

Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. I - Componentes da produção e produtividade¹

NPK fertilization and sowing time for castor plant. I - production and yield components

Manoel Alexandre Diniz Neto^{2*}, Francisco José Alves Fernandes Távora³, Lindbergue Araujo Crisóstomo⁴ e Belísia Lúcia Moreira Toscano Diniz⁵

Resumo - Objetivou-se neste trabalho, avaliar os componentes da produção e produtividade de cultivares de mamona submetidas à adubação mineral, épocas de plantio e localidades. Os experimentos foram conduzidos em áreas pertencentes ao CCA/UFC em Pentecoste e ao CENTEC em Limoeiro do Norte, entre janeiro e outubro de 2006. Foram utilizados quatro critérios de recomendação de adubação mineral 0-0-0; 40-25-15; 80-50-30 e 120-75-45 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O; duas cultivares (BRS nordestina e Mirante 10); duas épocas de plantio (plantio antecipado e plantio em sequeiro) e duas localidades (Pentecoste e Limoeiro do Norte), distribuídos no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições de um arranjo fatorial 4x2³. Foram avaliadas massa de racemos, massa de cem sementes, relação semente/fruto e as produtividades de grãos e de óleo. De modo geral, a adubação NPK proporcionou resultados variados, certamente devido à boa fertilidade do solo das duas localidades estudadas, sendo a disponibilidade hídrica o fator que causou o maior efeito na produtividade das cultivares avaliadas. A massa de racemos aumenta nas plantas adubadas com NPK recebendo suplementação hídrica no plantio antecipado, contribuindo para aumentar a massa de sementes e produtividade de grãos e de óleo. Os maiores incrementos nas variáveis estudadas foram observados na localidade de Pentecoste, independente das cultivares e sistemas de plantio avaliados, devido ao maior tempo de umidade do solo proveniente da drenagem insuficiente.

Palavras-chaves - *Ricinus communis* L. Rendimentos. Manejo cultural.

Abstract - The objective of this work, was to investigate the production and yield components of castor bean cultivars submitted to mineral fertilizer, sowing times and locations. The experiments were conducted at the CCA/UFC in Pentecoste and the CENTEC in Limoeiro do Norte, Ceará, Brazil. Were used four criteria for fertilizer recommendation of mineral fertilizer 0-0-0; 40-25-15; 80-50-30 and 120-75-45 kg ha⁻¹ of N-P₂O₅-K₂O, two varieties of castor bean (BRS Nordestina and Mirante 10); two sowing times (early sowing and dry sowing) and two locations (Pentecoste and Limoeiro do Norte). The experimental design was arranged in a randomized block, factorial 4x2³, with four replications. In general, the NPK fertilizer provided varied results, largely due to good soil fertility in the two localities studied, and the water availability, was the factor that caused the greatest effect on productivity of cultivars. The mass of racemes increased in plants fertilized with NPK and water supplementation in early sowing, helping to increase the mass of seed and grain yield and oil. The largest increases were observed in the variables studied in the town of Pentecoste, regardless of cultivars and sowing systems evaluated, due to the longer time of soil moisture from inadequate drainage.

Key words - *Ricinus communis* L. Yield. Crop management.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 02/10/2008; aprovado em 07/10/2009

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da UFC

²Bolsista DCR da UFPB/CNPq/Fapesq, Rua Prof. Xávier Júnior, 255. Ap. 104, Centro, Areia-PB, Brasil, 58.397-000, diniznetto@gmail.com

³Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da UFC, Fortaleza-CE, Brasil, tavora@ufc.br

⁴Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, Brasil, lindberg@cnpat.embrapa.br

⁵Bolsista DCR da UFPB/CNPq/Fapesq, Areia-PB, Brasil, belisia.diniz@gmail.com

Introdução

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma espécie vegetal da família Euphorbiaceae, uma oleaginosa de elevado valor socioeconômico e fonte de divisas para o país. Seus produtos e subprodutos são utilizados na indústria ricinoquímica e na agricultura, além da possibilidade de uso como fonte energética sob a forma de biodiesel (COSTA et al., 2006). Uma das oleaginosas com grande possibilidade de cultivo no Nordeste brasileiro, ela é matéria-prima de excelente qualidade para mais de quatrocentos produtos industrializados, e ainda configura-se como alternativa para a matriz energética biodiesel (GONÇALVES et al., 2005; PACHECO et al., 2008).

Com relação aos requerimentos ambientais, a mamoneira é influenciada por diversos fatores como nebulosidade, umidade e pressão do oxigênio, mas principalmente pela temperatura, a qual tende a decrescer à medida que a altitude aumenta. Cada processo vital é ajustado dentro de uma faixa de temperatura, mas o crescimento ótimo só pode ser alcançado se os diversos processos envolvidos no metabolismo e no desenvolvimento estiverem em harmonia (LARCHER, 2000; SEVERINO et al., 2006b).

O ambiente de cultivo exerce grande influência nos componentes de produção da mamoneira, e a altitude segundo Severino et al. (2007) é um fator que pode influenciar consideravelmente a fisiologia dessa espécie. No entanto, segundo Weiss (1983), a mamona é uma espécie basicamente perene e semi-tropical que cresce em regiões temperadas de clima ameno e regiões tropicais, florescendo em condições climáticas tão diversas que não é possível definir facilmente seus limites, sendo provável encontrar áreas cultivadas com essa espécie desde o nível do mar até regiões montanhosas.

Possuindo potencial capaz de fomentar o crescimento da economia do semi-árido nordestino, a mamona é uma cultura alternativa e uma espécie caracterizada pela tolerância à seca, aparecendo como um fator de fixação de mão-de-obra e geradora de emprego no campo, sendo mais comum nessa região seu cultivo em regime de sequeiro (AZEVEDO et al., 1998). Todavia, Souza et al. (2007a) ressaltaram a importância da antecipação do plantio com suplementação hídrica no crescimento inicial das plantas, com alcance do dobro da produtividade quando comparado com o plantio em sequeiro. Mas para Severino et al. (2006a) a cadeia produtiva da mamoneira ainda requer ajustes e aprimoramentos e atividades tecnológicas que visem incrementar a produtividade da cultura, pois há carência de informações sobre a tecnologia para a fertilização do solo e poucos relatos sobre o comportamento da cultura em diferentes condições de cultivo, como cultivares, níveis de fertilidade do solo, clima e disponibilidade de água.

Exigente em nutrientes e umidade no solo na fase inicial de crescimento e frutificação, a mamoneira requer períodos secos na maturação e secagem dos frutos (TÁVORA, 1982). Contudo, na prática a cultura fica exposta às intempéries climáticas que de acordo com Souza et al. (2007a), a irrigação pode suprir as necessidades hídricas da cultura em momentos importantes de demanda de água, podendo garantir incrementos na produtividade de grãos pelo aumento na produção e número de racemos e de frutos, conforme relatados também por Koutroubas et al. (1999). Assim, é possível que com o aumento da disponibilidade de nutrientes, aliada ao fornecimento de água em estádios importantes da cultura, favoreça os principais componentes da produção e proporcione aumento na produtividade de grãos e de óleo da mamoneira.

Objetivou-se com o presente trabalho, mensurar os principais componentes da produção e produtividade de duas cultivares de mamona, submetidas a diferentes épocas de plantio e de ambientes de cultivo, empregando critérios de recomendação de adubação NPK.

Material e métodos

A pesquisa foi conduzida em duas localidades no Estado do Ceará. A primeira na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) do CCA/UFC no município de Pentecoste, coordenadas 3°47'34" de latitude sul e 39°16'13" de longitude oeste com altitude média de 60 metros, em solo Neossolo Flúvico (Unidade de Mapeamento Ae), textura Franco arenosa. São solos formados por depósitos fluviais ao longo dos cursos de água, são terraços tipicamente planos apresentando drenagem insuficiente (BRASIL, 1973; EMBRAPA, 2006; SOUZA, 2007).

Amostras compostas foram coletadas na camada de 0-40 cm da superfície do solo para a quantificação da água disponível. Com os valores de umidade (θ_{cc} tensão de 33 kPa = 0,117 m³ m⁻³ e θ_{pmp} tensão de 1500 kPa = 0,047 m³ m⁻³) constatou-se 70 L de água para 1.000 L de solo, concluindo-se que o solo da área apresentava baixa disponibilidade de água às plantas. Entretanto, a drenagem insuficiente, promovida por depósitos de materiais que formam no solo camadas de baixa permeabilidade (EMBRAPA, 2006), tornou-se uma característica que beneficiou as plantas no plantio em sequeiro pelo maior tempo de umidade do solo devido a uma infiltração mais lenta. Já no plantio antecipado, como a umidade do ar fica mais elevada no período chuvoso, registrou-se o surgimento de doenças fúngicas nos racemos primários da cv. BRS Nordestina e secundários na cv. Mirante 10, por ser esta mais precoce em florescer e pelas duas cultivares estarem em plena frutificação dos racemos correspondentes.

A segunda foi realizada no Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC) localizado na Chapada do Apodi no município de Limoeiro do Norte, coordenadas de 5°12'9" de latitude sul, 37°59'29" de longitude oeste e altitude de 158 m, em solo Cambissolo Háplico, classe textural Franco argilosa (EMBRAPA, 2006). Amostras compostas foram coletadas na camada de 0-40 cm da superfície do solo para a quantificação da água disponível e através dos valores de umidade (θ_{cc} tensão de 33 kPa = 0,159 m³ m⁻³ e θ_{PMP} tensão de 1500 kPa = 0,110 m³ m⁻³) constatou-se disponibilidade de 49 L de água para 1.000 L de solo, nestas condições, há pouca água disponível às plantas. Garcia et al. (2007) realizaram estudos nessa área e também observaram baixa quantidade de água disponível e concluíram que há necessidade de irrigações mais frequentes.

Amostras de solos foram coletadas nas áreas experimentais das duas localidades estudadas na camada de 0-40 cm cujos resultados podem ser observados na Tabela 1.

Os tratamentos compreenderam quatro critérios de recomendação de adubação NPK correspondendo: 0-0-0; 40-25-15; 80-50-30 e 120-75-45 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, duas cultivares de mamona (cv. BRS Nordestina e cv. Mirante 10); duas épocas de plantio (plantio antecipado e plantio em sequeiro) e dois ambientes de cultivo (Pentecoste e Limoeiro do Norte). Utilizou-se como fonte de nutrientes a uréia, o superfosfato simples e o cloreto de potássio. A adubação nitrogenada foi fracionada em duas porções, 1/3 em fundação junto com o fósforo e potássio e 2/3 em cobertura aos 45 dias após a emergência das plântulas. Foram estabelecidos quatro critérios de recomendação de adubação NPK e o critério de adubação (80-50-30 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O) serviu como referência de base conforme

Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará, UFC (1993), portanto, a dose recomendada.

A irrigação em Pentecoste foi realizada por microaspersão utilizando 192 microaspersores e o fornecimento de água à cultura por quatro horas, turno de rega de dois dias na semana e vazão média estimada em 50 L h⁻¹. Em Limoeiro do Norte foi feita por aspersão convencional utilizando 12 aspersores e a água fornecida por duas horas com turno de rega de dois dias semanais e vazão média de 1600 L h⁻¹. Embora as irrigações tenham sido em sistemas diferenciados, a quantidade total de água aplicada nos experimentos foi de aproximadamente 130 mm, o que está de acordo com o recomendado para a cultura na fase inicial de crescimento (TÁVORA, 1982). No início das chuvas do ano agrícola de 2006/2007, as irrigações nos ensaios com a antecipação do plantio foram suspensas e na mesma área os ensaios em regime de sequeiro foram implantados com a mesma configuração de plantio, cultivares e adubação.

As plantas da cv. BRS Nordestina que têm caule de coloração verde e sementes de coloração preta e a cv. Mirante 10 que possuem caule de cor avermelhada e sementes marrons com mosqueados, ambas produzindo de 1500 a 1600 kg ha⁻¹ em anos normais de chuvas, foram plantadas com espaçamento 2 m x 2 m escolhendo-se as quatro plantas do centro da parcela como área útil e cada bloco medindo 64 m x 10 m e as parcelas 8 m x 10 m. As variáveis analisadas foram: massa de racemos (g); massa de 100 sementes (g); relação semente/fruto (%) e produtividade de grãos e de óleo (kg ha⁻¹).

Os dados foram analisados conjuntamente utilizando-se o delineamento experimental de

Tabela 1 - Atributos químicos e classificação textural dos solos das áreas experimentais de Pentecoste-CE e Limoeiro do Norte-CE, 2006

Profundidade		pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	CTC	V
		H ₂ O (1:2,5)	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³				(%)
0 - 40 cm	Pentecoste	6,7	102	0,52	0,07	4,00	1,10	0,66	0,00	6,35	89
Caracterização		-	Alto	Alto	-	Alto	Alto	-	-	-	-
Classe textural		Franco Arenosa									
0 - 40 cm	Limoeiro do Norte	7,1	5	0,96	0,09	6,60	1,90	0,82	0,00	10,4	92
Caracterização		-	Baixo	Alto	-	Alto	Alto	-	-	-	-
Classe textural		Franco Argilosa									

Fonte: Laboratório de Física e Química do Solo. Departamento de Ciências do Solo (CCA/UFC). Resultados interpretados segundo Tomé Júnior, (1997)

blocos casualizados com fatorial 4×2^3 (4 critérios de recomendação de adubação, 2 cultivares, 2 épocas de plantio e 2 localidades) com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância para verificar o efeito dos tratamentos (critérios de adubação) em relação aos componentes de produção e produtividade da cultura. Logo após, realizou-se o teste de Tukey considerando o nível de 5% de probabilidade de erro. Para cultivares, época de plantio e localidades, quando houve efeito significativo da interação, as médias também foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o ASSISTAT Versão 7.4 beta (SILVA; AZEVEDO, 2002).

Resultados e discussão

As maiores precipitações mensais para a localidade de Pentecoste foram registradas nos meses de março, abril e maio perfazendo mais de 80% do volume acumulado (628 mm). Para Limoeiro do Norte, as maiores precipitações pluviométricas foram nos meses de fevereiro, março, abril e maio com quase 90% (831 mm) das chuvas registradas nesse período. Todavia, a distribuição das chuvas nas duas localidades estudadas foi irregular e suas ocorrências foram observadas nos primeiros meses do ano (Tabela 2).

Dentre as características edáficas do experimento em Pentecoste, a drenagem insuficiente promovendo uma infiltração mais lenta (SOUZA, 2007) pode ter influenciado a produção das plantas no cultivo antecipado pelo surgimento de doenças fúngicas nos meses de maior

umidade, promovido pelo encharcamento do solo, embora que por um tempo relativamente curto o bastante para que as plantas retomassem sua fenologia normal. Já em Limoeiro do Norte, mesmo com o período chuvoso e precipitação pluviométrica maiores devido às características do solo em armazenar pouca água e necessitar de um fornecimento hídrico mais freqüente (GARCIA et al., 2007), no plantio em sequeiro as plantas não se desenvolveram conforme o potencial de cada cultivar.

A massa de racemos da cv. BRS Nordestina cultivada sob sequeiro foi maior a partir da segunda dose NPK em relação à testemunha (00-00-00 Kg ha⁻¹ de NPK), embora esta não tenha diferido da maior dose aplicada. Para a massa de 100 sementes e relação semente/fruto não houve efeito significativo, independente da época de plantio utilizada em Pentecoste. Em Limoeiro do Norte, a dose que apresentou os melhores resultados de massa de racemos foi a recomendada (80-50-30 kg ha⁻¹ de NPK) que não diferiu da maior dose aplicada em plantio sob sequeiro. Com a antecipação do plantio na mesma localidade, a relação semente/fruto foi maior com a dose mais alta da adubação e esta não diferiu significativamente da testemunha e da dose recomendada. Para as demais variáveis de produção, não houve efeito significativo (Tabela 3).

Vale ressaltar, que os tratamentos utilizando adubação NPK no componente massa de racemos foram significativos apenas no sistema de plantio sob sequeiro e suas médias foram bastante superiores àquelas obtidas no plantio antecipado, independente da localidade estudada. As plantas cultivadas com antecipação do plantio ficaram expostas a um maior tempo de umidade do solo, visto

Tabela 2 - Precipitações pluviométricas nas localidades estudadas durante a condução dos experimentos no ano agrícola de 2006. Pentecoste-CE e Limoeiro do Norte-CE, 2006

Período (dias)		Meses											
		Jan*	Fev**	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
		Irrigação						Precipitação pluviométrica (mm)					
1-10	Pentecoste	43,3	-	61,4	53,6	117,6	15,8	-	-	-	-	-	-
11-21		43,3	25,1	46,8	95,2	43,0	23,0	-	-	-	-	-	-
22-31		43,3	19,8	45,6	62,4	6,2	12,8	-	-	-	-	-	-
Total		130	44,9	153,8	211,2	166,8	51,6	-	-	-	-	-	-
1-10	Limoeiro do Norte	43,3	7,3	4,31	38,8	67,4	4,5	4,2	00	-	-	-	-
11-21		43,3	78,1	59,5	148,9	63,2	16,5	00	14,5	-	-	-	-
22-31		43,3	59,1	143,1	101,9	17,6	-	-	-	-	2,0	-	-
Total		130	144,5	206,9	289,6	148,2	21,0	4,2	14,5	-	2,0	-	-

*Mês referente ao início do plantio antecipado com suplementação hídrica de 130 mm; **Mês referente ao início do plantio em regime de sequeiro

Tabela 3 - Médias das variáveis massa de racemos (MAR), massa de 100 sementes (MCS) e relação semente/fruto (RSF) e das produtividades de grãos (PRG) e de óleo (PRO) em função da adubação NPK em diferentes épocas de plantio para a cultivar BRS Nordestina. Pentecoste-CE e Limoeiro do Norte-CE, 2006

N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Pentecoste-CE					Limoeiro do Norte-CE				
	MAR	MCS (g)	RSF	PRG	PRO kg ha ⁻¹	MAR	MCS (g)	RSF	PRG kg ha ⁻¹	PRO
Plantio antecipado										
00-00-00	67,2	52,5	55,4	1.639,9 b	802,9 b	81,2	50,9	56,3 ab	551,9 b	266,7 b
40-25-15	70,1	50,5	54,6	1.772,1 ab	864,7ab	81,6	48,6	54,2 b	614,5 b	296,1 b
80-50-30	70,3	52,2	56,3	1.790,9 ab	877,7ab	100,8	50,2	56,6 ab	1.035,3 a	500,4 a
120-75-45	71,5	50,7	53,8	1.947,8 a	952,3 a	88,1	53,4	58,3 a	1.050,9 a	507,1 a
Médias	69,7	51,5	55,1	1.787,7	874,4	87,9	50,8	56,4	813,1	392,6
CV (%)	7,49	5,87	4,59	5,32	5,40	14,2	6,41	2,52	6,01	6,03
Plantio sob sequeiro										
00-00-00	69,1 b	59,1	57,4	1.269,1 bc	623,8 bc	85,1 c	39,6	46,9	297,3 b	145,2 b
40-25-15	96,5 a	57,9	59,1	1.674,6 a	821,8 a	97,8 bc	48,6	49,8	340,6 b	166,1 b
80-50-30	91,1 a	58,9	56,8	1.175,3 c	577,9 c	114,6 a	45,1	47,7	285,9 b	139,9 b
120-75-45	84,7 ab	57,9	58,2	1.446,9 ab	711,2 ab	108,9 ab	50,6	49,8	495,5 a	242,3 a
Médias	85,3	58,5	57,9	1.391,4	683,7	101,6	46,0	48,5	354,8	173,4
CV (%)	9,77	4,50	2,54	7,75	7,73	6,36	12,7	4,12	15,01	15,25

*Dose recomendada (80-50-30 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O). Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

que foi dada uma suplementação no fornecimento de água advinda das chuvas, desta forma possibilitando o surgimento de maior número de racemos nessa época de plantio, embora apresentando menor comprimento (DINIZ NETO et al., 2009) e este fato pode ter influenciado no surgimento de racemos com massa mais uniforme.

A adubação NPK, com a maior dose, proporcionou os melhores resultados na produtividade de grãos em relação à testemunha no cultivo antecipado da BRS Nordestina em Pentecoste, embora não tenha havido diferença entre os demais tratamentos. No plantio sob sequeiro na mesma localidade, as plantas da cv. BRS Nordestina apresentaram maior produtividade de grãos na dose 40-25-15 kg ha⁻¹ de NPK, não diferindo apenas da maior dose aplicada. Em Limoeiro do Norte, a produtividade de grãos aumentou a partir da dose de recomendação (80-50-30 kg ha⁻¹ de NPK) que não diferiu da maior dose (120-75-45 kg ha⁻¹ de NPK) no plantio antecipado. No plantio sob sequeiro, a maior dose foi a que apresentou o melhor resultado diferindo significativamente de todos os outros tratamentos com fertilização do solo (Tabela 3).

Observando-se os valores médios de produtividade de grãos nas duas localidades, verificou-se que as plantas da cv. BRS Nordestina foram mais

produtivas em Pentecoste em ambos os sistemas de cultivo empregados quando comparados aos valores obtidos em Limoeiro do Norte, resultado que se deve, possivelmente, ao menor tempo de umidade disponível às plantas nessa localidade. Já com relação aos sistemas de cultivo observou-se maior produtividade no plantio antecipado, independente da localidade estudada. Tal fato pode ser explicado pelo surgimento de um número maior de racemos nas plantas cultivadas nessas condições (DINIZ NETO et al., 2009) e também pelos solos das áreas experimentais apresentarem diferenças quanto ao teor de umidade, sendo em Limoeiro do Norte verificado necessidade de irrigações mais frequentes (GARCIA et al., 2007).

Com relação à produtividade de óleo observou-se diferenças significativas idênticas aos tratamentos aplicados para a produtividade de grãos. Esse comportamento é explicado pelo fato de o rendimento de óleo ser obtido pelo resultado da combinação entre a produtividade de grãos e o teor de óleo da semente que não apresentou grandes variações, ficando em torno de 48% na presente pesquisa. Desse modo, sugere-se que a produtividade de grãos seja o componente que mais influencia no rendimento de óleo da mamoneira, motivo

pelo qual se deve manejar a cultura, a fim de se obter a máxima produtividade de grãos, que condicionará elevados rendimentos de óleo (KOUTROUBAS et al., 2000; SOUZA et al., 2007b).

As variáveis de produção: massa de racemos, massa de 100 sementes e relação semente/fruto da cv. Mirante 10 não apresentaram efeitos significativos com as doses de adubação NPK aplicadas e este comportamento ocorreu independente da época de plantio e da localidade avaliadas (Tabela 4).

Ainda na Tabela 4, com a produtividade de grãos no plantio antecipado em Pentecoste observou-se que as plantas da cv. Mirante 10 foram mais produtivas com a aplicação da dose de recomendação (40-50-30 kg ha⁻¹ de NPK) e a maior dose (120-75-45 kg ha⁻¹ de NPK) em relação às demais. Comportamento semelhante foi verificado no sistema de plantio sob sequeiro na mesma localidade. Entretanto, em termos médios, a produtividade de grãos no sistema de plantio sob sequeiro foi bastante superior ao sistema de plantio antecipado. Esse fato deveu-se as perdas de racemos secundários da cultivar no plantio antecipado pelo surgimento de doenças

fúngicas, devido ao aumento da umidade provocado pelas chuvas ocorridas na região, coincidindo com o pleno florescimento das plantas na ordem de racemo de maior importância na produção final de grãos da mamoneira (SOUZA et al., 2007; CORRÊA et al., 2006).

Em Limoeiro do Norte, o aumento na disponibilidade do fertilizante às plantas promoveu efeito significativo apenas com a maior dose empregada (120-75-45 kg ha⁻¹ de NPK) em relação a dose de recomendação e estas não diferiram das demais doses utilizadas na cv. Mirante 10 no sistema de plantio antecipado. No sistema de plantio sob sequeiro, a maior dose da adubação NPK promoveu aumento na produtividade de grãos dessa cultivar diferindo apenas do tratamento testemunha e este não apresentou diferença significativa com relação às demais doses. Em valores médios verificou-se menor produtividade dos tratamentos aplicados sob sequeiro, comportamento inverso aos resultados alcançados em Pentecoste. Porém, tal fato pode ser explicado pela menor umidade do solo, nessa área, disponível às plantas, o que levou a produção de um menor número de racemos por planta (DINIZ

Tabela 4 - Médias das variáveis massa de racemos (MAR), massa de 100 sementes (MCS) e relação semente/fruto (RSF) e das produtividades de grãos (PRG) e de óleo (PRO) em função da adubação NPK em diferentes épocas de plantio para a cultivar Mirante 10. Pentecoste-CE e Limoeiro do Norte-CE, 2006

N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (Kg ha ⁻¹)	Pentecoste-CE					Limoeiro do Norte-CE				
	MAR	MCS (g)	RSF	PRG	PRO kg ha ⁻¹	MAR	MCS (g)	RSF	PRG kg ha ⁻¹	PRO
Plantio antecipado										
00-00-00	30,1	28,1	64,7	587,1 b	288,8 b	39,7	24,1	69,4	1.404,5 ab	676,8 ab
40-25-15	30,1	29,1	66,2	734,0 b	360,8 b	37,6	24,3	67,8	1.434,2 ab	690,2 ab
80-50-30	30,9	29,7	66,2	1.054,8 a	517,8 a	38,5	23,9	67,5	1.138,5 b	548,2 b
120-75-45	34,9	30,1	65,6	1.193,1 a	586,1 a	38,3	23,5	67,9	1.744,6 a	843,5 a
Médias	31,5	29,2	65,7	892,3	438,4	38,5	23,9	68,1	1.430,5	689,7
CV (%)	8,10	5,37	2,72	8,29	8,22	18,9	3,54	4,80	16,59	16,65
Plantio sob sequeiro										
00-00-00	44,6	28,6	66,5	1.027,6 c	501,4 c	60,3	28,6	63,3	533,9 b	257,5 b
40-25-15	50,1	28,9	65,1	1.191,4 b	581,7 b	75,5	28,1	62,6	692,9 ab	334,8 ab
80-50-30	51,1	29,9	67,6	1.318,7 a	642,4 a	60,1	27,4	62,6	630,1 ab	304,0 b
120-75-45	47,1	29,8	68,4	1.371,1 a	668,9 a	72,9	28,6	63,2	813,9 a	394,7 a
Médias	48,2	29,3	66,9	1.227,2	598,6	67,2	28,1	63,0	667,7	322,7
CV (%)	13,5	6,21	3,10	3,84	3,84	18,5	5,72	2,48	12,48	12,39

*Dose recomendada (80-50-30 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O). Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

NETO et al., 2009) promovendo menor participação dos racemos na produção final de grãos. Para Weiss (1983), a mamoneira pode crescer em diferentes tipos de solos, com grande variação em seus teores nutricionais, porém em solos de baixa fertilidade, sua produtividade é afetada e a tolerância da planta a pouca chuva é frequentemente confundida em tolerância à baixa fertilidade. Todavia, na presente pesquisa, os solos das duas localidades estudadas eram férteis e a presença de umidade no solo foi o que influenciou, sobremaneira, nos resultados alcançados.

Com relação aos tratamentos com adubação NPK sobre a produtividade de óleo observou-se, que independente da época de plantio ou da localidade, os resultados apresentados foram semelhantes aos encontrados na produtividade de grãos, comportamento que se deve a baixa variação do teor de óleo nas sementes na presente pesquisa que foi de 48%. Como o rendimento de óleo é obtido pela combinação entre a produtividade de grãos e o teor de óleo, sugere-se que a produção de grãos seja a característica que mais influencia no rendimento de óleo da mamoneira (SOUZA et al., 2007b; KOUTROUBAS et al., 2000).

A mamoneira é uma espécie vegetal que responde, com bastante intensidade através dos componentes de produção e na produtividade, as variações de condições de cultivo, seja de nutrientes do solo, épocas de semeadura, ambientes de cultivo, fornecimento de água dentre outros fatores, tornando-se difícil indicar aumentos de produtividade com base apenas nos critérios de adubação. Desse modo, Severino et al. (2006a) afirmam que a cadeia produtiva da mamoneira ainda requer ajustes tecnológicos objetivando incrementar a produtividade da cultura, havendo poucas informações sobre diferentes condições de cultivo.

Através do desdobramento em teste de médias das interações cultivares x épocas de plantio, a relação massa de sementes/massa de frutos em Pentecoste, as duas cultivares apresentaram os melhores resultados em

relação à Limoeiro do Norte. Com o estudo das cultivares dentro de localidade, observou-se que em Pentecoste com a cv. Mirante 10 foram obtidos os melhores resultados. Em Limoeiro do Norte foi verificado efeito contrário, com a cv. BRS Nordestina apresentando a maior relação semente/fruto (Tabela 5).

Vale destacar que os resultados obtidos, embora testando diferentes cultivares, estão bastante próximos do recomendado por Savy Filho et al. (1990) para a cultivar IAC 226 que é de 66%. Souza et al. (2007b) também observaram resultados próximos dos encontrados no presente trabalho testando as mesmas cultivares.

Com as épocas de plantio aplicadas em diferentes localidades, observou-se que houve efeito significativo apenas para o plantio em sequeiro em Pentecoste. Nos sistemas de plantio dentro de localidade, verificou-se que em regime de sequeiro, a relação semente/fruto aumentou quando as plantas foram cultivadas em Pentecoste. Esses resultados podem ser explicados pela maior ocorrência de fortes chuvas na fase de florescimento das plantas para a produção dos racemos primários no plantio antecipado, o que pode ter influenciado negativamente na produção de grãos nessa época de plantio. Em Limoeiro do Norte, os resultados são inversos aos encontrados em Pentecoste e a relação semente/fruto aumentou com os tratamentos aplicados com a antecipação do plantio. Nesse caso, a produção dos racemos secundários, que são a ordem de racemos que mais contribui na produção final de grãos (CORRÊA et al., 2006; SOUZA et al., 2007b), foi prejudicada devido coincidir com a falta de umidade no solo nos tratamentos aplicados no plantio em sequeiro e a antecipação do plantio com suplementação hídrica agiu de forma decisiva para a obtenção dos melhores resultados (Tabela 5).

Tal fato eleva a importância da suplementação hídrica na cultura da mamona, pois a menor disponibilidade

Tabela 5 - Relação da massa de sementes pela massa de frutos de duas variedades de mamona cultivadas em duas épocas de plantio em diferentes localidades no Estado do Ceará. Pentecoste-CE e Limoeiro do Norte-CE, 2006

Tratamentos	Localidades	
	Pentecoste	Limoeiro do Norte
	Relação semente/fruto (%)	
BRS Nordestina	57,54 bA	53,97 aB
Mirante 10	66,21 aA	48,86 bB
Plantio antecipado	61,02 bA	61,37 aA
Plantio em sequeiro	62,74 aA	41,46 bB
CV (%)	5,79	

Médias seguidas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

de água do solo em Limoeiro do Norte no plantio em sequeiro levou a um decréscimo da relação semente/fruto que pode ter refletido nas produtividades de grãos e de óleo. Souza et al. (2007b) também encontraram maior relação semente/fruto quando as plantas receberam suplementação hídrica no início do plantio.

No estudo das cultivares entre localidades, foi observado efeito significativo para a produtividade de grãos apenas para a cv. BRS Nordestina plantada em Pentecoste, com aumento superior a 88% em relação à sua produtividade em Limoeiro do Norte (Tabela 6).

Com relação às cultivares na mesma localidade, verificou-se que a BRS Nordestina foi mais produtiva que a Mirante 10 em Pentecoste. Este comportamento deveu-se a menor contribuição dos racemos secundários na produção de grãos da cv. Mirante 10, que é uma cultivar mais precoce no florescimento, e estes foram prejudicados pelas fortes chuvas ocorridas no momento de frutificação desta ordem de racemo que mais contribui na produção final de grãos (CORRÊA et al., 2006; SOUZA et al., 2007b). Enquanto isso, a cv. BRS Nordestina, que é mais tardia no processo de florescimento, a perda de produtividade ocorreu devido à menor participação dos racemos primários.

Em Limoeiro do Norte, o efeito significativo foi inverso. A cv. Mirante 10 apresentou produtividade superior em mais de 68%. Nesse caso, a água limitou a produtividade não por excesso, mas por déficit em estádios importantes de reprodução das plantas por esta cultivar ser mais precoce no florescimento e foi mais produtiva pela participação de racemos de ordens mais elevadas na produção final de grãos (Tabela 6).

No estudo das épocas de plantio em diferentes ambientes, observou-se que com a antecipação do plantio, a produtividade foi maior em Limoeiro do Norte. Já com o plantio em sequeiro, esta foi superior

na localidade de Pentecoste com uma diferença de mais de 100% de produtividade. No plantio antecipado em Pentecoste, houve perda de produtividade devido às chuvas ocorridas na fase de reprodução das cultivares. Já em Limoeiro do Norte, no plantio em sequeiro, a diminuição da produtividade deveu-se a falta de água em estádios de reprodução das plantas pela sua baixa disponibilidade no solo (GARCIA et al., 2007).

No estudo das épocas de plantio dentro de localidade, verificou-se não haver efeito significativo entre os sistemas de plantio em Pentecoste. Em Limoeiro do Norte, as plantas cultivadas em plantio antecipado apresentaram uma produtividade três vezes superior ao plantio em regime de sequeiro (Tabela 6). Vale destacar que a suplementação hídrica dada no plantio antecipado foi mínima e apenas no início do plantio, para assegurar a germinação das sementes e estabelecimento das plantas no campo. Este tratamento, em Limoeiro do Norte, assegurou resultados excelentes quando comparados com aqueles sob sequeiro, e torna possível afirmar a elevada eficiência da mamoneira na transformação de água consumida em órgãos reprodutivos (BARROS JÚNIOR et al., 2008) bem como, a antecipação do plantio com suplementação hídrica apenas no crescimento inicial, garante bons rendimentos em regiões que apresentam irregularidades pluviais e solos com baixo potencial de disponibilidade hídrica. Souza et al. (2007b) também observaram melhores produtividades na mamoneira quando cultivada em plantio antecipado com suplementação hídrica apenas no início do plantio. Koutroubas et al. (2000) encontraram maiores produtividades de grãos de mamona quando aumentaram o fornecimento de água às plantas.

De modo semelhante à produtividade de óleo mostrada nas Tabelas 3 e 4 para os critérios de recomendação de adubação NPK, os efeitos significativos

Tabela 6 - Produtividade de grãos de duas variedades de mamona cultivadas em duas épocas de plantio em diferentes localidades no Estado do Ceará. Pentecoste-CE e Limoeiro do Norte-CE, 2006

Tratamentos	Localidades	
	Pentecoste	Limoeiro do Norte
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
BRS Nordestina	1.584,31 aA	842,60 bB
Mirante 10	1.128,38 bA	1.152,09 aA
Plantio antecipado	1.334,71 aB	1.569,88 aA
Plantio em sequeiro	1.377,97 aA	424,80 bB
CV (%)	23,37	

Médias seguidas de letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

observados para as interações com a produtividade de grãos, também foram significativas para a produtividade de óleo. Tal fato pode ser explicado pela baixa variação do teor de óleo encontrado nas sementes das duas cultivares estudadas, que não foi superior a 48% do peso das sementes. Nesse caso, os tratamentos que proporcionaram as maiores produtividades de grãos, também obtiveram as maiores produtividades de óleo que é mais influenciada pela produtividade de grãos do que pelo teor de óleo. Desse modo, Koutroubas et al., (2000) e Souza et al., (2007b) afirmam a importância da mamoneira receber manejo cultural a fim de se obter a produtividade máxima de grãos, pois dará condições também a obtenção de elevados rendimentos de óleo.

Conclusões

1. De modo geral, a adubação NPK proporcionou resultados variados, certamente devido à boa fertilidade do solo das duas localidades estudadas, sendo a disponibilidade hídrica o fator que causou o maior efeito na produtividade das cultivares avaliadas;
2. A massa de racemos aumenta nas plantas cultivadas com suplementação hídrica em plantio antecipado, contribuindo para obtenção de incrementos na massa de sementes e produtividades de grãos e de óleo;
3. Os maiores incrementos nas principais variáveis estudadas foram observados na localidade de Pentecoste, independente das cultivares e sistemas de plantio avaliados, devido à maior disponibilidade hídrica às plantas promovida pela infiltração mais lenta da água no solo;
4. A antecipação do plantio com suplementação hídrica dada no início do crescimento das plantas em Limoeiro do Norte agiu de forma decisiva para obtenção de incrementos de produtividade de grãos e de óleo superiores três vezes àqueles observados no plantio em regime de sequeiro.

Agradecimentos

À UFC e a CAPES pela concessão de bolsa ao primeiro autor e apoio financeiro ao projeto, a Embrapa Agroindústria Tropical e Algodão pelo apoio logístico.

Referências

AZEVEDO, D. M. P. *et al.* Efeito de população de plantas no rendimento do consórcio de mamona com culturas alimentares. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 02, n. 03, p. 193-202, 1998.

BARROS JÚNIOR, G. *et al.* 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, n. 04, p. 350-355, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE, 1973. p. 301 1 v. (Boletim Técnico, 28).

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, n. 02, p. 200-207, 2006.

COSTA, M. N. da *et al.* Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1617-1622, 2006.

DINIZ NETO, M. A. *et al.* Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. II - Componentes das fases vegetativas e reprodutivas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 03, p. 417-426, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Sistema de Produção de Informação - SPI, 2006. 412 p.

GARCIA, F. C. de H.; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C. A. S. de. Níveis de irrigação no comportamento produtivo do mamoeiro Formosa na Chapada do Apodi, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 02, p. 136-141, 2007.

GONÇALVES, N. P. *et al.* Produção de oleaginosas para biodiesel - cultura da mamona. **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 229, 2005.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, 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. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/eja>>. Acesso em: 26 jun. 2007.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for castor oil crops (*Ricinus communis* L.) in a Medierrnean climate. **European Journal of Agronomy**, p. 33-41, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science>>. Acesso em: 21 jan. 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p.

PACHECO, D. D. *et al.* Produção e disponibilidade de nutrientes para mamoneira (*Ricinus communis* L.) adubada com NPK. **Revista de Biologia e ciências da Terra**, v. 08, n. 01, p. 153-160, 2008.

SAVY FILHO, A. *et al.* Novo cultivar de mamona: IAC-226 (Tabary). **Bragantia**, v. 49, n. 02, p. 269-280, 1990.

SEVERINO, L. S. *et al.* Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 04, p. 563-568, 2006a.

SEVERINO, L. S. *et al.* Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 02, p. 188-194, 2006b.

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S. do; MORAIS, C. R. de A. **Efeito da altitude sobre o crescimento e desenvolvimento de quatro genótipos de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 5 p. (Comunicado Técnico, 339).

SILVA, F. de A. S; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional assistat para o sistema operacional windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 04, n. 01, p. 71-78, 2002.

SOUZA, A. dos S. **Manejo cultural da mamoneira: época de plantio, irrigação, espaçamento e competição de cultivares**. 2007. 211 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, A. dos S. *et al.* Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. I – componentes de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 04, p. 414-421, 2007a.

SOUZA, A. dos S. *et al.* Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. II - crescimento e produtividade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 04, p. 422-429, 2007b.

TÁVORA, F. J. A. **Cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111 p.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual de interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.

WEISS, E. A. **Oilseed Crops**. London: Longman, 1983. 660 p.