins SB, Souza AS, Gotardo M (2010) Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. *Bragantia* 69: 367-370.

Carvalho EV, Sá CHAC, Costa JL, Afférrri FS, Siebeneichler SC (2010) Densidade de plantio em duas cultivares de mamona no Sul do Tocantins. *Rev. Ciênc. Agron.* 41: 387-392.

Conab (2010) *Comparativo Safras -Série histórica*. Conselho Nacional de Abastecimento. Brasília, Brasil. www.conab.gov.br (Cons. 12/12/2010).

Diniz BLMT, Távora FJAF, Diniz Neto MA (2009) Manipulação do crescimento da mamoneira através da poda em diferentes densidades populacionais. *Rev. Ciênc. Agron.* 40: 570-577.

Faostat (2011) *Production - Castor Oil Seeds, 2009*. United Nations Food and Agriculture Organization. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567> (Cons. 24/02/2011).

Freire EC, LIMA EF, Andrade FP, Milani M, Nóbrega MBM (2007) Melhoramento genético. Em Azevedo DMP, Beltrão NEM (Eds.) *O Agronegócio da Mamona no Brasil*. 2ª ed. Ver. e ampl. Embrapa Algodão. Campina Grande, Brasil. pp. 169-194.

Jeong GT, Park DH (2009) Optimization of biodiesel production from castor oil using response surface methodology. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 156: 431-441.

Kasperbauer MJ, Karlen DL (1994) Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. *Crop Sci.* 34: 1564-1569.

Kittock DL, Williams JH (1970) Effects of plant population on

castorbean yield. *Agron. J.* 62: 527-529.

Lopes, FFM, Beltrão NEM, Lopes Neto JP, Pedroza JP (2008) Crescimento inicial de genótipos de mamoneira com sementes submetidas ao envelhecimento acelerado. *Rev. Bras. Oleag. Fibr.* 12: 69-79.

Nass LL, Pereira PAA, Ellis D (2007) Biofuels in Brazil: An overview. *Crop Sci.* 47: 2228-2237.

Novo MCSS, Ramos NP, Lago AA, Marin GC (2007) Efeito da adição de palha de cana-de-açúcar e da aplicação de vinhaça ao solo no desenvolvimento inicial de três cultivares de mamona. *Rev. Bras. Sem.* 29: 125-130.

Rocha JLV, Conecchio Filho V, Freire ES, Scaranari H, Pettinelli A (1964) Adubação da mamoneira. IV -Experiências de espaçamento x adubação (2ª série). *Bragantia* 23: 257-269.

Savy Filho A, Amorim EP, Ramos NP, Martins ALM, Cavichioli JC (2007) IAC-2028: nova cultivar de mamona. *Pesq. Agropec. Bras.* 42: 449-452.

Severino LS, Ferreira GB, Moraes CRA, Gondim TMS, Freire WSA, Castro DA, Cardoso GD, Beltrão NEM (2006a) Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. *Pesq. Agropec. Bras.* 41: 563-568.

Severino LS, Moraes CRA, Gondim TMS, Cardoso GD, Beltrão NEM (2006b) Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. *Rev. Ciênc. Agron.* 37: 50-54.

Severino LS, Coelho DK, Moraes CRA, Gondim TMS, Vale LS (2006c) Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira cultivar BRS Nordestina. *Rev. Bras. Oleagin. Fibr.* 10: 993-999.

Taiz L, Zeiger E (2004) *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed. Artmed. Porto Alegre, Brasil. 719 pp.

Tourinho MCC, Rezende PM, Salvador N (2002) Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônomicas da soja. *Pesq. Agropec. Bras.* 37: 1071-1077.

Vale LS (2009) *Crescimento e Produtividade da Mamoneira BRS Energia Submetida a Diversos Espaçamentos*. Tese. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, Brasil. 31 pp.

Weiss EA (1983) *Oilseed Crops*. Longman. Londra, RU. 660 pp.