

Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho

Maria do Carmo Lana¹, Pedro Paulo Woytichoski Júnior², Alessandro de Lucca e Braccini^{3*}, Carlos Alberto Scapim³, Marizangela Rizzatti Ávila⁴ e Leandro Paiola Albrecht⁵

¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

²Cooperativa Agroindustrial Consolata, Cafelândia, Paraná, Brasil. ³Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ⁴Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Campus de Umuarama, Umuarama, Paraná, Brasil. ⁵Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: albraccini@uol.com.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da redução do espaçamento entre linhas e do uso de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, utilizando como fonte a ureia. Para tal, avaliou-se a produtividade, componentes da produção e outras características agrônomicas da cultura do milho. O experimento foi instalado na Estação Experimental da Cooperativa Agrícola Consolata (Coopacol) no município de Cafelândia, Paraná, em área de Latossolo Vermelho eutroférico, conduzido em sistema de semeadura direta. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, dispostos em parcelas subdivididas. Os espaçamentos entre linhas (0,45; 0,75 e 0,90 m) foram testados nas parcelas e as doses de nitrogênio em cobertura (0; 30; 60 e 90 kg ha⁻¹) nas subparcelas, totalizando 12 tratamentos. Para a semeadura, utilizou-se o híbrido simples Pioneer 30F33. A aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura, independentemente do espaçamento utilizado, proporcionou incremento na altura de plantas, altura de inserção da espiga e massa de 100 grãos. O milho semeado em espaçamento de 0,45 m apresenta redução na altura de planta e altura de inserção da espiga; este espaçamento, contudo, tende a apresentar produtividades superiores, aumentando a produção até a dose de 52 kg ha⁻¹ de N.

Palavras-chave: *Zea mays* L., híbrido, espaçamento, ureia.

ABSTRACT. Spacing and top-dressing with nitrogen in corn culture. The objective of the present work was to evaluate the reduction of spacing between lines and the use of top-dressing with nitrogen in different doses, using urea. The study evaluated the yield, production components and other agronomic characteristics in the culture of corn. The experiment was conducted at the Experimental Station of the Consolata Agricultural Cooperative (Coopacol) in the city of Cafelândia, Paraná State, Brazil, in area of Rhodic Haplorthox, carried out under no-tillage. The experimental design used was that of randomized blocks, in a split-plot scheme, with four replications. The spacing between lines (0.45; 0.75 and 0.90 m) was tested in the parcels and the doses of top-dressing nitrogen (0; 30; 60 and 90 kg ha⁻¹) were tested in sub parcels, totaling twelve treatments. For sowing, the simple hybrid Pioneer 30F33 was used. For the 0.45 m spacing, there was a decrease in plant height and spike insertion height; however, this spacing may present superior yield, increasing the production up to the level of 52kg ha⁻¹ of N.

Key words: *Zea mays* L., hybrid, spacing, urea.

Introdução

Do ponto de vista agrotecnológico, a cultura do milho vem sofrendo várias transformações. Dentre estas, estão incluídas, principalmente, melhorias das características agrônomicas e de práticas de manejo que, no conjunto e adequadamente combinadas, têm propiciado aumento da produtividade e obtenção de excelentes resultados financeiros para os produtores que se utilizam desses recursos.

A produtividade média de grãos obtida com a cultura do milho no Brasil é considerada baixa, quando comparada à de outros países produtores. Esta baixa produtividade está relacionada a várias causas, dentre as quais se destacam fatores de nutrição do milho, densidade populacional e arranjo das plantas (RIZZARDI et al., 1994; CRUZ et al., 2008).

Em virtude das modificações introduzidas nos genótipos de milho mais recentes, tais como menor

estatura da planta e altura de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, plantas com folhas de angulação mais ereta e elevado potencial produtivo, torna-se necessário reavaliar as recomendações de práticas de manejo para a cultura (ARGENTA et al., 2001).

Plantas espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz, água e outros fatores (SANGOI, 2000; SANGOI et al., 2002). A variação do espaçamento entre linhas e entre plantas na linha proporciona diferentes arranjos de plantas (RESENDE et al., 2003). Menores espaçamentos entre linhas permitem melhor distribuição espacial das plantas de milho, aumentando a eficiência da interceptação da luz, e resultam muitas vezes em incremento de produtividade (ARGENTA et al., 2001; DEMÉTRIO et al., 2008).

A necessidade nutricional das plantas é outro aspecto a ser considerado na escolha do arranjo de plantas em milho, pois a cultura é muito exigente em fertilidade do solo. O milho responde progressivamente a altas adubações, desde que os demais fatores estejam em níveis ótimos.

Trabalhos com genótipos, densidades de planta e níveis de nitrogênio evidenciam que, à medida que se eleva a densidade de plantas, são necessárias maiores doses de nitrogênio (PEIXOTO et al., 1997; AMARAL FILHO et al., 2005). Por outro lado, com a baixa disponibilidade deste nutriente, na qual se espera menor produção de grãos, a densidade ótima recomendada deve ser reduzida (ARGENTA et al., 2001).

O nitrogênio é o elemento que proporciona maiores respostas no ganho de produtividade da cultura do milho (BORTOLINI et al., 2001); seus efeitos são atribuídos ao crescimento do sistema radicular e aumento do comprimento da espiga e do número de espigas por planta (BULL, 1993).

Estima-se que a necessidade de adubação nitrogenada para produção de 1 t de grãos de milho varie de 20 a 28 kg ha⁻¹. A sua absorção pela planta ocorre durante todo o ciclo vegetativo, sendo pequena nos primeiros 30 dias. Nesta fase, as plantas absorvem menos do que 0,5 kg ha⁻¹ dia⁻¹ (ARGENTA et al., 2002).

A maioria das recomendações de adubação nitrogenada para as culturas baseia-se na expectativa de produtividade de grãos e no teor de matéria orgânica do solo. Elas são fundamentadas na hipótese de que a matéria orgânica irá liberar nitrogênio em tempo hábil para uso das plantas, além do nitrogênio fornecido pelos fertilizantes, satisfazendo as necessidades das culturas (ARGENTA et al., 2002). Além da quantidade de

nitrogênio presente na matéria orgânica, outros processos importantes que governam o ciclo do nitrogênio no solo são a mineralização e a imobilização. Assim, a quantidade de nitrogênio que é disponibilizada para as plantas de milho, a partir da matéria orgânica, depende muito do ambiente, o qual altera a resposta de produtividade de grãos à aplicação de fertilizante nitrogenado.

Nas plantas de milho, a definição do número de grãos por espiga ocorre durante o período de florescimento, após a exteriorização do pendão e dos estigmas da espiga, sendo muito influenciada pelo fluxo de fotoassimilados que ocorre durante este período. Quando não há outros fatores limitantes, a maior disponibilidade de nitrogênio aumenta o potencial da planta em definir maior número de grãos por espiga. Com a maior necessidade de nitrogênio no período de enchimento de grãos, Bortolini et al. (2001) observaram maiores valores numéricos do número de grãos por espiga quando se aplicou nitrogênio em cobertura, em relação à aplicação realizada em pré-semeadura.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da redução de espaçamento entre linhas, bem como do uso da adubação nitrogenada em cobertura, em diferentes doses, sobre a produtividade e componentes da produção e outras características agronômicas na cultura do milho.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Cooperativa Agrícola Consolata (Coopacol) no município de Cafelândia, Estado do Paraná, localizada a W 53°16'99" e S 24°39'43", com altitude de 544 m. O clima da região é classificado como Cfa (IAPAR, 1987) e o solo, como Latossolo Vermelho eutroférico.

O híbrido de milho utilizado foi o Pioneer 30F33, descrito como híbrido simples, precoce, de ampla adaptação geográfica e resposta a adubação eficiente e responsiva (PIONEER, 2003).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições e tratamentos arranjos em parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas pelos espaçamentos entre linhas (0,45; 0,75 e 0,90 m) e as subparcelas, pelas doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (0; 30; 60 e 90 kg ha⁻¹) totalizando doze tratamentos, constituídos pela combinação de quatro doses de nitrogênio e três espaçamentos entre linhas. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de semeadura de 20 m de comprimento total, as quais foram divididas em subparcelas de 5 m cada. A área útil para as

avaliações foi constituída das duas linhas centrais, excluindo-se 1 m das extremidades.

O sistema de cultivo foi o de semeadura direta, porém, para operacionalização do experimento, foram abertos sulcos por meio de semeadora acoplada ao trator com profundidade aproximada de 5 cm; como adubação de base, foram utilizados 400 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-20 (N - P₂O₅ - K₂O).

A semeadura do milho foi realizada manualmente, em 16/10/2003, e manteve-se o número de plantas por metro, na linha de semeadura, de três, quatro e cinco plantas por metro, para os respectivos espaçamentos: 0,45; 0,75 e 0,90 m. Adequou-se, a parcela, a uma população de 55.000 plantas ha⁻¹.

A adubação de cobertura com nitrogênio (0; 30; 60 e 90 kg ha⁻¹) foi realizada com ureia, quando as plantas encontravam-se no estágio de seis folhas completamente desenvolvidas, com o colar visível (RITCHIE; HANWAY, 1989).

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência pela aplicação de Alachlor (7 L ha⁻¹). Para o controle de pragas, foram realizadas três aplicações de inseticida, duas para o controle de percevejo (*Piezodorus guildini*), com o uso de Monocrotofós (0,750 L ha⁻¹), e uma aplicação para o controle de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) com Lufenuron (300 mL ha⁻¹).

Antes da colheita, as seguintes características foram avaliadas: altura de planta e altura de inserção da espiga.

Altura de planta: distância média (m) compreendida entre o nível do solo e o ápice do pendão. Os dados foram obtidos pela média de dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil das parcelas.

Altura de inserção da espiga: distância média (m) compreendida entre o nível do solo e o ponto de inserção da primeira espiga. Os dados foram obtidos pela média de dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil das parcelas.

Após a colheita das espigas, que foi realizada manualmente, com os grãos processados em trilhadora estacionária, avaliaram-se a produtividade e a massa de 100 grãos.

Produtividade: a avaliação de produtividade foi realizada por meio de pesagem em balança semianalítica dos grãos obtidos na área útil de cada parcela. Corrigiu-se a umidade para 13% e, posteriormente, estimou-se a produtividade em kg ha⁻¹. O teor de umidade das sementes foi avaliado por meio do método de estufa a 105°C por 24h (BRASIL, 1992).

Massa de 100 grãos: determinada por meio da pesagem em balança semianalítica de oito amostras

de 100 grãos, tomadas ao acaso dos grãos colhidos para avaliar a produtividade.

Após as avaliações, os dados foram submetidos à análise de variância e, na presença de interações significativas ($p < 0,05$), procedeu-se aos desdobramentos necessários. Os espaçamentos foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e por análise de regressão, para verificar o comportamento das doses de nitrogênio para cada espaçamento avaliado, a 5% de probabilidade pelo teste t.

Resultados e discussão

As variáveis altura de planta, altura de inserção de espiga, massa de 100 grãos e produtividade foram influenciadas pelo espaçamento e pela adubação nitrogenada. Entretanto, houve interação significativa entre espaçamento e adubação nitrogenada apenas para produtividade (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta, altura de inserção da espiga, massa de 100 grãos e produtividade.

F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		Altura de planta	Altura de inserção da espiga	Massa de 100 grãos	Produtividade
Bloco	3	0,00223 ^{ns}	0,00003 ^{ns}	1,07389 ^{ns}	759778,4 ^{ns}
Espaçamento (E)	2	0,03908*	0,03467*	28,60583*	9606101,0*
Erro (A)	6	0,00247	0,00007	3,77222	480455,3
Nitrogênio (N)	3	0,01018*	0,00077*	6,45056*	4103986,0*
E x N	6	0,00434 ^{ns}	0,00007 ^{ns}	1,52806 ^{ns}	1473051,0*
Erro (B)	27	0,002315	0,00011	1,87852	501234,4
Total	47				
C.V.(%)	A	1,98	2,47	3,90	5,74
C.V.(%)	B	1,93	2,42	3,85	5,69

*significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}não-significativo pelo teste F.

Para a variável altura de plantas, houve diferença significativa em relação aos espaçamentos, e o espaçamento de 0,45 m apresentou-se inferior aos demais (0,75 e 0,90 m). Comportamento semelhante foi observado para altura da inserção de espigas (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de planta e de inserção da espiga, massa de 100 grãos do híbrido Pioneer 30F33 semeado em diferentes espaçamentos (Cafelândia, Estado do Paraná, 2003/2004).

Espaçamento	Características avaliadas ¹		
	Altura de planta	Altura de inserção da espiga	Massa de 100 grãos
-- m --		---- m ----	----- g -----
0,90	2,48 a	1,37 a	34,70 b
0,75	2,44 a	1,37 a	34,03 b
0,45	2,38 b	1,29 b	36,61 a
Média	2,43	1,34	35,11
C.V.	1,93	2,42	3,85

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A utilização de espaçamentos maiores entre linhas, mantendo-se a população de plantas,

favorece a competição por luz, o que determina algumas modificações no desenvolvimento das plantas como: maior alongação do colmo, folhas mais compridas e finas e elevadas perdas de raízes (ARGENTA et al., 2001).

Com a redução do espaçamento, provavelmente, houve melhor eficiência na interceptação de radiação da luz solar e decréscimo de competição entre as plantas por outros fatores como luz, água e nutrientes, em razão da melhor distribuição das plantas, de acordo com Sangoi (2000) e Argenta et al. (2001).

A resposta da massa de 100 grãos apresentou-se altamente significativa ao menor espaçamento, ou seja, houve maior incremento da massa de grãos com a redução do espaçamento, independentemente da dose de nitrogênio utilizada (Tabela 2).

O incremento da massa de grãos, atribuída ao menor espaçamento, deve-se à configuração de um arranjo das plantas que favoreceu a melhor distribuição dos indivíduos, propiciando adequado aproveitamento de fatores abióticos, como a adubação nitrogenada; além de promover ganhos pela menor competição intraespecífica entre plantas, o que leva a maior enchimento de grãos.

O aumento e o arranjo da população de plantas podem contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo, com consequências no aumento do rendimento e da massa dos grãos. Mundstock (1978) também verificou que os efeitos benéficos dos menores espaçamentos foram ocasionados, provavelmente, pelo melhor aproveitamento de luz no período de enchimento de grãos, o que concorreu para o maior peso individual de espigas.

A análise do efeito dos espaçamentos, para cada dose de nitrogênio aplicada na produtividade, não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) para a dose de 60 kg ha⁻¹. A maior produtividade entre os espaçamentos foi alcançada quando o milho foi cultivado com 0,45 m e adubado com 30 e 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente (Tabela 3), demonstrando que o espaçamento de 0,45 m, com uma população de 55.000 plantas ha⁻¹, é o melhor arranjo espacial, sob aplicação de nitrogênio em cobertura.

A análise de regressão permitiu o ajuste de equação linear crescente para altura de planta (Figura 1), altura de inserção da espiga (Figura 2), cujos modelos permitiram afirmar que ocorreu acréscimo de 0,07 e 0,06 cm, respectivamente, para cada quilo de nitrogênio adicionado; ou seja, houve aumento de altura de planta e de inserção da espiga de 2,1 e 1,8 cm, respectivamente, para cada 30 kg de nitrogênio adicionado. Também ocorreu efeito linear crescente

para a variável massa de 100 grãos (Figura 3), em cujo modelo obtido se verifica aumento na ordem de 0,016 g para cada quilo de nitrogênio utilizado na adubação, independentemente do espaçamento utilizado.

Tabela 3. Produtividade do híbrido Pioneer 30F33 semeado em diferentes espaçamentos, em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (Cafelândia, Estado do Paraná, 2003/2004).

Espaçamento ¹	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	30	60	90
-- m --	Produtividade (kg ha ⁻¹)			
0,90	10.523,75 b	12.052,50 b	12.466,00 a	12.414,00 b
0,75	12.737,25 a	12.467,75 b	12.683,75 a	12.909,25 b
0,45	12.219,00 a	14.103,75 a	13.086,75 a	14.239,00 a
Média	11.826,66	12.874,66	12.745,50	13.187,42
C.V.	5,69			

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A tendência linear crescente em função da adubação nitrogenada em cobertura, demonstrada pelas variáveis altura de planta, altura de inserção de espiga e massa de 100 grãos, vem a ressaltar o papel significativo do nitrogênio no desempenho agrônomico das plantas e nos componentes de produção. O nitrogênio está presente na constituição das moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e fitocromos, além de ser integrante da molécula da clorofila (BULL, 1993), e sua deficiência reduz o desenvolvimento vegetativo e produtivo (FERREIRA et al., 2001).

Quanto à relação capacidade fotossintética e conteúdo de nitrogênio, diversos autores encontraram relação linear entre essas variáveis, porque a fotossíntese necessita de uma quantidade substancial de pigmentos e proteínas para realizar os processos fotoquímicos e carboxilativos (FIELD; MOONEY, 1986; ANDREEVA et al., 1998). Isso confirma, a legitimidade dos resultados de aumento em massa de 100 grãos e altura de inserção de espiga e altura de planta em função do aumento na dose de nitrogênio em cobertura.

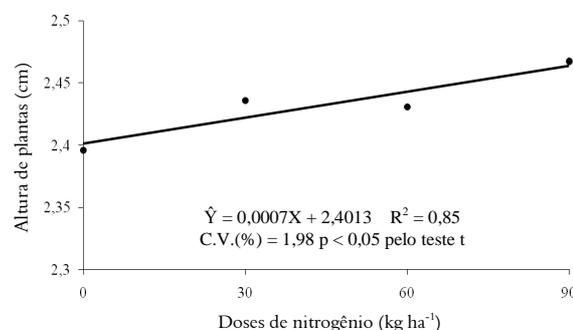


Figura 1. Altura de planta em função das doses de nitrogênio em cobertura para o híbrido de milho Pioneer 30F33. (Cafelândia, Estado do Paraná, 2003/2004).

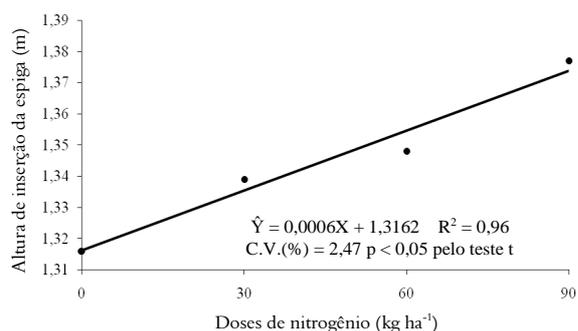


Figura 2. Altura de inserção de espiga em função das doses de nitrogênio em cobertura para o híbrido de milho Pioneer 30F33. (Cafelândia, Estado do Paraná, 2003/2004).

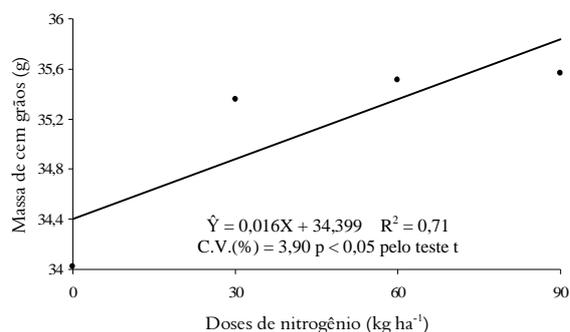


Figura 3. Massa de cem grãos em função das doses de nitrogênio em cobertura para o híbrido de milho Pioneer 30F33. (Cafelândia, Estado do Paraná, 2003/2004).

Houve interação significativa entre espaçamento e dose de nitrogênio para produtividade (Figura 4). Não ocorreu resposta significativa ($p > 0,05$) para a aplicação de nitrogênio em cobertura no espaçamento de 0,75 m, apresentando produtividade média de 12.700 kg ha⁻¹. Para o espaçamento de 0,90 e 0,45 m, houve respostas quadráticas atingindo produtividades de 12.592 e 13.728 kg ha⁻¹ com adição de 68 e 52 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente.

Doses de 60 a 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura estão na faixa recomendada para a região em que foi realizado o experimento, no caso do espaçamento de 0,90 m. No entanto, para o espaçamento de 0,45 m, a dose de nitrogênio para atingir o máximo da função está abaixo da faixa de recomendação regionalizada. Infere-se, a partir dessa informação, a ocorrência de melhor aproveitamento do nitrogênio aplicado em cobertura, possivelmente propiciado pelo arranjo espacial, que levou a uma melhor distribuição do sistema radicular no solo cultivado.

Ambos os arranjos espaciais, com 0,45 e 0,90 m de espaçamento entre linhas, apresentaram-se com tendência de decréscimo produtivo, quando as doses de nitrogênio foram superiores a 52 e 68 kg ha⁻¹, respectivamente. Portanto, adubações pesadas com nitrogênio em cobertura, acima de 52 kg ha⁻¹ para

espaçamentos reduzidos, como de 0,45 m, e 68 kg ha⁻¹, para o espaçamento de 0,90 m, não se justificariam economicamente.

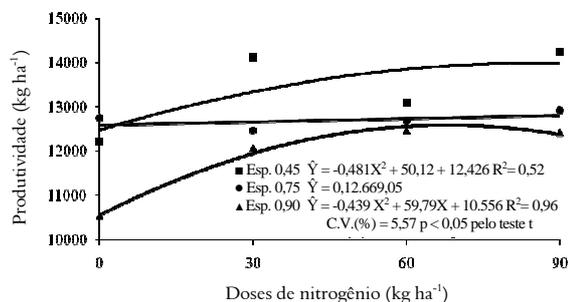


Figura 4. Produtividade do híbrido Pioneer 30F33 semeado em diferentes espaçamentos, em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura (Cafelândia, Estado do Paraná, 2003/2004).

Os resultados diferenciais, para produtividade entre os arranjos, indicam que o menor espaçamento entre linha promoveu um agroecossistema mais favorável à expressão do potencial genotípico do híbrido em questão a menores doses de nitrogênio. A afirmativa é validada pelas circunstâncias pertinentes à menor competição intraespecífica, como menor autossombreamento, e a reduzida competição por fatores como a água e o próprio nitrogênio, disponibilizado pela adubação em cobertura. A potencialização dos processos de absorção, assimilação e metabolismo do nitrogênio, possivelmente, contribuíram para o aumento na síntese proteica e nas taxas fotossintéticas; o que provavelmente acarretou acréscimos no carreamento de fotoassimilados para os grãos e, em decorrência, elevação da produtividade.

Conclusão

O milho semeado em espaçamento de 0,45 m apresenta redução na altura de planta e altura de inserção da espiga.

A aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura, independentemente do espaçamento utilizado na semeadura do milho, proporciona incremento na altura de plantas, altura de inserção da espiga e massa de 100 grãos.

O espaçamento de 0,45 m tende a apresentar produtividades superiores, aumentando a produção até a dose de 52 kg ha⁻¹.

Referências

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.

- ANDREEVA, T. T.; MAEVSKAYA, S. N.; VOEVUDSKAYA, S. Y. U. The relationship between photosynthesis and nitrogen assimilation in mustard plants exposed to elevated nitrate rates in nutrient solutions. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 45, n. 6, p. 702-705, 1998.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEGARAY NETO, V. Resposta de híbrido simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/SNAD/CLAV, 1992.
- BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1993.
- CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; BICUDO, S. J.; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; MACHADO, C. G. Nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivado em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 5, p. 733-739, 2008.
- DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.
- FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.
- FIELD, C.; MOONEY, H. A. The photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants. In: GIVNISH, T. J. (Ed.). **On the economy of plant form and function**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. p. 25-55.
- IAPAR-Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina: Iapar, 1987.
- MUNDSTOCK, C. M. Efeitos de espaçamentos entre linhas e de população de plantas de milho (*Zea mays* L.) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 13-17, 1978.
- PEIXOTO, C. M.; SILVA, P. R. F.; REZER, F.; CARMONA, R. C. Produtividade de híbridos de milho em função da densidade de plantas, em dois níveis de manejo da água e da adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 3, n. 1, p. 63-71, 1997.
- PIONEER. **Guia de produtos**. Santa Cruz do Sul: Pioneer, 2003.
- RESENDE, S. G.; PINHO, R. G. V.; VASCONCELOS, R. C. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho agrônômico de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 34-42, 2003.
- RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology; Cooperative Extension Service, 1989.
- RIZZARDI, M. A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 8, p. 231-236, 1994.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2000.
- SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; RAMPAZO, C.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, v. 79, p. 39-51, 2002.

Received on January 30, 2008.

Accepted on May 8, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.