

PRODUTIVIDADE DO MILHO DE SEQUEIRO EM FUNÇÃO DA FERTILIZAÇÃO, DENSIDADE DE PLANTIO E ESPAÇAMENTO*

Maize yield as affected by fertilization, plant density, and row spacing

João Bosco Pitombeira**
Raimundo de Pontes Nunes**

RESUMO

O experimento consistiu de 81 tratamentos resultantes das combinações fatoriais de três espaçamentos entre linhas, três cultivares, três doses de adubação NPK e três populações de plantas/ha, em parcelas sub-sub-sub divididas com duas repetições. Os quatro fatores, quando em diferentes combinações, mostraram ter grande influência na produtividade do milho de sequeiro. Contudo, somente adubação produziu alterações significativas quando considerada isoladamente, como efeito principal. O espaçamento entre linhas, isoladamente, não afetou significativamente a produção de grãos, mas em combinação com adubação e cultivar, produziu efeitos altamente significativos. As cultivares também não diferiram entre si quando considerados apenas os efeitos principais, mas responderam de forma estatisticamente significativa aos diferentes espaçamentos e níveis de adubação. Seis das 10 maiores produtividades foram obtidas com populações de 60 mil planta/ha e sete com espaçamento de 1,00 m entre linhas. A cultivar AG-405, em média, foi a mais produtiva e a mais exigente quanto a fertilizantes. Mostrou-se, contudo, altamente plástica, sendo capaz de produzir bem sob diferentes níveis de fertilização, espaçamentos e populações de plantas. Dos 27 tratamentos sem adubo (combinações de cultivar x espaçamento x populações), 10 produziram entre 2.554 e 4.240 kg/ha, sugerindo ser possível elevar substancialmente a produtividade do milho de sequeiro no Estado do Ceará, sem o uso de fertilizantes, o mais caro dos insumos de produção, escolhendo-se adequadamente as cultivares e adotando as práticas culturais como espaçamento e densidade de plantio que lhes sejam apropriadas.

PALAVRAS-CHAVE: Zea mays, práticas culturais, adubação, populações de plantas.

SUMMARY

A rain fed experiment consisting of 81 treatments resulting from the factorial combinations of four factors (cultivars, row spacing, plant population and NPK fertilizers) each at three levels was conducted at the Federal University of Ceará Experimental Farm in Pentecoste, Ceará, Brazil. Only the levels of NPK mixture showed statistically significant main effect. The interactions row spacing vs. cultivars and row spacing vs. fertilizers were significant. Seven out of ten highest grain yield were obtained with 1.00m row spacing six with the 60 thousand plants/ha. An evaluation of the 27 treatments without fertilizer showed that it is possible to obtain, potentially, from 2,554 to 4,240 kg/ha of grain yield in rain fed corn crop by an appropriated combination of cultivar, row spacing and plant population.

KEY-WORDS: Corn, row spacing, plant population, corn fertilization.

* Trabalho realizado com apoio do Convênio SEPLAN/CEDCT/UFC/FCPC-Produtividade do Milho.

** Professores do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

INTRODUÇÃO

A produção de milho no estado do Ceará, período 1989/1993, apresentou tendência declinante. NUNES *et al.*⁵ atribuem esse fato à forte dependência da cultura ao regime pluviométrico, que se caracterizou pela irregularidade, pela má distribuição e por precipitações abaixo das médias históricas, com o comprometimento generalizado da produção agrícola do Estado. Os mesmos autores sugerem que o cultivo irrigado pode restabelecer a produção, elevando-a a níveis compatíveis com a demanda e consumo do produto.

O cultivo irrigado do milho requer, contudo, o uso de tecnologias que garantam altas produtividades e a utilização intensiva da terra, destacando-se, neste contexto, cultivares capazes de responderem adequadamente aos insumos tecnológicos de produção como a água, fertilizantes, defensivos e ao manejo das práticas culturais. É, pois, de interesse o desenvolvimento de tecnologias que assegurem boas produtividades mesmo em regime de sequeiro, forma tradicional de cultivo de milho no Ceará.

NUNES *et al.*⁵ investigaram o comportamento de cultivares de milho em cultivo irrigado com diferentes densidades populacionais e quatro épocas de plantio. A média geral do experimento foi de 4.480 kg/ha, quatro vezes maior do que a média do estado do Ceará para cultivos de sequeiro, porém considerada economicamente inadequada, face aos altos custos de produção envolvidos. As maiores produtividades foram obtidas com o híbrido C-125 e a cultivar BR-106 plantados em 13 de setembro em populações de 60 e 75 mil plantas/ha. Várias outras combinações de cultivar/época/populações alcançaram produtividades acima de 5.000 kg/ha. COLYER & KROTH³ estudaram o efeito de níveis de nitrogênio e populações de plantas sobre o milho irrigado e não irrigado, encontrando os maiores rendimentos na maior população (51.891 plantas/ha) e dose de 224kg/ha de N para o irrigado. Para sequeiro a maior produção foi obtida com 42.000 plantas/ha e 168kg/ha de N. BROWN *et al.*² analisaram o comportamento de milho irrigado e não irrigado em espaçamentos entre fileira de 0,51m e 1,02m com populações variando de 50.500 e 100.000 plantas/ha. No milho irrigado o maior rendimento foi com fileiras de 0,51m. No não irrigado as variedades tiveram comportamento diferentes nos espaçamentos entre fileiras. Aumento da população de 50.000 para 100.000 aumentou o rendimento somente nas condições irrigadas. STIVERS *et al.*⁷ em pesquisa com três híbridos de diferentes ciclos (precoce, normal e tardio) em três espaçamentos entre fileiras -0,51m, 0,76m e 1,02m, e duas populações - 59 e 64 mil plantas/ha, obtiveram maiores produções nos espaçamentos mais estreitos com menores

populações. LUTZ *et al.*⁴ estudaram o efeito do espaçamento entre linhas e de populações na produção de híbridos de milho também de diferentes ciclos. Os espaçamentos foram de 0,40m, 0,60m, 0,80m e 1,00m e as populações variaram de 37.100 a 69.000 plantas/ha. Os híbridos mais tardios foram os mais produtivos e as maiores produções foram verificadas nas maiores populações. RESENDE *et al.*⁶ analisando os resultados de pesquisa em Minas Gerais informam que as produtividades máximas foram obtidas com populações em torno de 60.000 plantas/ha.

No presente trabalho são investigadas as respostas de três cultivares em plantio de sequeiro, submetidas a três níveis de fertilização com NPK, três densidades populacionais de plantas/ha em três diferentes espaçamentos entre linhas. A pesquisa enfatiza a necessidade de ajustes das técnicas de manejo cultural conforme os materiais genéticos ou cultivares disponíveis.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada num solo de aluvião eutrófico, de mediana fertilidade, da Fazenda Experimental do Vale do Curu (FEVC) de propriedade da Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste. (3° 47' S; 39° 17' W), Microrregião Homogênea de Uruburetama. O clima da região, conforme Koppen, é do tipo BSx h i, isto é, semi-árido, com evaporação superior à precipitação. O experimento foi plantado em 13 de março de 1991. A precipitação acumulada nos 96 dias seguintes ao plantio foi de 517 mm, a evapotranspiração 508 mm e a temperatura média do período foi 26,8°C.

O experimento constou de todas as 81 combinações fatoriais de 3 espaçamentos entre linhas (1,00m, 0,80m e 0,60m); 3 materiais genéticos designados genericamente de cultivares (C-125, híbrido da Cargil; AG-405, híbrido da Agrocere e BR-106, variedade da EMBRAPA); 3 doses de NPK (00:00:00, 60:30:20 e 240:120:80 kg/ha) e 3 densidades de plantas/ha (45.000, 60.000 e 75.000). As cultivares testadas são plantadas no Estado e as sementes foram adquiridas no comércio especializado de Fortaleza. As fontes de N, P e K foram, respectivamente, uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Os tratamentos foram arrançados em parcelas sub-sub-sub-divididas, com duas repetições (blocos). Cada bloco foi dividido em 3 parcelas, cada parcela em 3 sub-parcelas, cada sub-parcela em 3 sub-sub-parcelas e cada sub-sub-parcela em 3 sub-sub-sub-parcelas. As parcelas tiveram áreas diferentes em função do espaçamento entre linhas: E1(1,00)=6,0x4,0=24,0m²; E2(0,80)=6,0x3,2=19,2m²; E3(0,60)=6,0x2,4=14,4m².

Os fertilizantes fostatado e potássico e 1/3 do nitrogenado foram aplicados no plantio. O restante do nitrogenado foi distribuído em cobertura, em duas aplicações iguais, aos 30 e 45 dias após o plantio. As sementes foram distribuídas em sulcos, manualmente, e após 15 dias do plantio foi realizado o desbaste para adequar as densidades populacionais a 45, 60 e 75 mil plantas/ha. As pragas que ocorreram, lagarta do cartucho [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith 1797)] e pulgões [*Rhopalosiphum maidis* (Fitch 1856)] foram efetivamente controladas, não causando danos aparentes à cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observam-se respostas altamente significativas para as doses de fertilizantes, para as interações espaçamento vs. fertilizantes e espaçamento vs. fertilizantes vs. cultivares. Nenhum outro efeito significativo sobre a produtividade de grãos foi observado. A produção de grãos em todas as combinações de fatores estudados (médias de três níveis dos três outros fatores e duas repetições), Tabela 2, mostra que somente as médias entre doses de fertilizantes apresentaram diferenças estatisticamente significativas. A maior produção de grãos (4.612 kg/ha), obtida com a dose 3 (240:120:80 kg/ha de NPK), foi estatisticamente superior às obtidas com as doses 1 e 2 (testemunha sem adubo e 60:30:20 kg/ha de NPK, respectivamente) e a obtida com a dose 2 foi estatisticamente superior à da dose 1.

No que respeita à interação espaçamento vs. adubação, a maior produção de grãos (4.951 kg/ha) ocorreu com a maior dose de fertilizante associada com o maior espaçamento entre fileiras. Diversas outras combinações produziram acima de 4.000 kg/ha. As combinações de espaçamentos envolvendo a dose 1 (testemunha sem adubo) foram as menos produtivas (inferior a 3.000 kg/ha). Entretanto, essas produtividades foram muito superiores à média tradicional do Ceará (inferior a 500 kg/ha) para o milho de sequeiro, geralmente plantado em consórcio, sem adubação e baixo nível de controle fitossanitário. Essa superioridade pode ser atribuída ao: (1) superior potencial genético das cultivares; (2) plantio em cultura pura em elevadas densidades de plantas/ha; e (3) ao uso de defensivos e outros cuidados culturais empregados na presente pesquisa.

O efeito da interação tripla cultivar vs. espaçamento vs. adubação pode ser observado na Tabela 3. A maior produtividade (5.119 kg/ha) foi obtida na combinação cultivar (BR-106), dose de adubação (240: 120:80 kg/ha de NPK) e espaçamento de 1,0m entre linhas. Todavia esse resultado não difere significativamente da produtividade 3.470 kg/ha

obtida com o tratamento envolvendo a cultivar C-125 a dose de adubação (60:30:20) e o espaçamento de 0,80m entre linhas. A mais baixa produtividade (1.588 kg/ha) foi observada para a combinação cultivar C-125, sem adubação e espaçamento 0,80 entre linhas. As Tabelas 2 e 3 destacam a necessidade de ajuste dos parâmetros culturais doses de adubação e espaçamento entre linhas, conforme a cultivar, ou seja, que materiais genéticos diferentes respondem diferentemente a variações naturalmente existentes ou impostas (caso da presente pesquisa) no ambiente de cultivo.

Na Tabela 4 são apresentadas em ordem decrescente, as combinações de cultivar, espaçamento, fertilidade e populações de plantas/ha que resultaram nas 10 maiores produtividades observadas. Por se tratar de informação de interesse prático, essa listagem não considera a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as médias. Destaque-se: (1) cultivar BR-106 está presente em 6 das 10 maiores produtividades e a cultivar AG-405 em quatro; (2) sete das 10 melhores produtividades foram obtidas no espaçamento 1,00m entre linhas e 3 com o espaçamento de 0,60 m entre linhas; (3) sete das 10 maiores produtividades foram obtidas com a fórmula de adubação 240:120: 80 kg/ha de NPK e três com a fórmula 60:30: 20kg/ha; (4) seis dentre as 10 melhores produtividades foram obtidas com 60 mil plantas/ha, três com 75 mil e uma com 45 mil.

A Tabela 5 mostra as 10 melhores produtividades obtidas em combinações de cultivar, espaçamento e densidade de plantas/ha, mas sem nenhum fertilizante. A maior produção sem adubação (4.240 kg/ha) foi obtida com a cultivar AG-405, espaçamento de 1,00 m entre linhas e 75 mil plantas/ha. Os dados em questão mostram ser possível alcançar produtividades relativamente altas (2.554 a 4.240 kg/ha), de até mais de quatro vezes a média do Estado sem o uso de fertilizantes, indiscutivelmente o mais caro dos insumos tecnológicos de produção, bastando, para isso, escolher cultivares de alto potencial de produção e ajustar o espaçamento e a densidade de plantas às exigências das mesmas.

CONCLUSÕES

1. As maiores produtividades (por combinações de fatores) e a maior produtividade média de grãos foram observadas na presença do nível mais alto de adubação.

2. Espaçamentos entre linhas, somente não afetaram significativamente a produção de grãos, mas combinados com doses de adubação e cultivar, produziram efeitos altamente significativos.

3. Cultivares, isoladamente, também não diferiram quanto à produtividade. Todavia, quando considerados nos diferentes espaçamentos entre linhas e doses de adubação apresentaram produtividades estatisticamente distintas.

4. Com respeito às dez maiores produtividades (médias de duas repetições), destacam-se as seguintes observações:

4.1. A cultivar AG-405 obteve três das maiores produtividades, todas na presença do nível de fertilização mais alto.

4.2. A cultivar BR-106 foi responsável por sete das dez maiores produtividades, quatro das quais no nível mais alto e três no nível intermediário de adubação.

4.3. Seis das dez maiores produtividades foram obtidas com 60 mil plantas/ha, três com 75 mil plantas/ha e uma com 45 mil plantas/ha.

4.4. Sete das dez maiores produtividades foram obtidas no espaçamento de 1,00m entre linhas e três no de 0,60 m.

5. A cultivar AG-405 mostrou-se, na média geral, a mais produtiva e, também, a mais exigente quanto à adubação.

Este híbrido, contudo, mostrou grande plasticidade ao apresentar altas produtividades em diferentes, níveis de fertilização, espaçamentos e populações de plantas/ha. A BR-106 foi a segunda mais produtiva e, aparentemente, menos exigente quanto a fertilizantes.

6. Dez combinações de cultivar, espaçamento entre linhas e população de plantas/ha, sem fertilizante, alcançaram produções entre 2.554 e 4.240 kg/ha (2,5 a 5 vezes superior à média do estado do Ceará).

7. Finalmente, os resultados sugerem ser possível elevar substancialmente a produtividade do milho de sequeiro no estado do Ceará sem o uso de fertilizantes, escolhendo-se adequadamente a cultivar e adotando as práticas culturais que lhe sejam apropriadas, como espaçamento e densidade de cultivo.

TABELA 1 - Análise de variância para a produção de grãos (valores de F)

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Valores de F
Repetições	1	2,86
Espaçamento (E)	2	6,46
Erro (a)	(2)	-
Cultivar (C)	2	0,58
EC	4	1,10
Erro (b)	(6)	-
Fertilizante (F)	2	97,96**
EF	4	3,07*
CF	4	0,27
ECF	8	5,67**
Erro (c)	18	-
Densidades(D)	2	2,04
ED	4	1,72
CD	4	1,28
ECD	8	1,28
FD	4	1,13
EFD	8	0,17
CFD	8	1,18
ECFD	16	0,61
Erro(d)	54	-

* Significativo ao nível de 0,05;

** Significativo ao nível de 0,001

TABELA 2 - Produção de grãos (kg/ha) de três cultivares de milho em três espaçamentos entre linhas e três densidades de plantas/ha e três níveis de adubação NPK. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1991.¹

Fatores		Densidade			Adubação			Espaçamento			Produção Média
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Cultivar	C-125	3555	3457	3257	2429	3497	4344	4030	3198	3040	3423
	Ag405	3680	3932	3895	2979	3470	4788	4396	3711	3400	3836
	BR-106	3723	4026	3447	2730	3763	4703	3853	2998	4345	3732
Espaçamento	1,00	3894	4280	4105	2965BC	4363A	4951A				4093
	0,80	3386	3262	3259	2233C	3170B	4504A				3302
	0,60	3678	3873	3236	2940C	3466B	4380A				3595
Adubação	0:0:0	2819	2711	2608							2713C
	60:30:20	3701	3728	3570							3666B
	240:120:80	4439	4975	4422							4612A
Densidade	45.000										
	60.000										
	75.000										

1): Médias seguidas por letras diferentes na vertical, apresentam diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey para $\alpha = 0,05$

TABELA 3 - Produção de grãos (kg/ha) de três cultivares de milho em três espaçamentos entre linhas (m) e três níveis de adubação NPK. Médias de três populações de plantas/ha. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1991.

Fatores		Cultivares								
		C-125			AG-405			BR-106		
		Adubação (1)			Adubação(1)			Adubação(1)		
		1	2	3	1	2	3	2	3	
Espaçamento (2)	1,00	2919B	4377A	4796A	3909A	4340A	4938A	2067B	4372A	5119A
	0,80	1588B	3470A	4536A	3137B	3224B	4773A	1974C	2818B	4203A
	0,60	2779B	2644B	3701A	1890C	3656A	4653A	4150A	4098A	4786A

(1): Adubações 1, 2 e 3 correspondem, respectivamente, às doses 00:00:00, 60:30:20 e 240:120:80 kg/ha de NPK.

(2): Médias seguidas por letras diferentes na vertical apresentam diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey para $\alpha = 0,05$

TABELA 4 - Combinações de espaçamento vs. cultivar, fertilização e densidade de plantas/ha determinantes das 10 maiores produtividades de grãos de milho. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1991.

Ordem	Espaçamento entre linhas (m)	Cultivar	Adubação NPK (Kg/ha)	Plantas/ha (x1000)	Produtividade (Kg/ha)
1	1,00	AG-405	240:120:80	60	5653
2	1,00	BR-106	60:30:20	60	5587
3	0,60	AG-405	240:120:80	60	5343
4	1,00	BR-106	240:120:80	60	5312
5	0,60	BR-106	240:120:80	60	5265
6	0,60	BR-106	60:30:20	60	5109
7	1,00	BR-106	240:120:80	45	5062
8	1,00	AG-405	240:120:80	75	5053
9	1,00	BR-106	240:120:80	75	4984
10	1,00	AG-405	60:30:20	75	4944

TABELA 5 - Combinações de cultivares e densidades de plantio que determinantes das maiores produtividades sem o uso de fertilizantes. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1991.

Ordem	Cultivar	Espaçamento entre linhas (m)	Plantas/ha (x1000)	Produção (kg/ha)
	AG-405	1,00	75	4240
2	C-125	0,60	45	3968
3	AG-405	1,00	60	3518
4	AG-405	0,80	75	3351
5	C-125	1,00	60	3293
6	C-125	0,60	45	3239
7	AG-405	0,80	45	3042
8	AG-405	0,80	60	3015
9	C-125	1,00	45	2775
10	BR-106	0,80	45	2554

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, M. A.; SAUNDERS, L. C. U.; NUNES, R. P.; FILHO, J. M. Fatores que afetam a produtividade do milho, *Zea mays* L. em regime de irrigação. Ciê. Agron., v.12, n. 1/2, p. 131-140. 1981. Fortaleza- Ceará.
- BROWN, R. H. ; BEATY E. R.; HAYES, D. D. Influence of row width and plant population on yield of two varieties of corn (*Zea mays* L.). Agron. J. v. 62, p. 767-769.1970.
- COLYER, D. ; KROTH, E. M. Expected yields and returns for corn due to nitrogen and plant population. Agron. J. v. 63, p. 487-490. 1970.
- LUTZ, J. A.; CAMPER, H. M.; JONES, G. D. Row spacing and population effect on corn yield. Agron. J. v. 63, p.12-14. 1971.
- NUNES, R. P.; PITOMBEIRA, J. B.; NETO, H. M. de P.; NUNES, F. C. F. P. Produtividade do milho (*Zea mays* L.) irrigado em diferentes densidades populacionais e épocas de plantio. Ciê. Agron. v. 23, n.1/2, p. 139-147. 1992. Fortaleza, Ceará.
- RESENDE, M. G.; FRANÇA, G. E. ; ALVES, V. M. C. In: Cultura do milho irrigado- Fatores que afetam a produtividade. POTAFOS, Piracicaba, SP.1993.
- STIVERS, R. K.; GRIFFITH, D. R. ; CHRISTMAS, E. P. Corn performance in relation to row spacing, populations and hybrids of five soils in Indiana. Agron. J. v. 63, p. 580-582. 1971.