

MAMONA CONSORCIADA COM GIRASSOL EM PLANTIOS DEFASADOS: ANÁLISE DE TRILHA DA PRODUTIVIDADE E SEUS COMPONENTES

Ciro de Miranda Pinto

Doutorando em Agronomia/Fitotecnia/ Curso de Pós-graduação em Fitotecnia/UFC. E-mail ciroagron@gmail.com

Olienaide Riberio de Oliveira Pinto

Doutorando em Agronomia/Fitotecnia/ Curso de Pós-graduação em Fitotecnia/UFC. E-mail agron.olienaide@gmail.com

Francisco Aires Sizenando Filho

Doutorando em Agronomia/Fitotecnia/ Curso de Pós-graduação em Fitotecnia/UFC. E-mail eng.aires@hotmail.com

João Bosco Pitombeira 

Prof D. Sc. do Curso de Pós-graduação em Fitotecnia/UFC. E-mail pitomba@ufc.br

RESUMO - Um ensaio de campo foi conduzido nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010, com objetivo de estudar quais as variáveis que influenciam a produtividade de grãos da mamona (*Ricinus communis* L.) e girassol (*Helianthus annuus* L.) usando-se a análise de trilha que particionar os valores de correlação em efeito de causa direta e indireta. O delineamento utilizado no experimento foi blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições. Correlações significativas da produtividade de grãos da mamona e como também do girassol foram constatadas com todos os componentes de produtividade. Efeitos diretos positivos foram constatados na relação entre produtividade de grãos e racemos, número de internódios, altura de planta, altura de inserção do racemo primário e comprimento de racemo sobre a produtividade de grãos da mamona. Efeito direto positivo foi constatado para altura de capítulo sobre a produtividade de grãos do girassol.

Palavras-chave – *Ricinus communis*, associação de caracteres, caracteres agrônômicos

CASTOR BEAN INTERCROPPED WITH SUNFLOWER IN LAGGED PLANTING: PATH ANALYSIS OF PRODUCTIVITY AND COMPONENTS

ABSTRACT - An experiment field was carried in the years 2008, 2009 e 2010, with aim of studying the variables that influence the grain yield of castor bean (*Ricinus communis* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) using path analysis to partition correlation values in effect cause direct and indirect. The design used in the experiment was randomized block with 6 treatments and 4 replications. Significant correlations of grain yield of castor bean and sunflower were found with all the components of productivity. Positive direct effects were observed in the relationship between grain yield and racemes, number of internodes, plant height, insertion height of the primary raceme, raceme length on the grain yield of castor bean. Positive direct effect were observed in height of the head on grain yield of sunflower.

Key words – *Ricinus communis* L., character association, agronomic characters

INTRODUÇÃO

A mamoneira é originária da África e, muito provavelmente, da Abissínia. Essa planta apresenta ampla distribuição geográfica, sendo encontrada em estado subespontâneo, seja em cultivo, em quase todas as zonas tropicais e sub-tropicais do mundo (KRUG; MENDES, 1942). Com relação aos maiores produtores de mamona do mundo destacam-se em crescente são Brasil, Paraguai, China e Índia. A produção de grãos de mamona mundial e no Brasil na safra 2009 foi respectivamente de 1.499.111 e 90.384 t. A produtividade da mamoneira no mundo e no

Brasil em 2009 foi da ordem de 1. 172 e 567,7 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2009).

A associação da produtividade de grãos da mamoneira e girassol com caracteres agrônômicos, os quais são componentes do crescimento vegetal, representam grande significância nos estudos de manejo cultural. Coimbra *et al.*, (2005) reporta que os coeficientes de correlação expressam somente uma medida de associação, portanto não permitindo conclusões sobre causa e efeito, não possibilitando inferências com relação ao tipo de associação que o par de caracteres Y/X. Para sanar o problema com relação à interpretação dos coeficientes de correlação, os quais não indicam a

magnitude dos efeitos diretos e indiretos, Wright (1921) desenvolveu o método de análise de trilha. Esse método desdobra as correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos dos caracteres sobre uma variável considerada principal.

A análise de trilha ou de caminhamento tem sido empregada em estudos com plantas cultivadas, por exemplo, mamona (SARWAR; CHAUDHRY, 2008; SANTOS et al., 2004; THATIKUNTA; PRASAD, 2001), pinhão manso (SPINELLI *et al.*, 2010) girassol (AMORIM *et al.*, 2008; YASIN; SINGH, 2010), arroz (BHATTACHARYYA *et al.*, 2007), algodão (KALE *et al.*, 2007), gergelim (SUMATHI; MURALIDHARAN; MANIVANNAN, 2007) e grão de bico (GAN *et al.*, 2003).

Neste trabalho avaliou-se a contribuição dos características morfológicas e reprodutivas sobre a produtividade de grãos da mamona e girassol

consociados com plantio defasado do girassol, através da análise de trilha.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Lavoura Seca, localizada município de Quixadá-Ce, nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010. As coordenadas geográficas da fazenda experimental Lavoura Seca são: 4° 59'S latitude, 39° 01'W longitude Greenwich e altitude de 190 m acima do nível do mar (BRASIL, 1973).

O clima do município de Quixadá conforme Köppen é semiárido do tipo BsH, quente e seco. A precipitação pluvial média é 873,3 mm, temperatura média anual de 26,7°C e umidade relativa do ar de 70% (BRASIL, 1973).

As características do solo da área experimental (Tabela 1) foram colhidas numa profundidade de 0- 20 cm.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental e formula de adubação para mamona. Quixadá - CE, 2008, 2009 e 2010

Características Químicas	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
pH em água (1: 2,5)	6,30	5,70	5,70
P ⁺ (mg kg ⁻¹)	5,00	14,00	7,00
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,20	0,23	0,14
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,03	0,03	0,05
Al ⁺³ (cmol _c kg ⁻¹)	0,00	0,10	0,05
Ca ⁺² (cmol _c kg ⁻¹)	1,70	1,30	1,00
Mg ⁺² (cmol _c kg ⁻¹)	2,30	0,70	0,80
Adubação Química N:P:K	60:80:60	60:60:60	60:80:60

Análise realizada no Laboratório de Química do Solo, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC

A adubação foi procedida conforme as recomendações da análise de fertilidade do solo tendo como base a cultura principal que foi a mamona. Os fertilizantes empregados foram uréia, super-fosfato simples e cloreto de potássio (Tabela 1). Na adubação de fundação usou-se 1/3 da dose recomendada para o nitrogênio, sendo realizada de forma integral para os nutrientes potássio e fósforo. A adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias, usou-se 2/3 da dose recomendada para nitrogênio com adição de 2 kg boro ha⁻¹.

A cultivar de mamona BRS ENERGIA, apresenta ciclo médio de 120 dias entre a germinação e a maturação dos últimos racemos, altura média de 140 cm, intervalo

médio da emergência ao primeiro racemo de 30 dias, teor médio de óleo da semente 48,0%, cor da semente rajada com as cores beges e marron e potencial de produtividade média de 1800 Kg ha⁻¹ de sementes (EMBRAPA, 2007 a).

A cultivar de girassol EMBRAPA 122, apresenta altura média de 155 cm, ciclo vegetativo 100 dias, início de florescimento 53 dias, maturação fisiológica 85 dias, altura de plantas 155 cm, diâmetro de capítulos 18 cm e teor de óleo 40-44% (EMBRAPA, 2007 b).

A precipitação pluvial e a média da temperatura e umidade relativa ocorrida nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010 durante execução do experimento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Precipitação pluvial e dados médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar ocorrida na FELS. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Mês	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
Ano agrícola de 2008			
Janeiro	32,0	28,2	61,0
Fevereiro	35,0	28,0	58,0
Março	170,2	26,6	75,0
Abril	104,0	26,1	79,0
Mai	158,1	26,0	76,0
Junho	62,5	26,2	74,2
Julho	32,5	26,3	66,8
Total/Média	594,30	26,77	70,0
Ano agrícola de 2009			
Janeiro	0,0	28,2	57,0
Fevereiro	107,0	26,9	69,0
Março	207,40	26,6	66,0
Abril	250,2	25,8	80,0
Mai	268,3	25,5	80,0
Junho	153,9	25,2	77,0
Julho	48,0	25,2	86,0
Total/Média	1.034,8	26,2	73,5
Ano agrícola de 2010			
Janeiro	39,4	28,2	60,0
Fevereiro	0,0	28,2	58,0
Março	40,8	29,6	54,0
Abril	182,0	27,6	71,0
Mai	14,5	28,0	64,0
Junho	50,5	27,2	60,0
Julho	0	27,9	50,0
Total/média	287,80	28,1	59,6

Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará

Os tratamentos avaliados foram: T₁: mamona + girassol plantio simultâneo (0DAPM); T₂: mamona+ girassol plantio 7 dias após a mamona (7DAPM); T₃: mamona + girassol plantio 14 dias após a mamona (14DAPM); mamona+ girassol plantio 21 dias após a mamona (21DAPM); T₅: mamona e T₆: girassol em monocultivo tiveram a semeadura realizada ao mesmo tempo do tratamento T₁.

As parcelas consorciadas foram compostas por quatro fileiras de mamona com 8 m de comprimento espaçadas de 1,0 m, entre as quais foi intercalado 1 fileira de

girassol. A mamona teve espaçamento dentro da fileira de 1 m, enquanto o girassol foi de 0,4 m.

No consórcio a população de plantas para a mamona foi de 10.000 plantas ha⁻¹ (1 m x 1 m), enquanto girassol teve 25.000 plantas ha⁻¹ (1 m x 0,4 m). O monocultivo teve suas parcelas constituídas de 4 fileiras de 8 m nos seguintes espaçamentos: mamona –1m x 1 m (10.000 plantas ha⁻¹) e o girassol – 0,8 m x 0,4 m (31.250 plantas ha⁻¹).

A área útil para coleta do material para o estudo da produção vegetal foi representada pelas duas fileiras

centrais de cada parcela, de cada cultura, eliminando 1 m de cada extremidade das fileiras. Desta forma o consórcio teve uma área útil de 12 m². Já monocultivo de mamona e girassol apresentaram área útil de 12 m² e 9,6 m², respectivamente.

O solo foi preparado 2 dias antes do plantio, através duas arações. A mamona e girassol foram plantadas em

covas com 3 a 5 cm de profundidade, com 5 sementes cova⁻¹.

As datas do plantio e adubação inicial, desbaste de plantas, adubação de cobertura e colheita constam na Tabela 3. A adubação de cobertura não foi realizada em virtude da baixa umidade do solo na área experimental no ano de 2010 (Tabela 3).

Tabela 3 – Datas de plantio e adubação, desbaste de plantas e adubação de cobertura das culturas da mamoneira e girassol cultivados na Fazenda Lavoura Seca. Quixadá – CE. 2008, 2009 e 2010

Culturas	Anos Agrícolas		
	2008	2009	2010
	Plantio e adubação		
Mamona	13/03	04/03	07/04
Girassol (0DAPM*)	13/03	04/03	07/04
Girassol (7DAPM)	19/03	10/03	14/04
Girassol (14DAPM)	26/03	17/03	21/04
Girassol (21DAPM)	02/04	24/03	28/04
	Desbaste de plântulas		
Mamona	26/03	17/03	21/04
Girassol (0DAPM*)	26/03	17/03	21/04
Girassol (7DAPM)	02/04	24/03	28/04
Girassol (14DAPM)	16/04	31/03	05/05
Girassol (21DAPM)	30/04	07/04	12/05
	Adubação de cobertura		
Mamona	16/04	07/04	-
Girassol (0DAPM*)	16/04	07/04	-
Girassol (7DAPM)	23/04	14/04	-
Girassol (14DAPM)	30/04	21/04	-
Girassol (21DAPM)	07/05	28/04	-
	Colheita		
Mamona	30/07	20/07	26/08
Girassol (0DAPM*)	02/07	23/06	28/07
Girassol (7DAPM)	09/07	30/06	04/08
Girassol (14DAPM)	16/07	07/07	11/08
Girassol (21DAPM)	23/07	14/07	18/08

*Dias após o plantio da mamona

O manejo das plantas daninhas ocorrentes na área experimental foi realizado por meio de três capinas manuais com enxadas. Não foi necessário aplicação de agrotóxico para controle de “pragas”.

As variáveis agrônômicas avaliadas para a mamona foram: a) produtividade de grãos (kg ha⁻¹); b) a participação relativa de ordem de racemos na produtividade total, obtida mediante divisão da produtividade de grãos da respectiva ordem de racemo pela produtividade total de grãos; c) altura da planta medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela, com escolha ao acaso; d) altura de inserção do racemo primário medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela escolhida ao acaso; e) número médio de racemos foi determinado mediante a divisão do número total de racemos colhidos em cada parcela pela quantidade plantas úteis; f) número de internódios até a inserção do racemo

primário determinado através de contagem em 4 plantas da área útil em cada parcela; g) comprimento médio de internódios (cm) foi determinado mediante a divisão do número de internódios até a inserção do racemo primário pela altura de inserção do racemo primário e h) o comprimento de racemos (cm) foi determinado através da média de quatro racemos de cada parcela útil.

As variáveis agrônômicas avaliadas para o girassol foram:

Para o girassol foram: a) produtividade de grãos (kg ha⁻¹); b) altura da planta medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela, com escolha ao acaso, tomadas a partir do coleto da planta conforme a Figura 2 a ; c) altura de capítulo medida com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4 plantas da área útil em cada parcela escolhidos ao acaso, tomadas a partir do coleto da planta conforme a Figura 2 b e d) diâmetro do capítulo medido com auxílio de uma trena graduada em centímetros em 4

plantas da área útil em cada parcela escolhidos ao acaso, conforme a Figura 2 c.

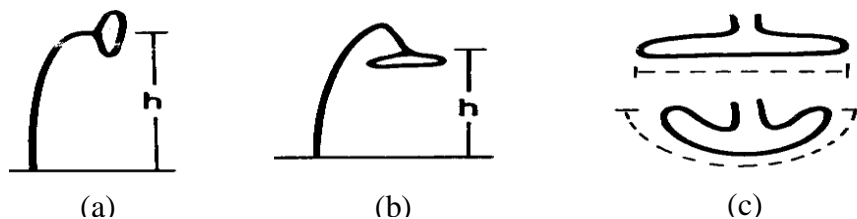


Figura 1. Ilustração de como foram tomadas as avaliações altura da planta (a), altura de capítulo (b) e diâmetro do capítulo (c) no girassol (CASTIGLIONI *et al.*, 1997).

Nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010, no sistema de consorciação da mamona com girassol, adotou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 24 unidades experimentais.

A análise dos coeficientes de correlação de Pearson e a análise de trilha empregou-se o Software computacional GENES (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de correlação na cultura da mamona

A análise de correlação entre componentes da produtividade vegetal é tida como ferramenta auxiliar para identificação de associação entre caracteres. As correlações entre produtividade de grãos da mamoneira (Y_1) e as variáveis como produtividade de racemo (Y_2), relação Y_1/Y_2 (Y_3), número de racemos por planta (Y_4), número de internódios até a inserção do racemo primário (Y_5), altura da planta (Y_6), altura de inserção do racemo primário (Y_7), comprimento de internódio até a inserção do racemo primário (Y_8) e comprimento de racemo (Y_9) apresentam resultados significativo pelo teste t (Tabela 4).

Tabela 4 - Matriz de correlação entre 9 variáveis agrônômicas em 5 tratamentos da mamona sob sistema de consorciação em plantios defasados com girassol em regime de sequeiro. Quixadá-CE. 2008, 2009 e 2010

Y_1 : produtividade de grãos (kg ha^{-1}), Y_2 : produtividade de racemo (kg ha^{-1}), Y_3 : relação Y_1/Y_2 , Y_4 : número de racemos por planta, Y_5 : número de internódios até a inserção do racemo primário, Y_6 : Altura da planta (cm), Y_7 : Altura de

Variável	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9
Y_1	1	0,5914 **	0,9937* *	0,5812**	-0,7580 **	0,8581**	-0,5838**	0,4033**	-0,5425 **
Y_2		1	0,5997* *	0,5072 **	-0,6569**	0,7068 **	-0,5429 **	0,4851**	-0,4635**
Y_3			1	0,5923**	-0,7677 **	0,8562**	-0,5935**	0,4170 **	-0,5517 **
Y_4				1	-0,6669 **	0,7210 **	-0,5353**	0,2331 *	-0,4772 **
Y_5					1	-0,8928 **	0,6784 **	-0,4851 **	0,6394 **
Y_6						1	-0,7357 **	0,5330**	-0,6444**
Y_7							1	-0,4410**	0,5209 **
Y_8								1	-0,3521 **
Y_9									1

inserção do racemo primário (cm), Y_8 : Comprimento de internódio até a inserção do racemo primário (cm), Y_9 : comprimento de racemo (cm), significativo ao nível de 5% (*) e significativo ao nível de 1% (**) pelo teste t

Tabela 5 - Estimativas de efeitos diretos (na diagonal, negrito) e indiretos (fora da diagonal) de 8 variáveis agrônomicas sobre a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) em 6 tratamentos no sistema de consorciação da mamona com girassol em plantios defasados em regime de sequeiro. Quixadá-CE. 2008, 2009 e 2010

Variáveis	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉	Total
Y ₂	-0,0108	0,5762	-0,0169	-0,0289	0,1001	-0,0110	-0,0126	-0,0046	0,5914 **
Y ₃	-0,0064	0,9609	-0,0198	-0,0338	0,1213	-0,0120	-0,0108	0,0055	0,9937 **
Y ₄	-0,0054	0,5691	-0,0334	-0,0293	0,1021	-0,0109	-0,0060	-0,0047	0,5812 **
Y ₅	0,0070	-0,7377	0,0222	0,0440	-0,1264	0,0138	0,0126	0,0064	-0,7580 **
Y ₆	-0,0076	0,8227	-0,0241	-0,0393	0,1416	-0,0149	-0,0138	-0,0064	0,8581 **
Y ₇	0,0058	-0,5703	0,0178	0,0298	-0,1042	0,0203	0,0114	0,0052	-0,5838**
Y ₈	-0,0052	0,4007	-0,0077	-0,0213	0,0755	-0,0089	-0,0259	-0,0035	-0,4033 **
Y ₉	0,0050	-0,5301	0,0159	0,0281	-0,0912	0,0106	0,0091	0,0100	-0,5425**
R ²	0,9811								
Efeito Residual	0,1027								

Y₂: produtividade de racemo (Kg ha⁻¹), Y₃: relação Y₁/Y₂, Y₄: número de racemo por planta, Y₅: número de internódios até a inserção do racemo primário, Y₆: altura da planta (cm), Y₇: Altura de inserção do racemo primário (cm), Y₈: Comprimento de internódio até a inserção do racemo primário (cm), Y₉: comprimento de racemo (cm)

Na Tabela 5, observa-se análise de trilha e constata-se que a variável relação entre produtividade grãos : produtividade de racemos apresentou correlação forte (Tabela 4 e 5) com a produtividade de grãos (0,9937), significativa estatisticamente (t≤0,01), e efeito direto alto (0,9609). Isso indica que tal valor de correlação foi originado pelo fator de causa direta, o qual contribui com 96,69% desse número, sendo o restante atribuído os efeitos indiretos (3,31%). Hoogerneide et al. (2007) relataram que quando ocorre esse tipo de resposta recomenda-se a seleção truncada, a qual pode vir a proporcionar ganho satisfatório na produtividade.

A correlação entre a produtividade de grãos x número de racemos por planta (0,5812) indicando uma forte associação entre tais variáveis (Tabela 4 e 5). O efeito direto do número de racemos por planta foi negativo (-0,0334), sugerindo que a correlação foi oriunda dos efeitos de causa indireta, sendo a relação entre produtividade de grãos : produtividade de racemos como também pela altura da planta (Tabela 5). Isso tipo de resposta indica que a quantidade de racemos não contribui para formação de uma grande produtividade de grãos. Entretanto, tal resultado sugere que as plantas que apresentarem melhor partição na matéria seca empregada para composição das variáveis como a produtividade de grãos e produtividade de racemos, sendo preferido que ocorra uma relação de aumento relativo maior para a primeira variável em relação à segunda. Resultados diferenciados ao do sistema de consorciação da mamona com girassol em plantios defasados foram verificados por Salih e Khidir (1975), Thatikunta e Prasad (2001), Santos *et al.* (2004) e Sarwar e Chardhry (2008) onde os autores constataram efeito positivo do número de racemos em relação a produtividade.

O número de internódios correlacionou negativamente (Tabela 4) com a produtividade de grãos da mamoneira (-

0,7580), o efeito direto (Tabela 5) foi positivo e de baixa magnitude (0,0440). Os efeitos indiretos da análise de trilha a relação entre produtividade de grãos e racemos (-0,7377) apresentaram participação de 97,32% do efeito direto do número de internódios sobre a produtividade de grãos. Respostas desta magnitude sugerem, que plantas com maior relação entre a produtividade de grãos e racemos e de baixa estatura, provavelmente apresentarão incrementos na produtividade de grãos. Thatikunta e Prasad (2001) constataram valor negativo para efeito direto número de internódios (-2,66) e efeito indireto para altura da planta (-0,51), sugerindo que as plantas mais apropriadas para aumentar a produtividade de grãos são as de porte anão.

A altura da planta apresentou efeito direto positivo e de baixa magnitude (0,1416) efeito indireto positivo via relação entre a produtividade de grãos e racemos (0,8227) e correlação alta (0,8581). Isso indica que a correlação foi originada principalmente pelos efeitos de causa indireta, sendo que relação entre produtividade de grãos e racemos teve contribuição 95,87% do valor total (Tabela 5). Com relação ao efeito direto da altura de planta sobre a produtividade de grãos, tendo valor negativo foram citados por Thatikunta e Prasad (2001) e Sarwar e Chardhry (2008), enquanto valores positivos em tal característica reportados por Salih e Khidir (1975) e Santos *et al.* (2004). Alguns autores concordam que plantas de pequena estatura podem proporcionar incrementos na produtividade de grãos dentre eles cita-se Salih e Khidir (1975), Thatikunta e Prasad (2001), Sarwar e Chardhry (2008), Mijić *et al.* (2009), Ilahi *et al.* (2009). Um relato que dá mais suporte aos comentários dos autores anteriormente citados foi elaborado por Pereira (1989) reportando que para uma mesma taxa assimilação fotossintética acarreta taxa de crescimento inversamente proporcional ao tamanho da planta, em função da respiração de manutenção, explicando parte a maior

produtividade em variedades de porte reduzido, principalmente em cereais.

A altura de inserção do racemo primário quando correlacionada com a produtividade de grãos (Tabela 4) apresentou valor negativo (-0,5838), o efeito direto (Tabela 5) foi positivo (0,0203). Os resultados da análise de trilha revelaram que a altura de inserção do racemo primário proporcionou efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos da mamona. Isso indica que plantas com baixa altura de inserção do racemo primário, possivelmente apresentaram melhor partição de carbono para formação do primeiro cacho, como também para os demais cachos, tendo conseqüentemente incrementos na produtividade de grãos.

O comprimento de internódio apresentou correlação positiva e de baixa magnitude (0,4033), quando associado com a produtividade de grãos (Tabela 4), o efeito direto (Tabela 5) foi negativo (-0,0259). Esses resultados, possivelmente indicam que plantas com menor comprimento de internódio, apresentaram menor altura de inserção do racemo primário, refletindo assim em incrementos na produtividade de grãos. Ilahi *et al.* (2009) reportaram efeito direto negativo para altura de planta e efeito positivo para comprimento de internódio, tomando como variável base o peso de aquênios por capítulo na cultura do girassol. Esse tipo de resposta reforça a interpretação que comprimento de internódios menores, resultara em plantas de mamona com estatura reduzida, com isso existe a possibilidade de ocorrer maior de partição de fotoassimilados para formação da produção de sementes de mamona em relação ao crescimento e desenvolvimento da planta no caractere altura.

Montardo *et al.* (2003) sugere uma possível razão para baixa correlação entre variáveis seria a ocorrência de pouca variabilidade em uma das mesmas, uma vez que a

análise de trilha procura identificar uma eventual associação na variação das características em estudo. Assim, se uma das variáveis apresenta uma baixa variabilidade, provavelmente não será possível determinar uma associação entre essa característica e qualquer outra, ou essa associação apresentará pequena correlação.

Para o comprimento de racemos x produtividade de grãos (Tabela 4) constatou-se correlação negativa (-0,5425), tendo efeito direto (Tabela 5) positivo (0,0100). Vale ressaltar, que essa correlação ocorreu, indiretamente pelo efeito da razão produtividade de grãos por racemos (Tabela 5). Thatikunta e Prasad (2001) observaram correlação positiva para o par comprimento de racemo x produtividade de grãos, além disso, também constataram efeito direto positivo. Esses autores ainda comentam que a altura da planta (-0,52) e número de internódios até o racemo primário (-1,50) para efeitos indiretos, demonstrando a importância de plantas de porte anão, floração precoce e apresentando uma maior relação flores femininas / flores masculinas.

Sarwar e Chardhry (2008) reporta valor negativo (-0,052) para efeito direto do comprimento do racemo primário na produtividade, porém apresentou correlação positiva (0,1127) com a produtividade de grãos. Neste de tipo de situação com coeficiente de correlação positivo, mas, com efeito, direto negativo, a correlação que ocorre é originada dos efeitos indiretos. Desta forma todos os efeitos causais diretos poderiam ser considerados simultaneamente para a produtividade de grãos.

Análise de correlação na cultura do girassol

Os dados de correlação entre a produtividade do girassol e suas características agronômicas encontram-se alocados na Tabela 6.

Tabela 6 - Matriz de correlação entre 4 variáveis agronômicas em 6 tratamentos do girassol defasado em relação a mamona no sistema de consorciação sob regime de sequeiro. Quixadá-CE. 2008, 2009 e 2010

Y₁: produtividade de grãos (kg ha⁻¹), Y₂: altura de planta (m), Y₃: altura de capítulo, Y₄: diâmetro do capítulo, significativo ao nível de 5% (*) e significativo ao nível de 1% (**) pelo teste t

As combinações entre Y₁ x Y₂ e Y₁ x Y₃ tiveram resultados significativos e positivos, indicando uma base de relacionamento estreita entre as variáveis agronômicas analisadas (Tabela 6), sugerindo incrementos nos pares

magnitude fraca para o par Y₁ x Y₂ foram óbitos por Amorim *et al.* (2008), Binodh *et al.* (2008), Kaya *et al.* (2008), Mijić *et al.* (2009) e Anandhan *et al.* (2010).

A correlação entre o par Y₁ x Y₃ apresentou resultado

Variáveis	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
Y ₁	1	0,2903 **	0,7252 **	-0,2211 *
Y ₂		1	0,4325 **	-0,1435 ^{ns}
Y ₃			1	-0,2465 **
Y ₄				1

correlacionados. Além disso, podem também indicar que ocorre algum grau de interferência nas variáveis correlatas para a expressão do rendimento. Vale destacar que a correlação entre Y₁ x Y₂ (0,2903) foi significativa (t ≤ 0,01), mas de baixa magnitude. Relacionamento de

positivo e teve alta magnitude (0,7252), sugerindo ter que a altura de capítulo apresentou algum de inter-relacionamento com a produtividade de grãos (Tabela 6). Resultados diferenciados foram constatados por Amorim *et al.* (2008) onde os autores detectaram que não existem

correlação entre produtividade de grãos x altura de inserção do capítulo e produtividade de grãos x curvatura do caule na cultura do girassol.

O par Y_1 x Y_4 apresentou correlação negativa e significativa ($t \leq 0,05$), tendo baixa magnitude de relacionamento (Tabela 6). Esse tipo resultado constatado nessa relação foi observado também por autores como Iqbal *et al.* (2009). Relacionamento fraco e positivo para produtividade de grãos x diâmetro do capítulo foram constatados por Kothai *et al.* (2007), Binodh *et al.* (2008) e Anandhan *et al.* (2010). Na literatura corrente também ocorrem resultados de correlação forte para produtividade de grãos x diâmetro do capítulo do girassol, sendo reportado por Chikkadevaiah *et al.* (2002), Amorim *et al.* (2008), Machikowa e Saetang (2008).

Análise trilha na cultura do girassol

Na Tabela 7, observa-se análise de trilha e constata-se que a variável altura de planta apresentou baixa correlação (Tabela 6 e 7) com a produtividade de grãos (0,2903), significativa estatisticamente ($t \leq 0,01$), e efeito direto negativo (-0,0308). A correlação gerada entre produtividade de grãos e altura da planta foi originada principalmente pelos efeitos indiretos, sendo a altura de capítulo o fator majoritário nessa contribuição (Tabela 7). Machikowa e Saetang (2008) encontraram correlação positiva para produtividade de grãos x altura de planta de girassol (0,551), além disso, também constataram efeito direto positivo (0,450). A correlação verificada pelos

autores foi oriunda pelo efeito direto, sendo representada pela altura da planta sobre a produtividade de grãos do girassol.

A altura de capítulo correlacionada quando correlacionada com a produtividade de grãos (Tabela 6) apresentou valor positivo de alta magnitude (0,7252), o efeito direto (Tabela 7) foi positivo (0,7271). Os resultados da análise de trilha revelaram que a altura de capítulo proporcionou efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos do girassol.

O diâmetro do capítulo correlacionado com a produtividade de grãos (Tabela 6) apresentou valor negativo (-0,2211), o efeito direto (Tabela 7) foi negativo (-0,0463). A correlação gerada entre diâmetro do capítulo e produtividade de grãos ocorreu principalmente em função dos efeitos indiretos altura de planta e altura de capítulo, os quais responderam por percentual de 79,05 % do valor da correlação originada. O efeito direto negativo para diâmetro do capítulo sobre a produtividade, pode ter ocorrido em por causas ambientais ou por diferenças entre os tratamentos estudos no regime de consorciação da mamona + girassol, tendo a cultura consorte defasagem de plantio em relação a cultura principal. Marinković (1992) reporta efeito negativo do diâmetro de capítulo sobre a produtividade de grãos, portanto corroborando com os resultados obtidos no consorcio mamona+ girassol, no componente da cultura consorte. Correlação positiva e efeito direto positivo para diâmetro do capítulo x produtividade de grãos de girassol foram verificadas por Farhatullah *et al.* (2006) e Iqbal *et al.* (2009).

Tabela 7 - Estimativas de efeitos diretos (na diagonal, negrito) e indiretos (fora da diagonal) de 3 variáveis agrônomicas sobre a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) em 6 tratamentos no sistema de consorciação do girassol com mamona, tendo a cultura consorte defasagem de plantio sob regime de sequeiro. Quixadá-CE. 2008, 2009 e 2010
 Y_2 : altura de planta (m), Y_3 : altura de capítulo, Y_4 : diâmetro do capítulo

CONCLUSÕES

Efeitos diretos positivos foram constatados na relação

Variáveis	Y_2	Y_3	Y_4	Total
Y_2	-0,0308	0,3144	0,0066	0,2903**
Y_3	-0,0133	0,7271	0,0114	0,7252**
Y_4	0,0044	-0,1792	-0,0463	-0,2211 *
R^2	0,5285			
Efeito Residual	0,6865			

entre produtividade de grãos e racemos, número de internódios, altura de planta, altura de inserção do racemo primário e comprimento de racemo sobre a produtividade de grãos da mamona.

Efeito direto positivo foi constatado para altura de capítulo sobre a produtividade de grãos do girassol.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIH, T. A. M. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 307 – 316, 2008.

ANANDHAN, T.; MANIVANNAN, N.; VINDHIYAVARMAN, P.; JEYAKUMAR, P. Correlation for oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L). **Electronic Journal of Plant Breeding**, v.1, n.4, p. 869-871, 2010.

ANJANI, K. Extra-early maturing germplasm for utilization in castor improvement. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 1, p. 139-144, 2010.

- BHATTACHARYYA, R.; ROY, B.; KABI, M. C.; BASU, A. K. Character association and path analysis of seed yield and its attributes in rice as affected by bio-inoculums under Tropical Environment. **Tropical Agricultural Research & Extension**, v.10, p. 23-28, 2007.
- BINODH, A. K.; MANIVANNAN, N.; VARMAN, P. V. Character association and path analysis in sunflower. **The Madral Agricultural Journal**, v. 95, n. 7-12, p. 425-428, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE. 1973. v. 1, p. 301 (Boletim Técnico, 28).
- CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C. de; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997, 24p. (Documentos, 59).
- CHIKKADEVAIAH, SUJATHA, H. L.; NANDINI. Correlation and path analysis in sunflower. **Helia**, v. 25, n. 37, p. 109-118, 2002.
- COIMBRA, J. L. M.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; OLIVEIRA, A. C. DE; CARVALHO, F. I. F.; GUIDOLIN, A. F.; SOARES, A. P. Consequências da multicliênaridade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 35, n. 2, p. 347-352, 2005.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFRV. Viçosa (MG). 382p. 2006.
- EMBRAPA Cultivares**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=64&cod_pai=155>, acesso em 27 dez. de 2007 b.
- EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB). **MAMONA BRS ENERGIA**, 2007 a (Folder).
- FARHATULLAH; FAROOQ-E-AZAM; KHALIL, I. H. Path analysis of the coefficients of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. **International Journal of Agricultural and Biology**, v. 8, n.5, p.621-625, 2006.
- GAN, Y. T.; LIU, P. H.; STEVENSON, F. C.; McDonald, C. L. Interrelationships among yield components of chickpea in semiarid environments. **Canadian Journal of Plant Science**, v.83, p.759-767, 2003.
- HOOGERHEIDE, E. S. S.; VENCOVSKY, R.; FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; ARANTES, E. M. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1401-1405, 2007.
- ILAH, F.; TAHIR, M. H. N.; SADAQAT, H. A. Correlation and path coefficient analysis for achene yield and yield components in sunflower. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 46, n. 1, p. 20-24, 2009.
- IQBAL, M. ; ALI, M. A.; ABBAS, A. ; ZULKIFFAL, M. ; ZEESHAN, M.; SADAQAT, H. A. Genetic behavior and impact of various quantitative traits on oil contents in sunflower under waters stress conditions at productive phase. **Plant Omics Journal**, v. 2, n.2, p. 70-77, 2009.
- KALE, U.V.; KALPANDE, H.V.; ANNAPURVE, S. N.; GITE, V.K. Yield components analysis in American Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **The Madras Agricultural Journal**, v. 94, n. 7-12, p. 156-161, 2007.
- KAY, Y.; EVEI, G.; PEKCAN, V.; GUCER, T.; DURAK, S.; YILMAZ, M. I. The path analysis of yield traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Agronomijas Vēstis (Latvian Journal of Agronomy)**, n. 11, p. 72-77, 2008.
- KOTHAI, K. S.; MANIVANNAN, N.; VINDHIYVARMAN, P. Correlation and path analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **The Madral Agricultural Journal**, v. 94, n. 1-6, p. 120-124, 2007.
- KRUG, C. A.; MENDES, P. T. Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). II — Observações gerais sobre a variabilidade do gênero *Ricinus*. **Bragantia**, v. 12, n. 5, p. 155-197, 1942.
- LIMA, E. F.; SANTOS, J. W. dos. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre características agrônômicas da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p.147-150, 1998.
- MACHIKOWA, T.; SAETANG, C. Correlation and path coefficient analysis on seed yield in sunflower. **Suranaree Journal of Science and Technology**, v. 15, n. 3, p. 243-248, 2008.
- MARINKOVIĆ, R. Path-coefficient analysis of some yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Euphytica**, v.60, n. 3, p.201-205, 1992.
- MIJIĆ, A. ; LIOVIĆ, ZDUNIĆ, Z.; MARIĆ, S.; JEROMELA, A. M.; ANKULOVSKA, M. Quantitative analysis of oil yield and its components in sunflower (*Heliantuhs annuus* L.). **Romanian Agricultural Research**, v. 26, p. 41-46, 2009.
- MONTARDO, D. P.; AGNOL, M. D.; CRUSIUS, A. F.; PAIM. Análise de Trilha para Rendimento de sementes

- em trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1076-1082, 2003.
- PEREIRA, A. R. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1, n.2, p. 139-142, 1989.
- Produção e Produtividade da mamoneira em 2009.** Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em 22 de dez de 2010.
- SALIH, S. H.; KHIDIR, M. O. Correlatio, path analysis and selection indices for castorbean (*Ricinus communis* L.). **Experimental Agriculture**, v. 41, n. 2, p. 145-154, 1975.
- SAMPAIO FILHO, O. M.; SILVA, S. A.; LEDO, C. A. da S.; SOUZA, C. M. M. de; SILVA, M. S. da; SILVA, L. S. da. Correlação entre caracteres de cultivares de maneira no Recôncavo Baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador, Bahia. **Anais...Campina Grande: Embrapa Algodão**, 2008. 1 CD-ROM.
- SANTOS, T. DA, S.; SANTOS, J. W. DOS; CABRAL, R. B. Análise da trajetória sob multicolinearidade: uma aplicação a dados dos componentes de produção de mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...Campina Grande: EMBRAPA Algodão**, 2004, 1 CD-ROM.
- SARWAR, G.; CHAUDHRY, M. B. Evaluation of castor (*Ricinus communis* L.) induced mutants for possible selection in the improvement of seed yield. Short Communication, **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 4, p. 629-634, 2008.
- SHANTHY, A.; CHINNAMUTHU, C. R.; RAMESH, T. Productivity and economics of groundnut-sunflower intercropping system as influenced by nutrient management practices under irrigated condition. **The Madras Agricultural Journal**, v. 96, n. 7-12, p. 374-377. 2009.
- SPINELLI, V. M.; ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; MARCOLAN, A. L.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; FERNANDES, C. DE, F.; MILITÃO, J. S. L. T.; DIAS, L. A. DOS, S. Componentes primários e secundários do rendimento do óleo de pinhão – manso. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 40, n. 8, p. 1752-1758, 2010.
- SUMATHI, P; MURALIDHARAN, V.; MANIVANNAN, N. Trait association and path coefficient analysis for yield and yield attributing traits in sesame (*Sesamum indicum* L.). **The Madras Agricultural Journal**, v. 94, n.7-12, p. 174-178, 2007.
- THATIKUNTA, R.; PRASAD, D. Path analysis in castor (*Ricinus communis* L.). Research Notes, **The Madras Agricultural Journal**, v. 88, n. 10-12, p. 705-707. 2001.
- YASIN, A. B.; SINGH, S. Correlation and path coefficient analysis in sunflower. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 2, n. 5, p. 129-133, may, 2010.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, n. 7, p. 557-587, jan., 1921.

Recebido em 16 03 2011

Aceito em 16 11 2011