

Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas⁽¹⁾

Gilber Argenta⁽²⁾, Paulo Regis Ferreira da Silva⁽²⁾, Clayton Giani Bortolini⁽³⁾,
Everton Leonardo Forsthofer⁽²⁾, Eduardo Antonio Manjabosco⁽²⁾ e Vasco Beheregaray Neto⁽²⁾

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da redução do espaçamento entre linhas no rendimento de grãos, nos componentes de rendimento e em outras características agronômicas de híbridos simples de milho. Foram conduzidos dois experimentos no Município de Eldorado do Sul, na região fisiográfica da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. No ano agrícola de 1997/98, os tratamentos constaram de dois híbridos simples de milho (Cargill 901 e Braskalb XL 212) e de quatro espaçamentos entre linhas (40, 60, 80 e 100 cm). Em 1998/99, foram testados dois híbridos simples de milho (Cargill 901 e Braskalb XL 214) em duas densidades de plantas (50.000 e 65.000 plantas/ha) e em quatro espaçamentos entre linhas (40, 60, 80 e 100 cm). O rendimento foi influenciado pelo híbrido e pela densidade de plantas. O aumento do rendimento ocorreu principalmente em híbridos de baixa estatura e na densidade de 50.000 plantas/ha.

Termos para indexação: *Zea mays*, grãos, rendimento, características agronômicas, componentes de rendimento, população de plantas.

Response of maize single-cross hybrids to reduced row spacing

Abstract – The objective of this work was to determine the effects of using narrow row spacing on grain yield, grain components and on other agronomic traits of maize single-cross hybrids. Two experiments were conducted in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. In the 1997/98 growing season, treatments were composed by two single-cross hybrids (Cargill 901 and Braskalb XL 212) and four row spacings (40, 60, 80 and 100 cm). In the 1998/99 growing season, two single-cross hybrids were tested at two plant densities (50,000 and 65,000 pl./ha) and four row spacings (40, 60, 80 and 100 cm). Maize grain yield was influenced by hybrid and plant density. The reduction in row spacing promoted a high grain yield specially for hybrids with a low plant height sown at the density of 50,000 pl./ha.

Index terms: *Zea mays*, grain, yields, agronomic characters, yield components, plant population.

Introdução

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas culturas exerce grande influência na produtividade do milho quando outros fatores ambientais são favoráveis (Ottman & Welch, 1989). Além da elevação da densidade de plantas, outra forma de aumentar a interceptação da radiação é através da redução no espaçamento entre linhas.

Menores espaçamentos entre linhas permitem melhor distribuição espacial das plantas de milho, aumentando a eficiência na interceptação da luz (Flénet et al., 1996). Muitas vezes isto se reflete em incrementos de rendimento de grãos (Karlen & Camp, 1985; Parvez et al., 1989; Murphy et al., 1996), decorrente do aumento da produção fotossintética líquida (Bullock et al., 1988). A elevação do rendimento de grãos com a redução do espaçamento entre linhas é atribuída à melhor eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição entre plantas de milho por luz, água e nutrientes, em virtude da distribuição mais equidistante das plantas (Johnson et al., 1998).

Outro efeito da redução do espaçamento entre linhas de milho relaciona-se à qualidade de luz recebida pelas plantas. Com a disposição mais uniforme

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 21 de janeiro de 2000.

⁽²⁾ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Dep. de Plantas de Lavoura, Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 776, CEP 91540-000 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq. E-mail: plantas@vortex.ufrgs.br

⁽³⁾ Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento Integrado Rio Verde, Av. Mato Grosso, 97, CEP 78455-000 Lucas de Rio Verde, MT. E-mail: bartolinic@zipmail.com

entre plantas em espaçamentos menores, ocorre maior absorção de luz na faixa do vermelho (V) e maior reflexão de luz na faixa do vermelho extremo (VE). Esta característica é especialmente importante para o milho em densidades elevadas, pois, nestes casos, as plantas recebem mais luz VE refletida, aumentando a relação VE/V. Esta variação na qualidade de luz recebida determina algumas modificações no desenvolvimento das plantas como: maior alongação do colmo, folhas mais compridas e finas e elevada perda de raízes (Kasperbauer & Karlen, 1994).

Além dos efeitos observados na cultura do milho, a redução do espaçamento entre linhas pode aumentar a sua competitividade com as plantas daninhas, a partir da maior quantidade de luz que é interceptada pelo dossel da cultura (Teasdale, 1995).

Em virtude das modificações introduzidas nos genótipos de milho mais recentes, tais como menor estatura de planta e altura de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, menor duração do subperíodo pendoamento-espigamento, plantas com folhas de angulação mais ereta e elevado potencial produtivo, torna-se necessário reavaliar as recomendações de práticas de manejo para esta cultura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da redução do espaçamento entre linhas sobre o rendimento e componentes do rendimento de grãos e sobre outras características agrônômicas de híbridos simples de milho.

Material e Métodos

Dois experimentos foram conduzidos no campo na Estação Experimental Agrônômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada no Município de Eldorado do Sul, região fisiográfica da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo, sendo classificado como Argilossolo Vermelho distrófico típico (Paleudult), de acordo com Embrapa (1999).

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como subtropical úmido, situado na transição entre os tipos fundamentais cfa_1 (isoterma anual inferior a 18°C) e cfa_2 (isoterma anual superior a 18°C) (Moreno, 1961). As temperaturas médias anual, máxima e mínima são de 19,6, 2,4 e 14,8°C, respectivamente (Instituto de Pesquisa Agropecuária, 1989).

No ano agrícola de 1997/98 (Experimento I), os híbridos simples de milho Cargill 901 (C 901), de ciclo

superprecoce, e Braskalb XL 212 (XL 212), de ciclo precoce, foram semeados no dia 12 de setembro de 1997, com quatro espaçamentos entre linhas (40, 60, 80 e 100 cm), com densidade de 50.000 plantas/ha. No ano agrícola de 1998/99 (Experimento II), os híbridos simples de milho C 901 e Braskalb XL 214 (XL 214), de ciclo precoce, foram semeados no dia 22 de setembro de 1998, em duas densidades de plantas (50.000 e 65.000 plantas/ha), sob quatro espaçamentos entre linhas (40, 60, 80 e 100 cm).

No Experimento I, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, dispostos em parcelas subdivididas. Os híbridos foram locados nas parcelas principais, e os espaçamentos entre linhas, nas subparcelas. No Experimento II, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, dispostos em parcelas subdivididas. Os híbridos de milho foram locados nas parcelas principais, as densidades de plantas nas subparcelas e os espaçamentos entre linhas nas subsubparcelas.

Os dois experimentos foram instalados em sistema de semeadura direta, em sucessão à ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.). Esta espécie de cobertura de inverno não recebeu adubação, tendo suas sementes recebido inoculante específico. A dessecação foi realizada quando 50% das plantas estavam em floração, utilizando-se o herbicida glyphosate (540 g/ha de i.a.).

O milho foi semeado seis dias após a dessecação da ervilhaca, em ambos os ensaios. No Experimento I, a adubação foi realizada em linha, por ocasião da semeadura, com 30 kg/ha de N, 138 kg/ha de P_2O_5 e 120 kg/ha de K_2O . A adubação nitrogenada de cobertura foi parcelada em duas doses iguais de 75 kg/ha de N, aplicando-se a primeira parcela quando a planta estava com 5-6 folhas completamente desenvolvidas, e a segunda, no estádio de 8-9 folhas completamente desenvolvidas. No Experimento II, aplicaram-se 30 kg/ha de N, 120 kg/ha de P_2O_5 e 120 kg/ha de K_2O na semeadura. Em cobertura, foram aplicados 150 kg/ha de N em três doses iguais, sendo a primeira quando a planta estava no estádio de 3-4 folhas completamente desenvolvidas, a segunda no estádio de 6-7 folhas completamente desenvolvidas e a terceira no estádio de 10-11 folhas completamente desenvolvidas.

A semeadura do milho foi realizada manualmente colocando-se três a quatro sementes por cova. Vinte dias após a emergência, foi realizado desbaste, ajustando-se o número de plantas às densidades estabelecidas. As subparcelas (Experimento I) e as subsubparcelas (Experimento II) constaram de oito, seis, cinco e cinco linhas de 6 m de comprimento para os espaçamentos de 40, 60, 80 e 100 cm, respectivamente. A variação no número de linhas objetivou manter uma área útil similar nos

quatro espaçamentos entre linhas testados. As linhas centrais foram usadas para avaliação do rendimento de grãos e seus componentes, sendo consideradas como bordaduras a primeira e a última linhas e os primeiros 0,5 m de cada extremidade das linhas das subparcelas (Experimento I) ou subsubparcelas (Experimento II). Para determinação do rendimento de grãos e seus componentes, a área útil foi de 12 m² nos espaçamentos entre linhas de 40, 60 e 80 cm, e de 15 m² no espaçamento entre linhas de 100 cm.

A necessidade de irrigação foi estimada pela instalação de seis tensiômetros nas áreas experimentais: três na profundidade de 25 cm, e três na de 50 cm. A irrigação foi realizada quando o potencial de água no solo era inferior a -0,04 Mpa (Doorembos & Pruiitt, 1976). O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, com vazão de 12 mm/hora.

A colheita das espigas de milho foi manual, com debulha realizada em trilhadora estacionária.

As determinações realizadas nas duas estações de crescimento foram: rendimento de grãos, número de espigas por planta, número de grãos por espiga, peso de mil grãos, índice de colheita, estatura de planta e altura de inserção da espiga. No Experimento I, além dessas determinações, avaliou-se a área foliar por planta.

O rendimento de grãos foi estimado por meio da extrapolação da produção colhida na área útil das subparcelas (Experimento I) ou subsubparcelas (Experimento II) para um hectare, corrigindo-se a umidade para 13%.

O número de espigas por planta foi determinado pela razão entre o número de espigas colhidas e o número de plantas existentes na área útil. O peso de mil grãos foi determinado pela contagem manual de 400 grãos, pesagem e correção da umidade para 13%. Por regra de três simples, extrapolou-se este peso para mil grãos. O número de grãos por espiga foi calculado pela razão entre o peso de grãos da área útil, multiplicado por mil, e o peso de mil grãos mais número de espigas colhidas na área útil.

O índice de colheita foi calculado pela divisão do peso de grãos pelo peso total da parte aérea de oito plantas (grãos + massa seca) por unidade experimental. A área foliar por planta foi obtida pelo método proposto por Francis et al. (1969).

A estatura da planta e a altura da inserção da espiga foram medidas considerando-se, respectivamente, as distâncias do colo da planta ao ápice do pendão e ao ponto de inserção da primeira espiga formada no colmo.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância. Nos dois experimentos, as médias dos dados dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade. As médias de dados cor-

respondentes aos fatores quantitativos foram submetidas a análise de regressão. Quanto às variáveis testadas em que a análise de regressão não foi significativa, as médias foram apresentadas em tabelas. No Experimento II, aplicou-se o teste t a 5% de probabilidade, para comparação da diferença entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear do rendimento de grãos em razão de espaçamento entre linhas.

Resultados e Discussão

A resposta do rendimento de grãos de milho à redução do espaçamento entre linhas variou em função do híbrido e da densidade de semeadura (Figuras 1 e 2). No Experimento I, somente houve efeito significativo do espaçamento entre linhas no híbrido C 901, que aumentou linearmente o rendimento de grãos com redução do espaçamento de 100 cm para 40 cm (Figura 1). Pela equação de regressão, pode-se estimar que para cada 20 cm de redução do espaçamento entre linhas houve incremento de 716 kg/ha do rendimento de grãos de milho. O rendimento de grãos do híbrido XL 212 não respondeu à alteração do espaçamento entre linhas.

No Experimento II, na densidade de 50.000 plan-

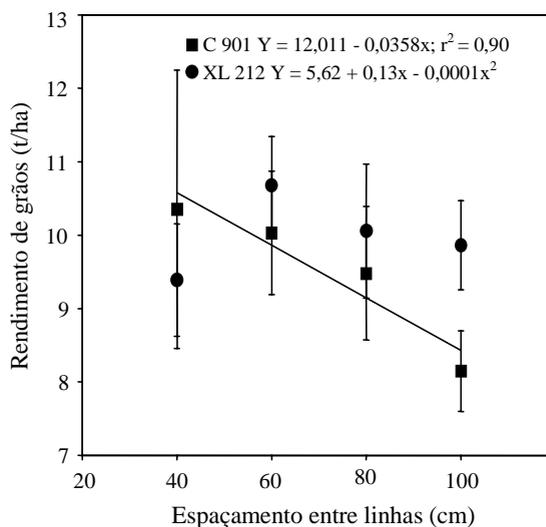


Figura 1. Rendimento médio de grãos em razão de quatro espaçamentos entre linhas e híbridos simples de milho, na densidade de 50.000 plantas/ha (Experimento I). EEA/UFRRS, Eldorado do Sul, RS, 1997/98. Barras verticais representam desvio-padrão da média.

tas/ha, os dois híbridos de milho testados (C 901 e XL 214) aumentaram linearmente o rendimento de grãos à medida que se reduziu o espaçamento entre linhas de 100 cm para 40 cm (Figura 2). Neste experimento, para cada 20 cm de redução do espaçamento entre linhas houve incrementos no rendimento de grãos de 280 e de 130 kg/ha, respectivamente, para os híbridos C 901 e XL 214. No entanto, na densidade de 65.000 plantas/ha, não houve efeito do espaçamento sobre o rendimento de grãos, nos dois híbridos.

Dos componentes do rendimento de grãos, apenas o número de grãos/espiga variou em razão do espaçamento entre linhas no Experimento I (Figura 3). No híbrido C 901, o número de grãos/espiga aumentou linearmente à medida que se reduziu o espaçamento entre linhas de 100 cm para 40 cm. Já para o híbrido XL 212 este componente não foi afetado pelo espaçamento entre linhas. O híbrido C 901 apresentou maior peso de mil grãos em relação ao XL 212 (Tabela 1).

No Experimento II, nenhum dos componentes do rendimento de grãos foi alterado significativamente

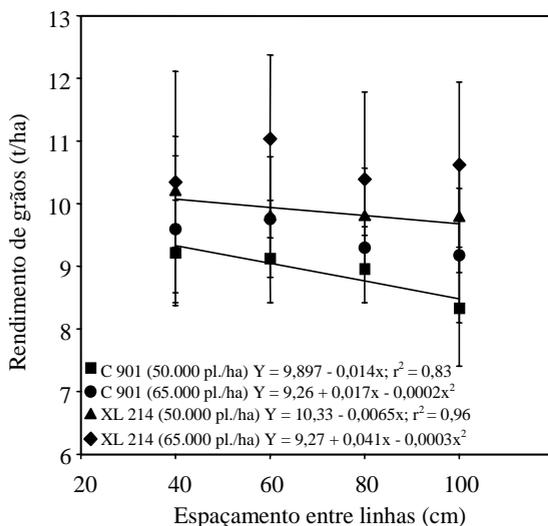


Figura 2. Rendimento médio de grãos em razão de quatro espaçamentos entre linhas, de híbridos simples de milho e de duas densidades de plantas (Experimento II). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1998/99. Barras verticais representam desvio-padrão da média.

pela redução do espaçamento entre linhas, independentemente do híbrido e da densidade de plantas de milho testados (Tabela 2). Quanto aos três componentes do rendimento houve efeito significativo somente na densidade de planta, ou seja: foram superiores na densidade de 50.000 plantas/ha em relação à de 65.000 plantas/ha.

Nos dois experimentos, o híbrido C 901 apresentou menor estatura da planta em relação ao XL 212 (Experimento I) (Figura 3) e XL 214 (Experimento II) (Tabela 3). Também foi observado, nos dois anos, que a estatura de planta do C 901 não variou em razão de espaçamento entre linhas, evidenciando, assim, não ter ocorrido efeito da distribuição mais uniforme sobre esta variável. Contudo, o rendimento de grãos deste híbrido respondeu favoravelmente à redução de espaçamento entre linhas. Por outro lado, no híbrido XL 212 houve decréscimo da estatura da planta nos espaçamentos mais estreitos, o que indica menor grau de competição por luz. No entanto, isso não se refletiu em maior rendimento de grãos de milho.

Essas respostas evidenciam haver efeito indireto da estatura da planta, sendo, provavelmente, suplantada em importância por outras características fenológicas e morfológicas da planta. O C 901 é um híbrido superprecoce, ao passo que os outros híbridos são precoces. A menor exigência em unidades térmicas do C 901 para florescer faz com que este genótipo normalmente produza, sob condições similares de manejo, menor número de folhas por planta e menor área foliar (Figura 3). Tais características, por sua vez, podem ter sido beneficiadas em

Tabela 1. Número de espigas/planta, peso de mil grãos e índice de colheita de dois híbridos simples de milho, na densidade de 50.000 plantas/ha, na média de quatro espaçamentos entre linhas (Experimento I). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1997/98⁽¹⁾.

Híbrido de milho	Espigas/planta (n ^o)	Peso de mil grãos (g)	Índice de colheita
Cargill 901	1,05a	339a	0,50a
Braskalb XL 212	1,13a	316b	0,42b

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Número de espigas/planta, número de grãos/espiga e peso de mil grãos de dois híbridos simples de milho, em duas densidades de plantas, na média de quatro espaçamentos entre linhas (Experimento II). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1998/99⁽¹⁾.

Híbrido de milho	Espigas/planta (n ^o)		Grãos/espiga (n ^o)		Peso de mil grãos (g)	
	50.000 pl./ha	65.000 pl./ha	50.000 pl./ha	65.000 pl./ha	50.000 pl./ha	65.000 pl./ha
Cargill 901	1,04aA	0,97aB	501aA	476aB	348aA	314aB
Braskalb XL 212	0,99aA	0,98aB	524aA	466aB	379aA	353aB

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

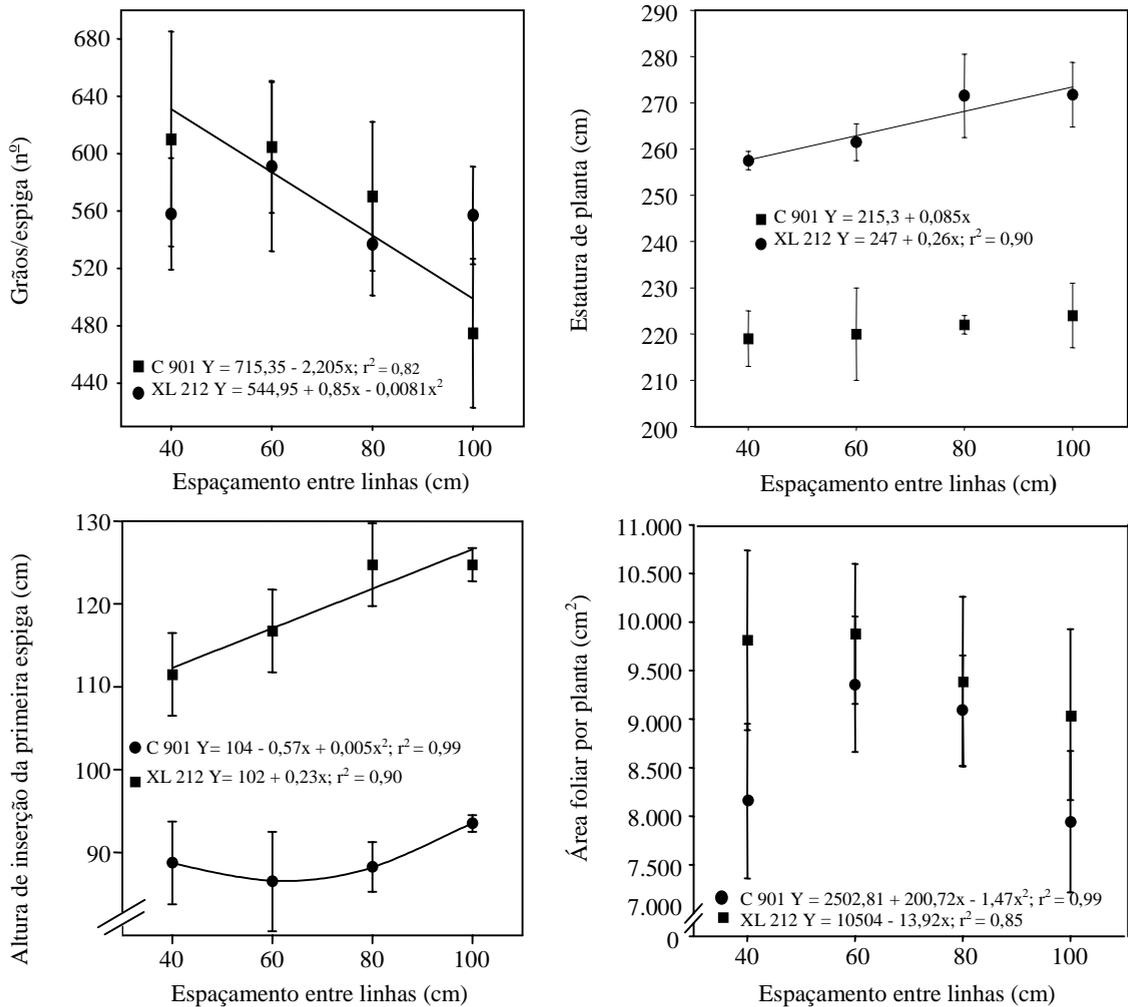


Figura 3. Número de grãos/espiga, estatura da planta, altura da inserção da primeira espiga e área foliar por planta, em razão de quatro espaçamentos entre linhas e dois híbridos simples de milho, na densidade de 50.000 plantas/ha (Experimento I). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1997/98. Barras verticais representam desvio-padrão da média.

maior escala pela redução do espaçamento entre linhas, levando, provavelmente, à maior eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, e ao aumento do rendimento de grãos mediante o incremento na produção fotossintética líquida. Resultados semelhantes também foram observados por Flénet et al. (1996) e Bullock et al. (1988). Esse efeito refletiu-se nos componentes do rendimento, porém, de forma significativa, apenas para o número de grãos/espiga no Experimento I (Figura 3).

Ao analisar a resposta do rendimento de grãos dos híbridos XL 212 (Experimento I) e XL 214 (Experimento II) à redução do espaçamento entre linhas, na densidade de 50.000 plantas/ha, constatou-se efeito significativo apenas no XL 214, apesar de esta cultivar ser muito similar ao XL 212, em termos de estatura da planta (Figura 3) e altura da inserção da primeira espiga (Tabela 3). Ao se comparar os coeficientes “b” das equações de regressão linear dos híbridos C 901 e XL 214, constatou-se não haver dife-

renças significativas entre as inclinações das retas, na densidade de 50.000 plantas/ha, com vistas ao rendimento de grãos (Figura 2). Segundo Dixon & Massey (1957), a falta de significância pode estar associada ao pequeno número de pontos utilizados na equação, pois o aumento do rendimento de grãos do híbrido C 901 com redução do espaçamento entre linhas na densidade de 50.000 plantas/ha foi mais que o dobro em relação ao do XL 214 (Figura 2). Isto permite afirmar que o efeito da redução do espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos foi menor no híbrido XL 214 em relação ao híbrido C 901. No XL 214 houve acréscimo de apenas 4% no rendimento de grãos com redução do espaçamento de 100 cm para 40 cm, enquanto que no C 901 o aumento foi de quase 11%. Esses resultados evidenciam que os incrementos do rendimento de grãos de milho com redução do espaçamento entre linhas estão mais associados a híbridos de ciclo superprecoce e de baixa estatura.

Tabela 3. Índice de colheita, estatura da planta e altura da inserção da primeira espiga de dois híbridos simples de milho, em duas densidades de plantas, em razão de quatro espaçamentos entre linhas (Experimento II). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1998/99⁽¹⁾.

Espaçamento entre linhas (cm)	Cargill 901			Braskalb XL 214		
	50.000 pl./ha	65.000 pl./ha	Média	50.000 pl./ha	65.000 pl./ha	Média
Índice de colheita						
40	0,49	0,49	0,49B	0,51	0,50	0,51A
60	0,49	0,49	0,49B	0,50	0,50	0,50A
80	0,49	0,49	0,49B	0,50	0,50	0,50A
100	0,49	0,49	0,49B	0,50	0,52	0,51A
Média	0,49a	0,49a		0,50a	0,50a	
Estatura de planta (m)						
40	2,41	2,54	2,48B	2,63	2,69	2,66A
60	2,50	2,56	2,53B	2,62	2,69	2,66A
80	2,45	2,51	2,48B	2,65	2,66	2,66A
100	2,42	2,47	2,45B	2,67	2,69	2,68A
Média	2,45a	2,52a		2,65a	2,68	
Altura de inserção da primeira espiga (m)						
40	1,06	1,17	1,12B	1,17	1,26	1,22A
60	1,11	1,16	1,14B	1,16	1,23	1,20A
80	1,08	1,17	1,13B	1,17	1,23	1,20A
100	1,06	1,11	1,09B	1,19	1,23	1,21A
Média	1,08b	1,15a		1,17b	1,24a	

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra minúscula, que compara densidades de plantas, e pela mesma letra maiúscula, que compara híbridos de milho, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

No entanto, a evidência de que o incremento no rendimento de grãos de milho com redução do espaçamento entre linhas está associado a híbridos de ciclo superprecoce e de baixa estatura não se confirmou na densidade de planta maior que 50.000 plantas/ha. No Experimento II, onde se testaram duas densidades de plantas (50.000 e 65.000 plantas/ha), verificou-se não ter ocorrido efeito significativo da redução do espaçamento entre linhas no rendimento de grãos na densidade mais alta, nos dois híbridos de milho (Figura 2). Esses resultados são contraditórios à expectativa, pois espera-se haver melhor resposta à redução do espaçamento entre linhas em densidades mais elevadas, pela diminuição da competição intra-específica. Essa falta de resposta à redução do espaçamento entre linhas em densidades mais elevadas pode estar associada ao fato de que nessa situação, mesmo com distribuição mais uniforme das plantas, possa ocorrer maior competição entre plantas de linhas diferentes por luz (Tollenaar et al., 1992), alterando o tipo de competição.

Apesar de não serem constatadas vantagens, em termos de rendimento de grãos, com a redução no espaçamento entre linhas na densidade mais elevada, a adoção desta técnica tem-se mostrado vantajosa principalmente no manejo integrado de controle de plantas daninhas (Teasdale, 1995, 1998; Johnson et al., 1998).

O índice de colheita que expressa a síntese, translocação, partição e o acúmulo de produtos fotoassimilados não foi afetado pelo espaçamento entre linhas, nos dois experimentos, e pela densidade de plantas, no Experimento II (Tabelas 1 e 3). Esse parâmetro variou apenas em razão do híbrido. No Experimento I, o índice de colheita foi superior no C 901 em relação ao XL 212 (Tabela 1), enquanto no Experimento II ele foi maior no XL 214 do que no C 901 (Tabela 3).

Com relação aos efeitos de híbridos e de densidades de semeadura, verificou-se que, nos dois experimentos, o rendimento de grãos não foi afetado significativamente pelo híbrido e pela densidade de semeadura, independentemente do espaçamento entre linhas testado (Figuras 1 e 2).

Com o aumento da densidade de plantas de 50.000 para 65.000 plantas/ha houve redução dos três componentes do rendimento. Porém, tais reduções foram

compensadas pelo aumento do número de plantas, pois não foi afetado o rendimento de grãos. Os decréscimos verificados nos componentes podem estar associados à maior competição entre plantas, decorrente, provavelmente, da menor radiação solar recebida no interior do dossel do milho (Tollenaar et al., 1992).

Conclusões

1. A resposta do rendimento de grãos de milho à redução do espaçamento entre linhas é influenciada pelo híbrido e pela densidade das plantas.

2. O aumento do rendimento de grãos de milho decorrente da distribuição mais uniforme das plantas com redução do espaçamento entre linhas verifica-se principalmente em híbridos de ciclo superprecoce e de baixa estatura.

Referências

- BULLOCK, D. G.; NIELSEN, R. L.; NYQUIST, W. E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 2, p. 254-258, 1988.
- DIXON, W. J.; MASSEY, F. J. **Introduction to statistical analysis**. New York : McGraw-Hill, 1957. 490 p.
- DOOREMBOOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirement**. Rome : FAO, 1976. 194 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília : Embrapa-SPI, 1999. 412 p.
- FLÉNET, F.; KINIRY, J. R.; BOARD, J. E.; WESTGATE, M. E.; REICOSKY, D. C. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 2, p. 185-190, 1996.
- FRANCIS, C. A.; RUTTER, J. N.; PALMER, A. E. E. A rapid method for plant leaf estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 5, p. 538-539, 1969.
- INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 210 p.

- JOHNSON, G. A.; HOVERSTAD, T. R.; GREENWALD, R. E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 1, p. 40-46, 1998.
- KARLEN, D. L.; CAMP, C. R. Row spacing, plant population, and water management effects on corn in the Atlantic coastal plain. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 3, p. 393-398, 1985.
- KASPERBAUER, M. J.; KARLEN, D. L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 6, p. 1564-1569, 1994.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.
- MURPHY, S. D.; YAKUBU, Y.; WEISE, S. F.; SWANTON, C. J. Effect of planting patterns on intrarow cultivation and competition between corn and late emerging weeds. **Weed Science**, Champaign, v. 44, n. 6, p. 856-870, 1996.
- OTTOMAN, M. J.; WELCH, L. F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 2, p. 167-174, 1989.
- PARVEZ, A. Q.; GARDNER, F. P.; BOOTE, K. J. Determinate and indeterminate type soybean cultivar responses to pattern, density, and planting date. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 1, p. 150-157, 1989.
- TEASDALE, J. R. Influence of corn (*Zeamays*) population and row spacing on corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) yield. **Weed Science**, Champaign, v. 46, n. 4, p. 447-453, 1998.
- TEASDALE, J. R. Influence of narrow row/high population corn on weed control and light transmittance. **Weed Technology**, Lawrence, v. 9, n. 1, p. 113-118, 1995.
- TOLLENAAR, M.; DWER, L. M.; STEWART, D. W. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 2, p. 432-438, 1992.