

Desempenho da mamoneira IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e população de plantas na safrinha

Genivaldo David de Souza-Schlick ⁽¹⁾; Rogério Peres Soratto ⁽²⁾; Coralie Bussamra Pasquali ⁽³⁾; Adalton Mazetti Fernandes ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCA/UNESP), Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura), Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu (SP).

⁽²⁾ FCA/UNESP, Departamento de Produção Vegetal, 18603-970 Botucatu (SP).

⁽³⁾ FCA/UNESP, Curso de Graduação em Agronomia, 18603-970 Botucatu (SP).

^(*) Autor correspondente: soratto@fca.unesp.br

Recebido: 18/mai./2010; Aceito: 31/ago./2010

Resumo

Com o lançamento de novas cultivares de mamona de porte baixo e frutos indeiscentes, adequadas para o cultivo mecanizado, faz-se necessário estabelecer adequados espaçamentos e populações de plantas para esses materiais, também em condições de safrinha. Assim, objetivou-se avaliar a influência do espaçamento entre fileiras e da população de plantas no desempenho da cultivar de mamona IAC 2028, no período de safrinha. O experimento foi realizado durante 2008 e 2009, em Latossolo Vermelho distroférico, em Botucatu (SP). 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 0,90 m) e as subparcelas por quatro populações iniciais de plantas (25.000, 40.000, 55.000 e 70.000 plantas ha⁻¹). Nos espaçamentos entre fileiras mais largos constatou-se menor crescimento das plantas e valores reduzidos de número de racemos por planta, número de frutos por racemo, produtividade de grãos e produtividade de óleo. Nas populações de plantas mais elevadas foram contatadas menor produção de matéria seca da parte aérea, diâmetro do caule, componentes da produção e maiores alturas de inserção do primeiro racemo. A produtividade de grãos foi pouco influenciada pelas populações de plantas estudadas, especialmente nos menores espaçamentos entre fileiras. As produtividades mais elevadas da mamoneira cultivar IAC 2028 na safrinha foram obtidas com os espaçamentos entre fileiras mais estreitos. É possível o cultivo da mamoneira de ciclo curto IAC 2028 na safrinha, na região de Botucatu (SP), nos espaçamentos entre fileiras de 0,45 e 0,60 m.

Palavras-chave: *Ricinus communis*, arranjo espacial, densidade de plantas, produtividade de grãos, teor de óleo.

Castor bean IAC 2028 performance as affected by row spacing and plant population in out-of-season cropping

Abstract

With the release of new low height castor bean cultivars with indehiscent fruit and suitable for mechanized cultivation, it is necessary to establish adequate row spacing and plant population for these materials. Thus, the objective of this study was to evaluate row spacing and plant population influence on the performance of castor bean cultivar IAC 2028 in out-of-season cropping. The experiment was carried out in 2008 and 2009, on a Haplorthox in Botucatu county, State of São Paulo, Brazil. A randomized complete block design was used in a split-plot scheme with four replications. The plots were composed by four row spacings (0.45, 0.60, 0.75 and 0.90 m) and subplots comprised four initial plant populations (25,000, 40,000, 55,000, and 70,000 plants ha⁻¹). The largest row spacing provided the lower plant growth, number of racemes per plant, number of fruits per raceme, grain and oil yields. The highest plant populations provided smaller aboveground dry matter, stem diameter, yield components, and higher height of the first raceme insertion. Grain yield was little affected by plant populations, mainly in small row spacings. The smallest row spacings provided higher grain yields of castor bean cultivar IAC 2028 in out-of-season cropping, being recommended 0.45 and 0.60 m row spacings.

Key words: *Ricinus communis*, spatial arrangement, plant density, grain yield, oil content.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil já foi o maior produtor mundial de mamona (*Ricinus communis* L.) e exportador do óleo extraído dos grãos desta oleaginosa. Atualmente, o país é o 3.º maior produtor (FAO, 2009), com produção de aproximadamente 120 mil toneladas na safra de 2007/2008, porém, com produtividade média ainda reduzida, cerca de 760 kg ha⁻¹ (CONAB, 2010).

Com o lançamento de cultivares com grande 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 cultura da mamona passou a ser interessante também para médios e grandes produtores, inclusive como opção para rotação de culturas, no período de safrinha, no qual a viabilidade de outras culturas pode ser comprometida pela limitação hídrica, já que se constata relativa tolerância à deficiência hídrica na mamoneira (SAVY FILHO, 2005). Porém, no cultivo em grande escala são exigidas tecnologias mais eficientes para que seja expresso o potencial produtivo do material.

Para qualquer cultura, o conhecimento da combinação ótima do espaçamento entre fileiras e da densidade de plantas na fileira é essencial para a maximização econômica da produção (HENDERSON et al., 2000), sendo uma das tecnologias de mais simplicidade de aplicação (SEVERINO et al., 2006a). Entretanto, o arranjo adequado de plantas é dependente de características intrínsecas da cultivar, como porte, hábito de crescimento e arquitetura de planta (BEZERRA et al., 2009), bem como das condições edafoclimáticas e do sistema de manejo (SEVERINO et al., 2006a,c).

Para a mamoneira de porte baixo, a definição da população de plantas e o espaçamento entre fileiras ideais é um aspecto complexo (SEVERINO et al., 2006a; AZEVEDO et al., 2007). Segundo os autores, no material disponibilizado no mercado há grande variação no hábito de crescimento e no desempenho quanto às condições de cultivo. Em densidades populacionais elevadas são proporcionadas plantas muito altas e sujeitas ao acamamento. Por outro lado, com populações menos densas é facilitada a infestação de plantas daninhas e a formação de plantas com floração tardia e ramos laterais longos, sendo inviabilizada a colheita mecanizada (SEVERINO et al., 2006c).

Além da competição por luz e nutrientes, um dos fatores de mais influência na definição do espaçamento e da população de plantas mais adequados para a mamoneira de porte baixo é a disponibilidade hídrica (CANECCHIO FILHO e FREIRE, 1959; KITTOCK e WILLIAMS, 1970; AZEVEDO et al., 2007). CANECCHIO FILHO (1954), com base na análise conjunta de 16 experimentos, em diversas localidades do Estado de São Paulo, concluiu que, com mais densidade populacional na fileira, no espaçamento entre fileiras de 1,0 m, foram proporcionados maiores valores de produtivi-

dade da mamoneira anã IAC-38. Para CANECCHIO FILHO e FREIRE (1959), em condições favoráveis de chuva, nos espaçamentos mais estreitos (mais plantas por área) foram obtidas produtividades mais elevadas; já em condições de deficiência hídrica, dessa mesma situação não ocorreu elevada produtividade, mesmo em solo de muita fertilidade. Segundo KITTOCK e WILLIAMS (1970), a população ideal de plantas para a mamoneira de porte baixo, em condições irrigadas, foi de 58.000 plantas ha⁻¹, enquanto em condições de sequeiro, a população ideal foi próxima de 30.000 plantas ha⁻¹, no espaçamento entre fileiras de 1,02 m. No Brasil, na maioria dos estudos com a mamoneira foram utilizados espaçamentos com largura mínima de 1,0 m e populações reduzidas de plantas (CANECCHIO FILHO, 1954; CANECCHIO FILHO e FREIRE, 1959; SEVERINO et al., 2006a, c). Assim, ainda existem muitas dúvidas a respeito do desempenho das cultivares de mamona de porte baixo recentemente lançadas, quando cultivadas no período de safrinha, em espaçamentos entre fileiras mais estreitos e populações de plantas mais elevadas que os tradicionalmente utilizados para a cultura.

Nesse contexto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a influência do espaçamento entre fileiras e da população de plantas no crescimento e na produtividade da cultivar de mamona IAC 2028, no período de safrinha.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Botucatu, SP (48°23' W e 22°58' S; 740 m de altitude), no período de safrinha (outono-inverno) de 2008 e 2009. 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 (EMBRAPA, 2006). Antes da instalação do experimento, em cada ano, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-0,20 m, para caracterização química (RAIJ et al., 2001). Em 2008 os resultados foram: matéria orgânica: 38 g dm⁻³, pH (CaCl₂): 5,0, P (resina): 39 mg dm⁻³, K, Ca, Mg e CTC: 4,1, 31, 9 e 95 mmol_c dm⁻³ respectivamente e saturação por bases de 46%. Na área utilizada em 2009 os resultados foram: matéria orgânica: 40 g dm⁻³, pH (CaCl₂): 5,6, P (resina): 26 mg dm⁻³, K, Ca, Mg e CTC: 2,6, 43, 22 e 97 mmol_c dm⁻³ respectivamente e saturação por bases de 70%.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro espaçamentos entre fileiras (0,45, 0,60, 0,75 e 0,90 m) e as subparcelas por quatro populações de plantas (25.000, 40.000, 55.000 e 70.000 plantas ha⁻¹). Cada unidade experimental foi constituída por 10, 6, 6 e 6 fileiras nos

espaçamentos de, respectivamente, 0,45, 0,60, 0,75 e 0,90 m e 5 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as linhas centrais, desprezando 0,5 m na extremidade de cada fileira de plantas e uma fileira de cada lado da unidade experimental.

A cultivar IAC 2028, obtida por meio da hibridação artificial entre a linhagem L881, desenvolvida por seleção massal dentro da cultivar IAC-38, e a progênie H34, é bem adaptada às condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo, de porte baixo (150-180 cm), frutos indeiscentes, moderada suscetibilidade a doenças, em especial ao fungo mofo-cinza (*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 2.000 kg ha⁻¹, sendo adequada para colheita mecanizada com automotriz (SAVY FILHO et al., 2007).

Em 20/2/08 e 23/2/2009 as plantas presentes na área foram dessecadas mediante a aplicação de herbicida glifosate na dose de 1.440 g ha⁻¹ do i.a. A instalação do experimento foi realizada em sistema plantio direto. A abertura dos sulcos e distribuição do adubo foi realizada com uma semeadora-adubadora tratorizada, regulada de acordo com o espaçamento. A adubação básica de semeadura constou da aplicação, em todos os tratamentos, de 150 kg ha⁻¹ da fórmula-NPK 08-28-16, seguindo as recomendações de SAVY FILHO (1996).

A semeadura foi realizada manualmente em 8/3/08 e 10/3/2009, colocando-se no sulco as quantidades de sementes necessárias para a obtenção do dobro das populações de plantas pretendidas para cada tratamento. As sementes foram tratadas com o fungicida carboxin+tiram (60+60 g do i.a por 100 kg de sementes) e com o inseticida tiametoxam (140 g do i.a. por 100 kg de sementes). A emergência das plântulas ocorreu em 18/3/08 e 20/3/09. Aos 10 dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste deixando-se a população de plantas planejada para cada tratamento.

A adubação de cobertura foi realizada aos 30 DAE, aplicando-se 60 kg 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-cinza foi realizado mediante aplicações dos fungicidas a partir do início do florescimento.

No início do florescimento (27/5/2008 e 30/5/2009) foi determinada a massa de matéria seca da parte aérea das plantas, coletando-se cinco plantas por parcela e secando-as em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, por 72 horas.

As colheitas foram realizadas em 9/9/2008 e 28/9/2009. Nesta ocasião foram avaliados: diâmetro do caule (no primeiro internódio da planta), altura de planta (distância entre o solo e o ponto mais alto da planta), altura de inserção do 1.º racemo (distância entre o solo e o ponto de inserção do racemo), população final de plantas; número de racemos por planta, número de frutos por racemo, número médio

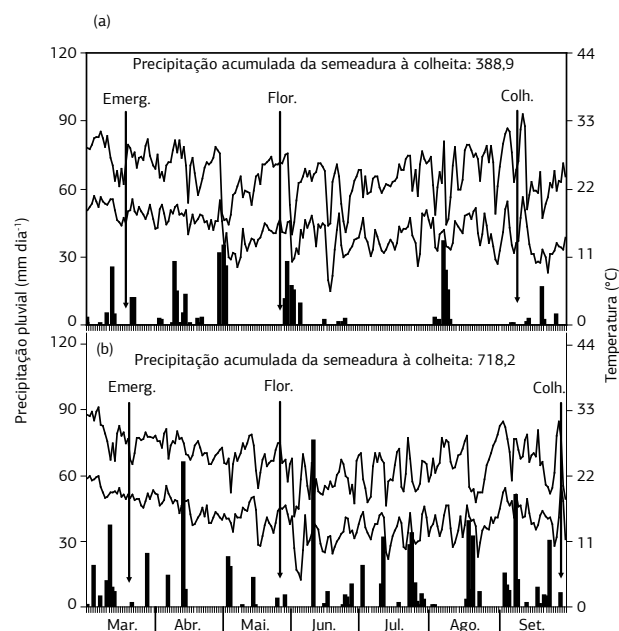


Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperaturas máxima e mínima (—), obtidas na área do experimento, durante o período de março a setembro, nos anos 2008 (a) e 2009 (b), e datas de emergência, início do florescimento e colheita da mamoneira cultivar IAC 2028. Botucatu (SP).

de grãos por fruto, massa de cem grãos e produtividade de grãos, em kg ha⁻¹ (13% de umidade).

Após a colheita os grãos foram secados em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, por 24 horas e determinado o teor de óleo (base seca), por ressonância magnética nuclear, e a produtividade de óleo, em kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, segundo o esquema de análise conjunta de experimentos em parcelas subdivididas (CAMPOS, 1984). O fator espaçamento entre fileiras foi considerado qualitativo, enquanto a população de plantas foi considerada fator quantitativo. Assim, as médias referentes aos espaçamentos foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$), 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 ($p < 0,05$). Foram realizadas análises de correlação simples entre as características agrônômicas da cultura da mamona, visando determinar o grau de associação entre elas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como as interações ano x espaçamento, ano x população de plantas ou ano x espaçamento x população de plantas na análise conjunta foram significativas para a maioria das variáveis estudadas, optou-se por analisar os efeitos de espaçamento entre fileiras e população de plantas em cada ano separadamente.

Praticamente não houve diferenças entre as populações de plantas previamente estabelecidas e as obtidas na colheita (Tabela 1). Para ROCHA et al. (1964), com o aumento da população de plantas, ou mais especificamente com o adensamento das plantas na fileira, é proporcionada redução da população final de plantas. Contudo, tal efeito não foi observado no presente experimento.

Houve influência do espaçamento entre fileiras e da população de plantas na massa de matéria seca da parte aérea, nos dois anos (Tabela 2). Em 2008, os maiores valores (71,7 e 73,3 g) de matéria seca foram observados nos espaçamentos mais estreitos (0,45 e 0,60 m). No segundo ano, a produção de matéria seca da parte aérea (56,6 g)

mais elevada foi proporcionada no espaçamento de 0,90 m entre fileiras, porém, sendo diferente apenas daquela obtida no espaçamento de 0,75 m, em que o valor médio foi de 47,8 g. Com o aumento da população de plantas houve decréscimo na produção de matéria seca da parte aérea, em ambos os anos (Figura 2a,b). A produção de matéria seca mais elevada na população de 25.000 plantas ha⁻¹ foi em função do maior crescimento das plantas, que, provavelmente, foi favorecido pela menor competição entre elas, resultando em maior crescimento individual. Com o aumento da população de plantas na área é reduzida a distância entre as plantas na fileira e, consequentemente, aumentada a competição por fatores ambientais

Tabela 1. População final de plantas na colheita da mamoneira cultivar IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e da população inicial de plantas, na safrinha. Botucatu (SP), 2008 e 2009

População inicial	Espaçamento (m)				Média
	0,45	0,60	0,75	0,90	
	plantas ha ⁻¹				
2008					
25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000 (100%) ⁽¹⁾
40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000 (100%)
55.000	52.500	55.000	55.000	55.000	54.375 (98,9%)
70.000	70.000	70.000	69.998	70.000	70.000 (100%)
2009					
25.000	25.000	25.000	24.972	25.000	24.993 (99,9%)
40.000	40.000	39.972	39.611	39.870	39.863 (99,6%)
55.000	55.000	55.000	54.917	54.806	54.930 (99,8%)
70.000	66.667	69.444	69.444	66.667	68.055 (97,2%)

(¹) Valores entre parênteses são indicativos da população final de plantas, em porcentagem da população inicialmente estabelecida.

Tabela 2. Matéria seca da parte aérea, diâmetro do caule, altura da planta, altura de inserção do 1.º racemo e número de racemos por planta da mamoneira cultivar IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e população de plantas, na safrinha. Botucatu (SP), 2008 e 2009

Tratamentos	Matéria seca		Diâmetro do caule		Altura da planta		Altura de inserção do 1.º racemo		Racemos por planta	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Espaçamento (m)	g planta ⁻¹		mm		m		m		número	
0,45	71,7a	50,3ab	24,1ab	23,1a	1,43a	1,27b	0,71a	0,52a	1,7a	1,8a
0,60	73,3a	49,2ab	25,3a	23,1a	1,46a	1,30ab	0,69a	0,54a	1,7a	1,6ab
0,75	59,9b	47,8b	22,6b	23,2a	1,30b	1,28b	0,60b	0,58a	1,6a	1,6ab
0,90	59,6b	56,6a	23,3ab	23,4a	1,30b	1,36a	0,60b	0,62a	1,6a	1,4b
Teste F										
Espaçamento (E)	12,96**	4,66*	5,13*	0,49ns	12,04**	7,01**	18,31**	2,94ns	0,29ns	6,722*
População inicial (P)										
Reg. Linear	176,49**	120,69**	128,60**	1143,15**	0,05ns	91,78**	31,26**	40,06**	155,53**	377,92**
Reg. Quadrática	18,55**	10,46**	9,43**	51,28**	12,19**	0,66ns	1,46ns	1,65ns	47,17**	1,44ns
E x P	1,80ns	1,39ns	1,79ns	1,96ns	2,03ns	2,78*	1,10ns	0,86ns	1,02ns	12,49**
CV _{parcela} (%)	12,5	14,2	8,6	3,5	6,9	4,5	8,2	17,6	16,5	14,9
CV _{subparcela} (%)	13,1	13,7	6,1	3,2	5,2	3,5	8,5	10,8	16,6	12,8

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

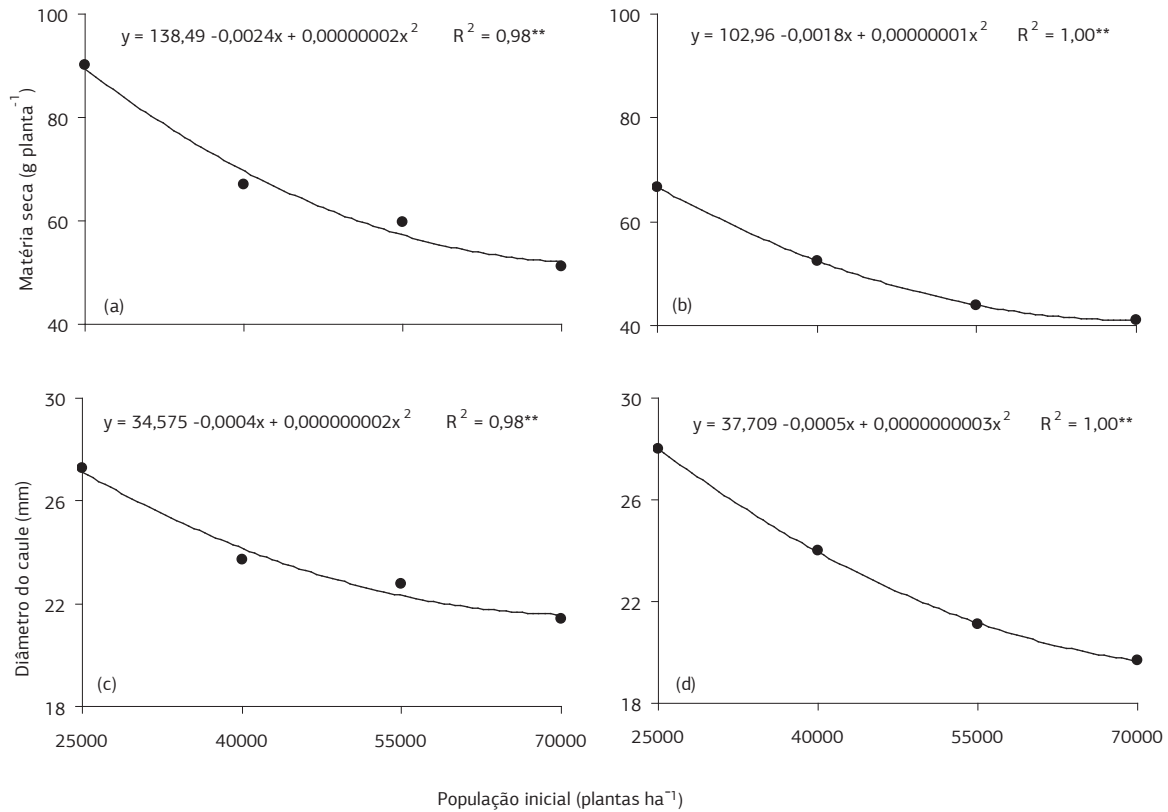


Figura 2. Matéria seca da parte aérea (a,b) e diâmetro do caule (c,d) da mamoneira cultivar IAC 2028 em função da população de plantas e espaçamentos entre fileiras, na safrinha. Botucatu (SP), 2008 (a,c) e 2009 (b,d). ****** $p < 0,01$.

(água, luz e nutrientes) necessários para o seu crescimento (ROCHA et al., 1964), resultando em produção de biomassa reduzida.

No primeiro ano, no espaçamento de 0,60 m foi proporcionado diâmetro maior que o observado no espaçamento de 0,75 m (Tabela 2). No espaçamento entre fileiras de 0,60 m foi proporcionada distribuição mais equidistante das plantas na área, especialmente nas menores populações, o que pode ter reduzido a competição entre estas, com conseqüente incremento na produção de matéria seca e no diâmetro do caule. Contudo, o diâmetro do caule não foi alterado pelo espaçamento, no segundo ano do experimento. Com o aumento na população de plantas foi reduzido o diâmetro do caule, independentemente do espaçamento utilizado, nos dois anos de cultivo (Figura 2c,d), o que pode ser explicado pela maior competição entre as plantas por luz na fileira. Com a alteração no arranjo de plantas é afetada a qualidade de luz interceptada e ocasionada maior absorção de luz na faixa do vermelho (V) e maior reflexão na do vermelho extremo (VE). Em plantas que recebem mais luz VE refletida, ou seja, maior relação VE/V, há alongação e afinamento do caule (KASPERBAUER e KARLEN, 1994). KITTOCK e WILLIAMS (1970) e SEVERINO et al. (2006a) também observaram redução no diâmetro caulinar com o aumento da população de plantas, pelo aumento no número de plantas na fileira ou pela redução do espaçamento entre fileiras.

A altura média das plantas foi influenciada pelo espaçamento entre fileiras e população de plantas, em 2008 (Tabela 2). Em 2009, além da influência isolada dos fatores, houve também efeito da interação. Em 2008, constatou-se que, nas plantas submetidas aos espaçamentos mais estreitos (0,45 e 0,60 m), as alturas foram maiores. VALE (2009) relatou que, com o uso de espaçamentos entre fileiras mais estreitos, é induzido o crescimento excessivo das plantas em altura, podendo ser superior a 2,0 m, mesmo no material de porte baixo. O crescimento pode ser mais pronunciado em solos férteis ou bem adubados, especialmente se houver precipitações pluviárias elevadas durante o ciclo da cultura (SEVERINO et al., 2006a). Em 2009, a maior altura de plantas foi proporcionada no espaçamento entre fileiras mais largo, que foi diferente apenas dos valores obtidos nos espaçamentos de 0,45 e 0,75 m.

Em 2008, a altura de plantas foi influenciada de forma quadrática pela população de plantas, sendo a menor altura proporcionada na população estimada de 50.000 plantas ha⁻¹ (Figura 3a). Em 2009, com o aumento na população de plantas não foi reduzida a altura das plantas apenas no espaçamento de 0,90 m entre fileiras (Figura 3b). Assim, na maior população (70.000 plantas ha⁻¹), no espaçamento de 0,90 m entre fileiras, foi proporcionada maior altura de planta que nos demais. A redução na altura das plantas, com o aumento da população, nos espaçamentos mais estreitos, está relacionada à maior

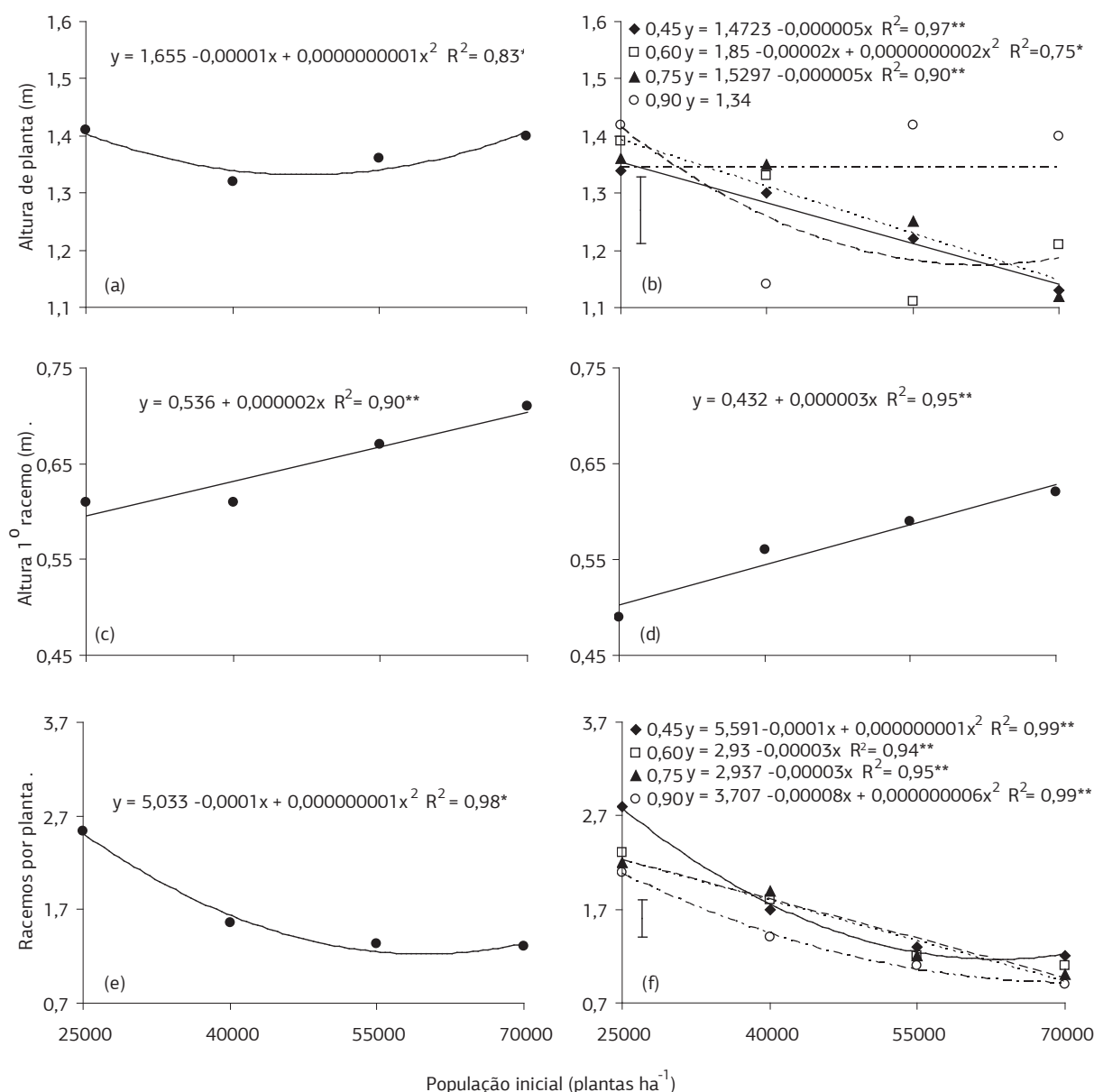


Figura 3. Altura da planta (a,b), altura de inserção do 1.^o racemo (c,d) e número de racemos por planta (e,g) da mamoneira cultivar IAC 2028 em função da população de plantas e espaçamentos entre fileiras, na safrinha. Botucatu (SP), 2008 (a,c,e) e 2009 (b,d,f). Barras verticais são indicativas do valor de DMS pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para o efeito de espaçamento dentro de população. * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$.

competição entre as plantas. Já a ausência de efeito do aumento da população na altura das plantas cultivadas em espaçamento mais largo é decorrente de estiolamento das plantas, uma vez que nestas condições foram constatados menores valores de produção de matéria seca e de diâmetro do caule (Figura 2b,d). Como citado, nas plantas em que a luz refletida é na faixa do VE, ou seja, maior relação VE/V, devido ao maior adensamento, são constatados alongação e afinamento do caule (KASPERBAUER e KARLEN, 1994). Para a realização da colheita mecanizada na cultura da mamona, é desejável que as plantas tenham caules mais finos e porte baixo (LOPES et al., 2008). Apesar de mais disponibilidade hídrica em 2009 (Figura 1), não foram observados maiores valores de matéria seca, diâmetro do caule e altura das plantas (Tabela 2 e Figuras 2 e 3).

A altura de inserção do primeiro racemo também foi alterada pelo espaçamento entre fileiras e pela população de plantas, no primeiro ano; enquanto, no segundo, houve influência apenas da população de plantas (Tabela 2). Em 2008, as maiores alturas de inserção do primeiro racemo foram proporcionadas pelos espaçamentos de 0,45 e 0,60 m entre fileiras. Devido ao incremento da população de plantas, em ambos os anos, foi aumentada linearmente essa variável, sendo os maiores valores observados na população de 70.000 plantas ha⁻¹ (Figura 3c,d). Segundo SEVERINO et al. (2006c), a altura de inserção do primeiro racemo é mais influenciada pelo adensamento de plantas que a altura das plantas da mamoneira, devido ao estiolamento do caule. Nas plantas sob maior competição, especialmente por luz, há maior alongação do caule, em detrimento do seu

diâmetro (KASPERBAUER e KARLEN, 1994; SEVERINO et al., 2006c; SILVA et al., 2006), como foi observado no presente trabalho. KITTOCK e WILLIAMS (1970) determinaram acréscimo na altura de inserção do primeiro racemo e redução da altura da planta, com o aumento da população de plantas, no mesmo espaçamento entre fileiras.

O número de racemos por planta foi influenciado apenas pela população de plantas, no primeiro ano, e por ambos os fatores e pela interação, no segundo ano (Tabela 2). Em 2008, verificou-se que, com o aumento no número de plantas por área, foi reduzido o número de racemos por planta (Figura 3e). Em 2009, devido ao acréscimo na população de plantas também foi reduzido o número de estruturas reprodutivas por planta, porém, no menor espaçamento entre fileiras, especialmente nas menores populações de plantas, foram proporcionados maiores valores dessa variável, provavelmente, pela configuração espacial mais adequada das plantas na área (Figura 3f). Segundo VALE (2009), há tendência para diminuir o número de racemos à medida que é aumentada a população de plantas, visto que, naquelas plantas mais espaçadas, existe mais área de captação de luz, não havendo interferência ou competição igual às plantas em menores espaços, e, portanto, produção de matéria seca mais elevada e arquitetura produtiva mais adequada, podendo ser expresso seu potencial, na emissão de mais racemos.

O número de frutos por racemo foi influenciado por ambos os fatores estudados e pela interação entre eles (Tabela 3). De maneira geral, em ambos os anos de cultivo, com o aumento da população de plantas foi reduzido o número de frutos por racemo (Figura 4a,b). Contudo, em 2008, na menor população de plantas (25.000 plantas ha⁻¹), o maior número de frutos por racemo foi propor-

nado no espaçamento entre fileiras de 0,60 m (Figura 4a). Em 2009, o maior valor dessa variável foi observado no espaçamento de 0,90 m e com 25.000 plantas ha⁻¹ (Figura 4b). Nas menores populações de plantas e espaçamentos entre fileiras, em que é proporcionada distribuição mais adequada das plantas na área, é favorecida a produção de racemos com mais frutos, mesmo que as plantas nessas condições também tenham mais racemos, já que existe correlação positiva entre esses componentes (2008: $r = 0,54$, $p < 0,001$ e 2009: $r = 0,52$, $p < 0,001$). Também foram verificadas correlações significativas entre a produção de matéria seca e o número de racemos por planta (2008: $r = 0,75$, $p < 0,001$ e 2009: $r = 0,70$, $p < 0,001$) e o número de frutos por racemo ((2008: $r = 0,73$, $p < 0,001$ e 2009: $r = 0,66$, $p < 0,001$), indicativo de produção de mais racemos e de frutos por racemos em plantas robustas, ou seja, com quantidade mais elevada de matéria seca.

O número de grãos por frutos não foi alterado pelos fatores estudados (Tabela 3). Este componente da produção é pouco influenciado pelo ambiente, pois é uma característica de elevada herdabilidade (FREIRE et al., 2007).

A massa de cem grãos foi influenciada apenas pela população de plantas, nos dois anos de cultivo (Tabela 3), sendo os valores ajustados a uma equação linear, em 2008 (Figura 4c), e quadrática, em 2009 (Figura 4d). Para SANGOI (2000), o decréscimo na massa de cem grãos possivelmente está associado ao aumento da competição intraespecífica provocada pelo aumento da população de plantas. Esse problema pode ser agravado nas situações de desuniformidade de desenvolvimento das plantas, em que as “plantas dominadas” são mais afetadas pelo aumento da população de plantas, demonstrando-se que os efeitos da competição

Tabela 3. Número de frutos por racemo, número de grãos por fruto, massa de 100 grãos, produtividade de grãos, teor de óleo nos grãos e produtividade de óleo da mamoneira cultivar IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e população de plantas, na safrinha. Botucatu (SP), 2008 e 2009

Tratamentos	Frutos por racemo		Grãos por fruto		Massa de 100 grãos		Produtividade de grãos		Teor de óleo nos grãos		Produtividade de óleo	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Espaçamento (m)	número				g		kg ha ⁻¹		%		kg ha ⁻¹	
0,45	26,5a	16,7bc	2,52a	2,79a	48,5a	52,8a	2.297a	1.780ab	49,2a	47,4a	984a	735ab
0,60	27,8a	18,1a	2,52a	2,79a	47,5a	54,0a	2.430a	1.849a	48,7a	48,5a	1.029a	781a
0,75	23,5b	16,7c	2,49a	2,82a	48,1a	55,0a	1.991b	1.669bc	48,0a	46,7a	833b	681bc
0,90	23,2b	17,6ab	2,50a	2,77a	48,3a	55,2a	1.871b	1.537c	48,3a	45,9a	787b	614c
Teste F												
Espaçamento (E)	16,38**	15,77**	0,36ns	1,09ns	0,68ns	1,73ns	45,00**	12,46**	0,85ns	1,81ns	22,47**	17,82**
População inicial (P)												
Reg. Linear	187,00**	210,38**	0,50ns	1,52ns	16,50**	0,06ns	3,64ns	3,93ns	3,31ns	3,83ns	4,39ns	0,19ns
Reg. Quadrática	8,33**	1,44ns	0,00ns	0,00ns	1,64ns	5,58*	39,05**	3,69ns	1,91ns	2,51ns	38,00**	5,45ns
E x P	5,35**	12,49**	1,70ns	1,23ns	1,86ns	0,91ns	2,95**	6,39**	0,59ns	0,83ns	2,71*	6,10**
CV _{parcela} (%)	8,9	4,7	4,0	2,5	4,2	6,2	7,2	9,0	5,0	5,9	10,8	9,7
CV _{subparcela} (%)	8,4	4,6	6,1	3,4	3,3	3,9	10,7	8,8	2,7	6,8	11,4	10,4

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

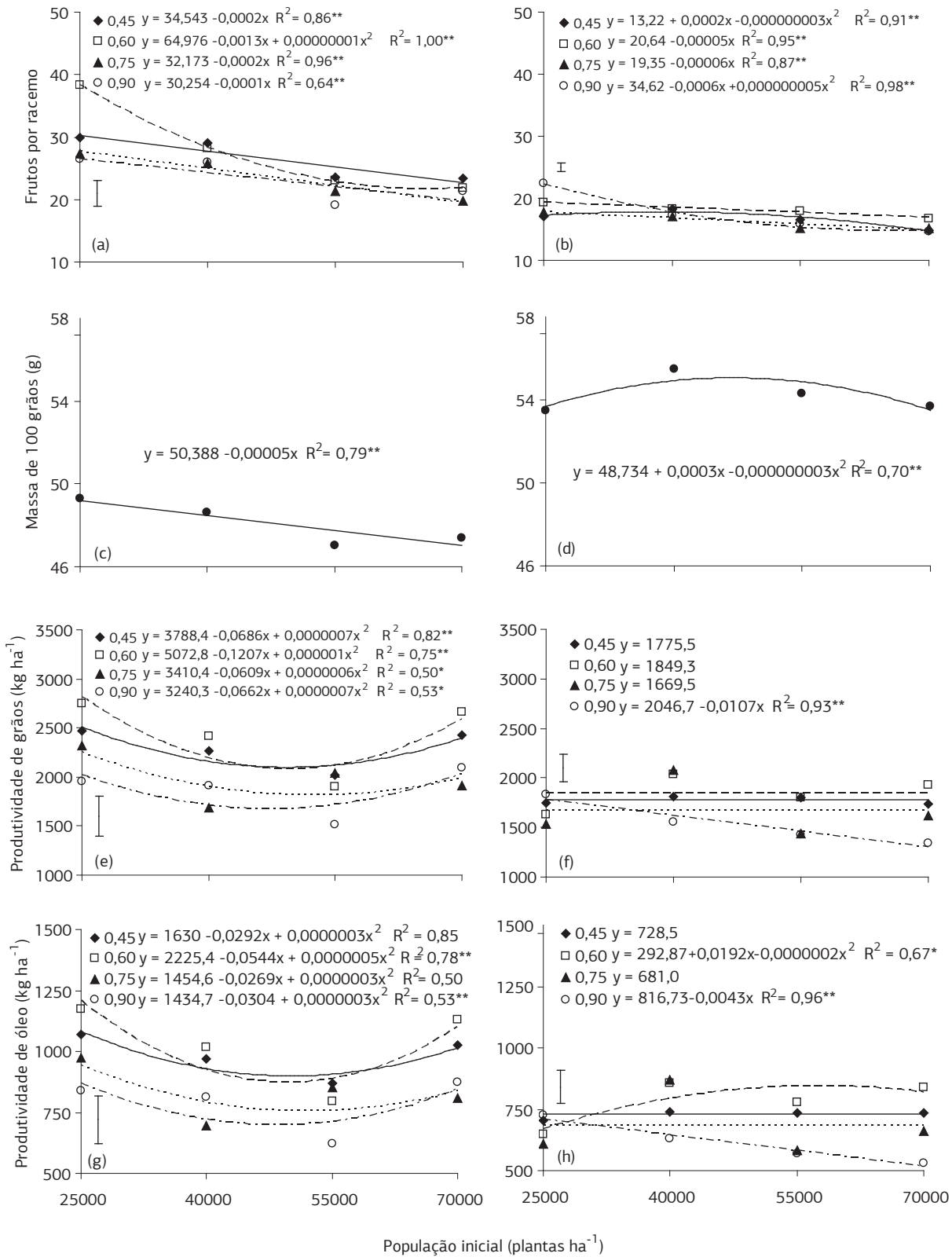


Figura 4. Número de frutos por racemo (a,b), massa de 100 grãos (c,d), produtividade de grãos (e,f) e produtividade de óleo (g,h) da mamoneira cultivar IAC 2028 em função da população de plantas e espaçamentos entre fileiras, na safrinha. Botucatu (SP), 2008 (a,c,e,g) e 2009 (b,d,f,h). Barras verticais são indicativas do valor de DMS pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para o efeito de espaçamento dentro de população. * $p < 0,05$ e ** $p < 0,01$.

intraespecífica ocorrem ou quando as plantas estão em populações mais elevadas ou quando são dominadas por plantas vizinhas emergidas mais rapidamente (MEROTTO JUNIOR et al., 1999). É importante ressaltar que, devido à maior quantidade de chuvas ocorridas em 2009, especialmente após o início do florescimento (Figura 1), foram proporcionados maiores valores médios de massa de cem grãos, quando comparadas com as do ano anterior.

Em 2008, a produtividade de grãos foi influenciada pelo espaçamento entre fileiras, população de plantas e a interação entre os fatores (Tabela 3) e, em 2009, não se verificou efeito isolado da população de plantas. Em ambos os anos, a produtividade de grãos mais elevada (2.430 e 1.849 kg ha⁻¹) foi proporcionada pelo espaçamento de 0,60 m entre fileiras, porém, sendo diferentes estatisticamente apenas dos espaçamentos mais largos (0,75 e 0,90 m). Mediante o desdobramento da interação (Figura 4e), verifica-se que, em 2008, apesar de significativos, os efeitos da população de plantas na produtividade de grão, em um mesmo espaçamento, não foram expressivos; nos espaçamentos mais estreitos, porém, especialmente no de 0,60 m, foi proporcionada maior produtividade de grãos que no espaçamento mais largo (0,90 m), na maioria das populações estudadas. A pequena alteração na produtividade de grãos, com o aumento na população de plantas, está relacionada com o efeito compensatório entre a população e os componentes da produção (racemos por planta e frutos por racemos), já que estes foram reduzidos significativamente. Para ROCHA et al. (1964), com o aumento da população de plantas é reduzida a produção de grãos por planta de mamona, mesmo que em alguns casos não tenha sido alterada ou mesmo aumentada a produtividade por área. Por outro lado, VALE (2009) observou um incremento linear na produtividade de grãos com o aumento da população de plantas, pela redução no espaçamento entre fileiras da cultura da mamona; contudo, este autor trabalhou com populações menores que as do presente estudo e não observou alterações nos componentes da produção.

Em 2009, devido ao aumento da população de plantas, no espaçamento de 0,90 m entre fileiras, foi reduzida significativamente a produtividade de grãos (Figura 4f). Nos demais espaçamentos, não houve efeito da população de plantas, provavelmente devido à distribuição mais adequada das plantas na área. Além disso, na maior população (70.000 plantas ha⁻¹), no espaçamento de 0,60 m, a produtividade foi significativamente mais elevada que no de 0,90 m, provavelmente devido à distribuição mais equidistante das plantas na área. Para ROCHA et al. (1964), com a aglomeração de plantas na fileira, em função do aumento do espaçamento, em uma mesma população, foi reduzida a produtividade de grãos. Assim, não só a população de plantas é importante, mas também o arranjo delas na área. A produtividade obtidas foi mais elevada que a relatada por SAVY FILHO et al. (2007), para a cultivar IAC 2028, no período de safrinha, e por SEVERINO et al. (2006), provavelmente devido aos es-

paçamentos entre fileiras mais estreitos e às populações de plantas mais elevadas utilizados no presente trabalho.

O teor de óleo nos grãos não foi afetado pelos fatores estudados (Tabela 3). Cabe ressaltar que estavam muito próximos do descrito por SAVY FILHO et al. (2007) para esta cultivar. Segundo MOSHKIN (1986) e SEVERINO et al. (2006b), o teor de óleo nos grãos da mamoneira é uma característica de elevada herdabilidade. KITTOCK e WILLIAMS (1970) também não verificaram alteração no teor de óleo nos grãos da mamoneira submetida a diferentes populações de plantas. Por outro lado, SEVERINO et al. (2006a) verificaram incremento no teor de óleo nos grãos da mamoneira com o aumento do espaçamento entrelinhas. Segundo esses autores, na verdade, a influência dos fatores ambientais e dos tratos culturais no teor de óleo nos grãos da mamoneira é um aspecto ainda pouco compreendido, pois os resultados são divergentes de experimento para experimento. KOUTROUBAS et al. (1999), estudando genótipos de mamona em dois ambientes, por três anos, na Grécia, constataram que o teor de óleo foi variável entre os anos e entre as localidades e que, quando a produtividade foi maior, o teor de óleo foi diminuído, havendo correlação negativa entre os dois fatores. Contudo, no presente estudo, apesar da ausência de efeito dos fatores no teor de óleo, houve correlações positivas entre a produtividade de grãos e o teor de óleo (2008: $r = 0,25$, $p < 0,05$ e 2009: $r = 0,30$, $p < 0,05$).

Como os fatores estudados não tiveram efeito no teor de óleo, a produtividade de óleo foi influenciada de forma semelhante à produtividade de grãos (Tabela 3), com correlações positivas entre essas variáveis (2008: $r = 0,99$, $p < 0,001$ e 2009: $r = 0,95$, $p < 0,001$). De maneira geral, no espaçamento 0,60 m entre fileiras obteve-se produtividade de óleo maior que nos espaçamentos mais largos (0,75 e 0,90 m), independentemente da população de plantas, no primeiro ano (Figura 4g), e principalmente nas maiores populações, no segundo ano (Figura 4h).

4. CONCLUSÃO

Na safrinha, a produtividade de grãos da mamoneira de porte baixo e de ciclo curto é pouco influenciada pelas populações de plantas estudadas, especialmente nos menores espaçamentos entre fileiras.

A produtividade da mamoneira de ciclo curto IAC 2028, na safrinha, na região de Botucatu (SP), é bastante favorecida nos cultivos em espaçamentos entre fileiras de 0,45 e 0,60 m.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pela concessão de bolsa de Mestrado ao primeiro autor e de Iniciação Científica à terceira autora; ao CNPq, pela concessão de bolsa de Produtividade em Pesquisa ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. 2.ed. rev. e ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p.223-253.
- BEZERRA, A.A.C.; TAVORA, F.J.A.F.; FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, p.1239-1245, 2009.
- CAMPOS, H. Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar. São Paulo: FEALQ/USP, 1984. 292p.
- CANECCHIO FILHO, V. Resultados de experiências com espaçamento da mamoneira anã, variedade I.A. 38. Bragantia, v.13, p.297-305, 1954.
- CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira. II – Experiências de espaçamento x adubação. Bragantia, v.18, p.77-99, 1959.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasília, DF). Safras – Série histórica (Mamona). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/e1a08616d40e0661548424aa59c05146..xls>>. Acesso em: 12/2/2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 2006. 412p.
- FAO - STATISTICS. Production and trade - Castor beans, 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 9/12/2009.
- FREIRE, E.C.; LIMA, E.F.; ANDRADE, F.P.; MILANI, M.; NÓBREGA, M.B.M. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. 2.ed. rev. e ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p.169-194.
- HENDERSON, T.L.; JOHNSON, B.L.; SCHNEITER, A.A. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. Agronomy Journal, v.92, p.329-336, 2000.
- KASPERBAUER, M.J.; KARLEN, D.L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. Crop Science, v.34, p.1564-1569, 1994.
- KITTOCK, D.L.; WILLIAMS, J.H. Effects of plant population on castorbean yield. Agronomy Journal, v.62, p.527-529, 1970.
- KOUTROUBAS, S.D.; PAPAPOSTOLAKIS, D.K.; DOITSINIS, A. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. European Journal of Agronomy, v.11, p.227-237, 1999.
- LOPES, F.F.M.; BELTRÃO, N.E.M.; LOPES NETO, J.P.; PEDROZA, J.P. Crescimento inicial de genótipos de mamoneira com sementes submetidas ao envelhecimento acelerado. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, v.12, p.69-79, 2008.
- MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; HAVERROTH, H.S. Desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos de milho. Ciência Rural, v.29, p.595-601, 1999.
- MOSHKIN, V.A. Growth and development of the plant. In: MOSHKIN, V.A. (Ed.). Castor. New Delhi: Amerind, 1986. p.36-42.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- ROCHA, J.L.V.; CONECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S.; SCARANARI, H.; PETTINELLI, A. Adubação da mamoneira. IV – Experiências de espaçamento x adubação (2ª série). Bragantia, v.23, p.257-269, 1964.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. Ciência Rural, v.31, p.159-168, 2000.
- SAVY FILHO, A. Mamona: Tecnologia Agrícola. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.
- SAVY FILHO, A. Mamona. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. p.201. (Boletim Técnico, 100)
- SAVY FILHO, A.; AMORIM, E.P.; RAMOS, N.P.; MARTINS, A.L.M.; CAVICHIOLI, J.C. IAC-2028: nova cultivar de mamona. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.449-452, 2007.
- SEVERINO, L.S.; COELHO, D.K.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; VALE, L.S. Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira cultivar BRS Nordestina. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, v.10, p.993-999, 2006a.
- SEVERINO, L.S.; MILAMI, M.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; CARDOSO, G.D. Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. Revista Ciência Agrônômica, v.37, p.188-194, 2006b.
- SEVERINO, L.S.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. Revista Ciência Agrônômica, v.37, p.50-54, 2006c.
- SILVA, S.V.; CHIAVEGATO, E.J.; CARVALHO, L.H.; KUBIAK, D.M. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. Bragantia, v.65, p.407-411, 2006.
- VALE, L.S. Crescimento e produtividade da mamoneira BRS Energia submetida a diversos espaçamentos. 2009. 31f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 2009.