

Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo

Émerson Borghi^{1*}, Luiz Malcolm Mano de Mello² e Carlos Alexandre Costa Crusciol³

¹Departamento de Produção Vegetal, Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 18603-970, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. *Autor para correspondência. e-mail: emborghi@bol.com.br

RESUMO. O trabalho objetivou avaliar a produtividade do milho em função da adubação por área e por planta em diferentes populações nos sistemas de preparo convencional, mínimo e plantio direto. O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho Distrófico, em Selvíria, MS, em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x3x2, com três manejos do solo (preparo convencional, mínimo e plantio direto), três populações (55.000, 65.000 e 75.000 plantas ha⁻¹) e duas adubações (área e planta), com quatro repetições. Foi semeado o híbrido simples P30F33 no espaçamento de 0,45 metros. Foram analisados os componentes morfológicos e a produção de grãos e palha do milho. Não houve efeito do sistema de adubação bem como do sistema de manejo de solo. Para o híbrido P30F33, semeado na região de Selvíria-MS em época normal de safra, houve aumento da produtividade de grãos até a população final de 62.916 plantas ha⁻¹.

Palavras-chave: *Zea mays* L., população, componentes morfológicos, acamamento.

ABSTRACT. Area and plant manuring, population density and corn development related to soil management system. The present work aimed to evaluate the corn productivity according to per-area and per-plant manuring in different populations, in conventional, minimum and no-tillage arrangement systems. The experiment was performed in Red Latosol Dystrophic, in Selvíria, MS, Brazil, in randomized blocks with factorial outline 3x3x2, with 3 soil management treatments (conventional planted, minimum tillage and no tillage), 3 corn populations (55,000, 65,000 and 75,000 plants per ha⁻¹) and 2 manurings (area and plant), with 4 repetitions, being the corn P30F33 sowed with 0,45m of row spacing. The morphologic components and the yield and straw productions were analyzed. No effects of manuring system or soil management system were registered in this experiment. The hybrid P30F33, sowed in the region of Selvíria, MS, Brazil, during harvest period, showed grain yield increase up to 62,916 plants per ha⁻¹.

Key words: *Zea mays* L., populations, morphologic components, laying.

Introdução

Apesar da importância socioeconômica da cultura do milho no Brasil, alternando com a soja a primeira posição em área ocupada para produção de grãos, esse cereal é ainda, na maioria das regiões produtoras, cultivado no sistema convencional de preparo de solo (Diniz, 1999). No entanto, a forma como esse sistema vem sendo empregado, nos últimos anos, tem provocado sérios danos ao ambiente, principalmente no que diz respeito à degradação do solo. Assim, a utilização de sistemas de manejo do solo que revertam o processo de degradação tem proporcionado, além dos ganhos ambientais, aumentos de produtividade da cultura. Dentre esses sistemas, destaca-se o plantio direto, que tem como requisitos o não revolvimento do solo, a cobertura

permanente e a rotação de culturas, refletindo diretamente em maior quantidade de água armazenada no perfil do solo, em menor lixiviação de nutrientes e em incremento no teor de matéria orgânica.

Contudo, independente do sistema de manejo do solo, as técnicas de produção de milho, tais como espaçamento entre linhas, densidade populacional e sistema de adubação, são, na maioria das regiões produtoras, as mesmas recomendadas para o sistema convencional.

Pesquisas recentes têm demonstrado que a redução de espaçamento entre linhas de 0,90 metros para 0,45 metros, combinada com a redução do número de plantas nas linhas têm contribuído para o aumento da produtividade (Amaral Filho *et al.*, 2002; Penariol *et al.*, 2002). Além disso, Vazquez e Silva (2002) relataram que o uso de espaçamentos menores

facilitam as operações mecanizadas, já que elimina o ajuste de implementos como a semeadora e o cultivador-adubador em áreas de rotação com soja ou feijão.

O sistema de manejo do solo adequado favorece o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes e, por conseguinte, o desenvolvimento das plantas (Arf *et al.*, 2002). Desta maneira, o aumento da população, concomitante à redução no espaçamento entre linhas, pode requerer acréscimos na absorção de nutrientes pelas plantas para a expressão do potencial máximo da cultura, uma vez que haverá mais plantas competindo por água, luz e nutrientes dentro de um mesmo espaço físico. Assim, a escolha do arranjo de plantas é uma das práticas de manejo de maior importância para otimizar a produtividade de grãos de milho, pois afeta diretamente a interceptação da radiação solar, que é um dos principais fatores determinantes da produtividade (Argenta *et al.*, 2001a e b).

De maneira geral, a densidade de plantas ótima é o número de plantas capaz de explorar de maneira mais eficiente os recursos ambientais de uma determinada área, bem como para poder expressar todo seu potencial genético através de uma adequação física que permita o melhor desempenho de suas atividades fisiológicas (Endres e Teixeira, 1997). Menores espaçamentos entre linhas permitem melhor distribuição espacial das plantas de milho, aumentando a eficiência na interceptação da luz (Argenta *et al.*, 2000a e b; Argenta *et al.*, 2001a e b). Ximenes (1991) concluiu que o aumento da população de plantas de milho proporcionou maior produção de massa verde por área, mas isso nem sempre resultou em aumento correspondente à produção de matéria seca.

Fornasieri Filho (1992) relata que, em baixas densidades, a produção individual por planta é máxima, mas a produtividade por área é pequena. A espiga é grande e o colmo muito forte, dificultando a colheita mecanizada. Aumentando-se a densidade, a produção por planta tende a declinar; porém a produtividade por área aumenta, até alcançar um máximo, quando a produção individual e a por área começam a declinar.

Com a redução no espaçamento entre linhas, ocorrem alterações nas características morfológicas das plantas, principalmente sobre altas densidades de semeadura, o que pode ser devido a mudanças no grau de competição. Assim, a redução no espaçamento entre linhas e conseqüente aumento na densidade de plantas irão diminuir a competição entre as plantas na linha e aumentar entre plantas de linhas diferentes, principalmente no que diz respeito à interceptação da luz fotossinteticamente ativa pelo dossel da cultura.

De acordo com Argenta *et al.* (2000a), além do manejo da população, o arranjo de plantas também pode

ser manipulado pela sua distribuição na linha. Para determinar a população de plantas adequadas por área, alguns aspectos devem ser levados em conta, como o híbrido a ser semeado, a fertilidade do solo e o conseqüente nível de adubação, a época de semeadura, além de dados climáticos e históricos sobre cultivos anteriores na área. Além disso, vale ressaltar que o sistema de manejo do solo pode influenciar diretamente nessa equação, principalmente por interferir na disponibilidade de nutrientes e de água para a cultura (Fornasieri Filho, 1992).

Outro fator a ser considerado, quando da alteração da população de plantas, é a necessidade nutricional da cultura, uma vez que o milho é muito exigente em fertilidade do solo (Büll, 1993). O milho responde progressivamente a altas adubações, principalmente em relação ao nitrogênio, desde que outros fatores não sejam limitantes. 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. Por outro lado, com baixa disponibilidade desse nutriente, espera-se menor produtividade de grãos, então a densidade ótima recomendada deve ser reduzida. No entanto, a variação na população de plantas deve implicar também a variação no nível de adubação, pois, com mais plantas por área, a retirada de nutrientes será maior. Nesse caso, a adubação com base na análise de solo e na população de plantas se justifica. Deve-se considerar também a produtividade esperada, conforme preconiza Raij *et al.* (1996).

Cantarella *et al.* (1993) citam que o desafio para os pesquisadores é estudar a produtividade física máxima (PFM) possível de se obter nas condições de solo e clima nas regiões produtoras de milho do Brasil. O interesse em reduzir o espaçamento entre linhas do milho tem aumentado em regiões com estação estival de crescimento reduzida (Almeida *et al.*, 2000) o que limita a semeadura em determinadas épocas do ano devido às vantagens potenciais, tais como a maior eficiência de uso da radiação solar (Sangoi *et al.*, 2001). Para isso, estudos multidisciplinares, com destaque para a adubação, são necessários para que se alcancem elevadas produtividades.

Dentro desse enfoque, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade da cultura do milho em função da adubação por área e por planta, em diferentes populações, nos sistemas de preparo convencional, mínimo e plantio direto.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2000/2001, em condições de campo, em uma área localizada no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, pertencente à Faculdade de Engenharia da Unesp, Campus de Ilha Solteira, apresentando como coordenadas geográficas 51°22'

de longitude oeste de Greenwich e 20°22' de latitude sul, com altitude de 335 metros. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico álico, caulinitico, férrico, compactado, muito profundo e moderadamente ácido (LVD) (Embrapa, 1999). A área experimental apresenta, ainda, declive médio de 4%, boa drenagem, precipitação média anual de 1.370mm, temperatura média anual de 23,5°C e a umidade relativa do ar entre 70% e 80% (variação anual).

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras para análise química de rotina, para fins de fertilidade, de 0 a 0,20m de profundidade, segundo metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983). Os resultados revelaram as seguintes características: pH (CaCl₂) = 5,2; 38,5 g kg⁻¹ de M.O.; 41mg dm⁻³ de P (resina); 3,8; 38; 12 e 32 mmol. dm⁻³ de K, Ca, Mg e H+Al, respectivamente, e 61% de saturação por bases.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3x2, constituído por três sistemas de manejo do solo (preparo convencional, preparo mínimo e plantio direto), três populações de plantas (55.000, 65.000 e 75.000 plantas ha⁻¹) e dois sistemas de adubação (por área e por planta), com 4 repetições. Cada unidade experimental apresentou uma área total de 72 m², com área útil de 18 m².

Os sistemas de manejo do solo, já conduzidos na área há cinco anos, foram implantados da seguinte forma: *Preparo Convencional* - realizado através de uma aração e duas gradagens; *Preparo Mínimo* - dessecação das parcelas utilizando a mistura de herbicidas: 720 g ha⁻¹ de 2,4 D + 1,65kg ha⁻¹ de Glyphosate, seguida de escarificação; *Plantio Direto* - dessecação das parcelas utilizando a mistura de herbicidas: 720 g ha⁻¹ de 2,4 D + 1,65kg ha⁻¹ de Glyphosate.

Na semeadura, foram utilizadas sementes de milho híbrido Pioneer 30F33 em quantidades suficientes para atender as populações desejadas. A cultura do milho foi semeada em 02 de janeiro de 2001, adotando espaçamento de 0,45 metros entre linhas. Para o tratamento de sementes, foi utilizado inseticida Thiocarb (300g L⁻¹ de i. a.) na dose de 1,6L para cada 100 kg de semente.

As adubações propostas para o experimento foram calculadas de acordo com Raij *et al.* (1996) para o sistema de adubação **por área**, resultando da aplicação de 500kg ha⁻¹ do fertilizante multifosfato magnésiano de fórmula 06-19-10, com os seguintes níveis mínimos de garantia: N-6%; P-19%; K-10%; Ca-8%; Mg-2,4%; S-5%; Zn-0,5%; B-0,15%; Cu-0,05%. Para o sistema de adubação **por planta**, as quantidades foram as seguintes: 500, 590 e 680kg ha⁻¹ para as populações de 55.000, 65.000 e 75.000 plantas por hectare, respectivamente.

Logo após a emergência das plântulas no campo, foi efetuada uma aplicação em área total do herbicida Atrazine (500g L⁻¹) na dosagem de 1,5kg ha⁻¹ e, aos 17 dias após a emergência, foi efetuado o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) com inseticida Lufenuron (50g L⁻¹ de i. a.) na dose de 350mL ha⁻¹.

A adubação de cobertura, a lanço, foi realizada no estádio de 5 folhas desenvolvidas, correspondendo a 20 dias após a emergência do milho. Na ocasião, foi utilizado o fertilizante de formulação 30-00-06 nas quantidades de 330kg ha⁻¹, para as parcelas com adubação por área. Nas parcelas com sistema de adubação de acordo com a população, as doses foram de 330, 400 e 455kg ha⁻¹ para 55.000, 65.000 e 75.000 plantas por hectare, respectivamente.

Importante ressaltar que, tanto para a adubação de semeadura quanto de cobertura, o cálculo da quantidade de fertilizante levou em consideração a análise química do solo realizada previamente à semeadura, a produtividade esperada (6-8 t ha⁻¹) e a população de 55.000 plantas ha⁻¹ (Raij *et al.*, 1996).

Durante a condução do experimento, determinaram-se a precipitação pluvial e as temperaturas máxima e mínima (Figura 1).

A colheita do milho foi efetuada 105 dias após a emergência. As variáveis analisadas foram o estande inicial e final de plantas (obtidas através da contagem das plantas em 2 linhas centrais com 10m de comprimento, dentro de cada unidade experimental, 10 dias após a emergência e na véspera da colheita, respectivamente), as plantas acamadas (contagem das plantas acamadas dentro das 2 linhas de 10m de comprimento adotadas para a avaliação do estande), a altura da planta (distância entre o colo da planta e a inserção do pendão floral, em 10 plantas por unidade experimental) e da inserção da primeira espiga (distância entre o colo da planta e a primeira espiga, obtidos em 10 plantas por unidade experimental), o número de grãos por espiga (determinado pela contagem do número de fileiras de grãos e o número de grãos por fileira na espiga, em cinco espigas escolhidas aleatoriamente dentro de cada unidade experimental), a massa da espiga, a massa de grãos por espiga (debulha das 5 espigas utilizadas anteriormente), a massa de 1000 grãos (determinada pela somatória das pesagens de dez sub-amostras de mil grãos, tomadas da amostra de grãos das espigas previamente debulhadas dentro da área útil de cada unidade experimental, sendo os dados expressos em gramas, corrigidos para 13% de teor de água), a produtividade de grãos e a produção de matéria seca de palha. Para as avaliações da produtividade, foram colhidas, manualmente, as plantas contidas na área útil de cada unidade experimental (2 linhas centrais com 10m de comprimento), sendo posteriormente pesadas e levadas à trilhadora mecânica onde, após debulha, foram pesados os grãos e a palha, retirando-

se amostras de palha para serem colocadas em estufas de circulação forçada de ar, a 105°C por 24h, determinando-se a produção de matéria seca de palha. Tanto a produção de grãos como a massa de 1000 grãos tiveram seus valores transformados para 13% de umidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e às médias comparadas pelo teste Tukey 5% por meio do programa Sanest (Zonta e Machado, 1991).

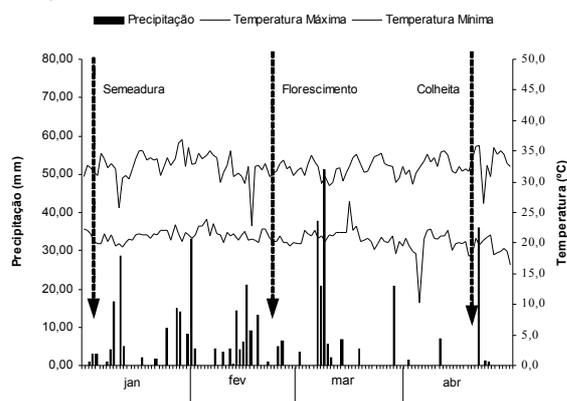


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C) registradas no ano agrícola 2000-2001, e estádios fenológicos da cultura do milho. Fazenda de Ensino e Pesquisa, Unesp, Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul.

Resultados e discussão

O estande inicial de plantas foi influenciado pelo fator população (Tabela 1). Apenas a população de 65.000 plantas ha⁻¹ alcançou o estande pretendido, sendo que, na menor população (55.000 plantas ha⁻¹) houve um déficit de 5.186 plantas ha⁻¹ e, na maior população (75.000 plantas ha⁻¹), a diferença entre a população objetivada e a esperada foi de 2.409 plantas ha⁻¹. Com o decorrer do experimento ocorreu uma diminuição de estande nas maiores populações.

Assim como o estande inicial, o estande final de plantas foi afetado apenas pelo fator população (Tabela 1). Verifica-se que houve diferença significativa entre a menor população e as demais. A ausência de diferença entre as duas maiores populações foi decorrente da redução de 2.084 plantas ha⁻¹ para a população estimada de 65.000 plantas e de 9.522 plantas ha⁻¹ verificada para 75.000 plantas, refletindo diretamente nos resultados. Essa redução na maior população foi tão significativa que acabou anulando a diferença entre os dois tratamentos. Contudo, mesmo na menor população estimada, houve redução de estande, porém na ordem de 1.204 plantas ha⁻¹.

Quanto à porcentagem de plantas acamadas, verifica-se que, em relação às populações os resultados indicaram maiores porcentagens de acamamento nas populações de 65.000 e 75.000 plantas ha⁻¹, resultado este não esperado, uma vez que, de acordo com as especificações do híbrido

(Pioneer, 2000), a população de 65.000 plantas ha⁻¹ seria o número de plantas ideal para a máxima expressão do potencial genético do material estudado. Vazquez e Silva (2002) relataram que a redução no espaçamento acarretou em maior porcentagem de plantas da população final em relação à inicial, causado pela morte de plantas durante o período de condução do trabalho.

A alta porcentagem de acamamento ocorrida em todos os tratamentos deu-se em virtude da presença da doença conhecida como podridão bacteriana do colmo (*Erwinia carotovora* pv. *zoeae*) e que, segundo Pereira (1997), está associada a condições de umidade nas partes baixas da planta, devido principalmente à alta concentração de plantas contidas na mesma área aliada à boa nutrição da planta, uma vez que seus tecidos se encontram mais tenros, tornando as plantas altamente suscetíveis ao patógeno. Em virtude de sua ocorrência, houve um declínio no estande durante a condução do experimento, quando comparado o inicial ao final; assim, as populações de 65.000 e 75.000 plantas ha⁻¹ foram reduzidas em 2.160 e 7.113 plantas, respectivamente. Esse comportamento não foi verificado na menor população.

De acordo com Argenta *et al.* (2001a), cada híbrido responde à densidade até um nível ótimo, que é determinado pelo genótipo e pelas condições do ambiente, diminuindo com posteriores aumentos na população de plantas. Vale ressaltar que o híbrido utilizado no trabalho se apresenta medianamente suscetível a essa bactéria (Pioneer, 2000). Para Fornasieri Filho (1992), o aumento populacional modifica as características morfológicas da planta, fazendo que os colmos fiquem mais finos, aumentando assim o acamamento, sendo que tal característica é diferente entre os cultivares. Durante a condução do experimento, além da confirmação das características citadas acima, a constatação da podridão bacteriana do colmo, logo após o florescimento do milho, pode ter agravado a porcentagem de plantas acamadas.

A altura das plantas e da inserção da primeira espiga não foram afetadas pelos fatores estudados (Tabela 1). Uma explicação para os resultados encontrados pode estar relacionada à época de semeadura (janeiro), uma vez que a temperatura e a precipitação ocorrida nos primeiros dias de desenvolvimento provocaram intenso desenvolvimento vegetativo da planta, aumentando a capacidade em absorver a radiação fotossinteticamente ativa. De acordo com Silva (2000), plantas mais altas resultam em maiores alturas de inserção da espiga, sendo essas diferenças relacionadas a fatores genéticos, estando de acordo com os resultados obtidos por Penariol *et al.* (2002), os quais obtiveram maior altura da planta e da inserção da espiga com o aumento populacional. Contudo Argenta *et al.* (2001a) constataram que o aumento na densidade de plantas promoveu redução na

estatura da planta e na altura de inserção da espiga. Com a redução no espaçamento entre linhas, ocorrem alterações nas características das plantas, tais como menor estatura e altura da inserção da primeira espiga (Argenta *et al.*, 2001a), principalmente sob altas densidades de semeadura, o que pode ser devido ao grau de competição entre as plantas, diminuindo na linha e aumentando entre plantas de linhas diferentes, pela menor radiação solar recebida no interior do dossel da cultura (Argenta *et al.*, 2000a e b; Argenta *et al.*, 2001a e b).

Pelos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que os valores referentes ao número de grãos por espiga sofreu influência somente do sistema de manejo do solo, sendo que, no plantio direto, os valores foram estatisticamente inferiores aos demais sistemas. As populações e as adubações não afetaram essa variável. Argenta *et al.* (2001b) verificaram que o aumento da população de plantas proporcionou menor número de grãos por espiga, havendo um decréscimo linear com o aumento no espaçamento

entre linhas. Penariol *et al.* (2002) e Amaral Filho *et al.* (2002) relataram que o número de grãos por espiga foi influenciado pela densidade de semeadura, com menores valores encontrados nas maiores densidades populacionais.

Por meio da Figura 1, verifica-se que, no momento do florescimento, a precipitação pluvial foi baixa, não ultrapassando 10 mm. Como faltou água nessa fase primordial do desenvolvimento da planta (pendoamento), o enchimento dos grãos ficou comprometido, afetando diretamente o número de grãos por espiga. Populações muito altas retardam o aparecimento dos estigmas e dos estiletos mais que a liberação do pólen, especialmente sob condições adversas (água), afetando assim a fecundação e, conseqüentemente, a formação dos grãos (Fornasieri Filho, 1992). De acordo com Sangoi *et al.* (2001), a redução no espaçamento entre linhas proporcionou aumento no número de grãos por espiga, independente da data de semeadura.

Tabela 1. Valores médios de estande inicial e final de plantas (pl ha⁻¹), plantas acamadas (%), altura de plantas (m), altura de inserção da 1ª. espiga (m) em diferentes sistemas de manejo do solo, populações de plantas e sistemas de adubação. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001.

Tratamentos	Estande inicial (pl ha ⁻¹)	Estande final (pl ha ⁻¹)	Plantas acamadas (%)	Altura de plantas (m)	Altura de inserção da 1ª. Espiga (m)
F¹					
Preparo (Pre)	3,11*	1,35 ^{ns}	1,61 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,89 ^{ns}
Populações (Pop)	178,57**	17,84*	4,67*	0,11 ^{ns}	2,59 ^{ns}
Adubações (Adu)	0,19 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	3,56 ^{ns}
Pre x Pop	4,31 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,70 ^{ns}
Pre x Adu	2,71 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,85 ^{ns}
Pop x Adu	0,07 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,33 ^{ns}	1,31 ^{ns}
C. V. (%)	6,81	11,73	31,53	2,84	5,57
Manejo do Solo					
Convencional	60771	59074	42	2,78	1,41
Mínimo	63009	62453	46	2,80	1,43
Plantio Direto	63703	60663	39	2,77	1,39
Populações					
55.000	49814 c	53796 b	37 b	2,79	1,38
65.000	65076 b	62916 a	41 ab	2,78	1,41
75.000	72592 a	65478 a	39 a	2,78	1,43
Adubações					
Área	62273	60833	40	2,78	1,39
Planta	62715	60627	44	2,79	1,43

Médias seguidas por letras iguais e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.⁽¹⁾Teste F: * significativo a 5%, ** significativo a 1% e ns - não significativo.

Tabela 2. Valores médios de número de grãos por espiga, massa da espiga (gramas), massa de grãos por espiga (gramas), massa de 1000 grãos (gramas), produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e de matéria seca da palha (kg ha⁻¹) da cultura do milho em diferentes sistemas de manejo do solo, populações de plantas e sistemas de adubação. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001.

Tratamentos	Grãos/espiga (n°)	Massa da espiga (g)	Massa de grãos/espiga (g)	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Produção de palha (kg ha ⁻¹)
F¹						
Preparo (Pre)	10,71*	73,45**	2,03 ^{ns}	4,86*	2,18 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Populações (Pop)	1,64 ^{ns}	29,51**	8,45*	8,55*	5,21**	2,12 ^{ns}
Adubações (Adu)	0,01 ^{ns}	21,69**	0,58 ^{ns}	2,13 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,93 ^{ns}
Pre x Pop	1,53 ^{ns}	143,09**	0,73 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Pre x Adu	0,49 ^{ns}	83,82**	0,09 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Pop x Adu	0,02 ^{ns}	141,84**	0,41 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,28 ^{ns}	2,87 ^{ns}
C. V. (%)	7,03	2,87	13,54	10,21	20,18	31,53
Manejo do Solo						
Convencional	464 a	181,8 b	107,1	246,7 a	4781	8301
Mínimo	455 a	199,7 a	99,1	224,1 b	5393	9073
Plantio Direto	424 b	185,1 b	102,0	221,0 b	5205	9064
Populações						
55.000	456	183,2 c	112,2 a	232,0 ab	4584 b	8090
65.000	449	188,1 b	98,7 b	219,3 b	5453 a	9619

75.000	439	195,2 a	97,2 b	240,4 a	5472 a	8730
Adubações						
Área	456	185,9 b	104,0	234,6	5232	9236
Planta	456	191,8 a	101,5	225,5	4972	8390

Médias seguidas por letras iguais e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.⁽¹⁾ Teste F: * significativo a 5%; ** significativo a 1% e ns - não significativo.

De acordo com Alfonsi *et al.* (1997), em épocas tradicionais de semeadura (outubro, novembro e dezembro), o atendimento hídrico é mais provável, fazendo que as fases fenológicas críticas da cultura do milho (florescimento e enchimento de grãos) coincidam com a distribuição de chuvas regulares.

A massa da espiga sofreu influência de todos os tratamentos estudados, assim como de suas interações (Tabelas 3, 4, 5).

Quanto ao desdobramento da interação sistema de manejo do solo x populações (Tabela 3), observa-se que o aumento na população de plantas proporcionou maior massa da espiga e, nas populações estudadas, os maiores valores se concentram dentro do preparo mínimo, sendo o preparo convencional e o plantio direto estatisticamente semelhantes. Esses dados contradizem os obtidos por Evangelhista (1991), que constatou redução na massa da espiga com o aumento do estande de plantas.

Tabela 3. Desdobramento da interação sistema de manejo do solo x populações de plantas referente à massa da espiga (g). Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001.

Populações (pl ha ⁻¹)	Sistemas de Manejo do Solo			Média
	Convencional	Mínimo	Plantio direto	
55.000	161,95 cB	182,60 cA	165,00 cB	183,23
65.000	185,15 bB	193,62 bA	185,57 bB	188,12
75.000	198,35 aB	222,75 aA	204,67 aB	195,21
Média	181,82	199,66	185,08	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (Tukey). Letras minúsculas referem-se às colunas e maiúsculas, às linhas.

Segundo Arf *et al.* (2002), o preparo mínimo por meio do uso de escarificador favorece a manutenção do grau de agregação do solo, proporcionando maior aeração, havendo uma pequena quebra de estrutura apenas na camada superficial, favorecendo o crescimento da raiz em profundidade e aumentando a sua capacidade de absorção de água e de nutrientes.

Ao analisar o desdobramento dos sistemas de manejo do solo em relação às adubações (Tabela 4), constata-se que o preparo mínimo proporcionou maior massa da espiga no sistema de adubação por área, muito embora esse efeito não tenha sido evidenciado no sistema de adubação por planta, uma vez que não houve diferenças significativas entre os sistemas de manejo. Analisando o desdobramento das adubações dentro dos sistemas de manejo do solo, verifica-se que, nos sistemas de preparo convencional e plantio direto, a maior disponibilidade de nutrientes fornecida pelo sistema de adubação por planta proporcionou maior massa da espiga, sendo que o preparo mínimo apresentou o menor valor.

Tabela 4. Desdobramento da interação sistema de manejo do

solo x sistemas de adubação referente à massa da espiga (g). Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001.

Adubações	Sistemas de Manejo do Solo			Média
	Convencional	Mínimo	Plantio direto	
Área	169,70 bC	207,60 aA	180,32 bB	185,87
Planta	193,33 aA	191,72 bA	189,85 aA	191,83
Média	181,82	199,66	185,08	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (Tukey). Letras minúsculas referem-se às colunas e maiúsculas, às linhas.

De maneira geral, na ausência de condições adversas, o arranjo de plantas aliado a uma boa nutrição promove a formação de espigas maiores e, conseqüentemente, com maior massa. Isso ocorre provavelmente porque esse sistema de adubação acaba favorecendo a absorção de nutrientes pelas plantas, uma vez que a competição será menor quando comparada ao sistema de adubação por área. Sendo assim, esse maior fornecimento às plantas pode ser facilitado pelos sistemas de manejo do solo, como é o caso do preparo mínimo e, no presente trabalho, esse sistema deve ter favorecido ainda mais o desenvolvimento radicular, permitindo às plantas explorar um volume maior de solo e, conseqüentemente, maior crescimento, favorecendo o desenvolvimento da espiga.

Na interação população de plantas x sistemas de adubação (Tabela 5), o aumento da densidade utilizando a adubação por área proporcionou maior massa da espiga, porém, no sistema de adubação por planta, tal efeito ocorreu na população de 65.000 plantas ha⁻¹, fato devido, provavelmente, à densidade estar próxima à recomendada para o híbrido utilizado, considerando as condições do experimento, muito embora o sistema de adubação por planta tenha proporcionado, na média, maior massa da espiga. Os resultados obtidos não corroboram com as afirmações de Oliveira (1984), que relatou a produção de maiores espigas em baixas densidades e até, em alguns casos, a ocorrência de duas espigas.

A massa de grãos por espiga (Tabela 2) não foi afetada pelo sistema de manejo do solo e pelo sistema de adubação. Em relação à população de plantas, a utilização de 55.000 plantas ha⁻¹ proporcionou maior massa de grãos por espiga, embora tenha proporcionado a menor massa da espiga. Assim, as condições desfavoráveis na época do florescimento, como temperaturas altas e baixa precipitação pluvial, diminuíram a quantidade de grãos formados nas maiores populações, em razão da maior competição por recursos entre as plantas, refletindo nos menores valores de massa de grãos por espiga.

Tabela 5. Desdobramento da interação populações de plantas x sistemas de adubação referente à massa da espiga (g). Selvíria,

Estado do Mato Grosso do Sul, 2001.

Populações (pl ha ⁻¹)	Sistema de adubação		Média
	Área	Planta	
55.000	183,23 bA	183,23 bA	183,23
65.000	170,70 cB	205,53 aA	188,12
75.000	203,68 aA	186,73 bB	195,21
Média	185,87	191,83	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (Tukey). Letras minúsculas referem-se às colunas e maiúsculas, às linhas.

Em relação à massa de 1000 grãos, pode-se observar que o sistema de manejo do solo com preparo convencional proporcionou valores estatisticamente superiores aos demais sistemas. A utilização da população de 75.000 plantas ha⁻¹ resultou na maior massa de 1000 grãos. Esses resultados contradizem os encontrados por Argenta *et al.* (2001a) e Amaral Filho *et al.* (2002), que constataram redução na massa de 1000 grãos com o aumento populacional, e também os obtidos por Penariol *et al.* (2002), em que os autores encontraram maiores valores no tratamento com menor população, o que pode ser explicado, em parte, pela influência das altas populações nos processos fisiológicos, priorizando a translocação de fotoassimilados para o ápice em detrimento às espigas (Sangoi, 2000).

O aumento da população de plantas proporcionou maior produtividade (Tabela 2), contradizendo os resultados encontrados por Penariol *et al.* (2002), os quais constataram maior produtividade no tratamento com menor população. Não houve efeito do sistema de manejo do solo e do sistema de adubação sobre a produtividade de grãos. Fornasieri Filho (2000) relatou que espaçamentos menores e densidades de plantio elevadas têm demonstrado aumentos de rendimento de até 20%. Como o experimento foi conduzido em condições de sequeiro e houve deficiência hídrica durante a fase de florescimento (Figura 1), os efeitos tanto de sistemas de manejo do solo quanto do sistema de adubação podem ter sido limitados pela condição climática. A condição climática, provavelmente, afetou, também, o desempenho da cultura em relação aos tratamentos com adubação. Esse resultado não era esperado, uma vez que o aumento populacional, juntamente com o aumento de nutrientes pelo sistema de adubação por planta, provavelmente, proporcionaria maior produtividade de grãos. Pela Figura 1, nota-se que houve um período muito grande de seca durante todo o ciclo da cultura, e isso acabou, de certa forma, afetando diretamente o desenvolvimento da espiga e o enchimento dos grãos. Tal comportamento climático semelhante ao verificado no presente trabalho, denominado de veranico, é comum de ocorrer na região do cerrado brasileiro. Assim, em sistemas onde não há limitação hídrica e o teto de produtividade é maior que o alcançado no presente trabalho, provavelmente haverá resposta à adubação por planta. Contudo há necessidade de mais estudos tanto em sistema de produção em condições de sequeiro como

em condições de irrigação.

Farinelli *et al.* (2002), avaliando os componentes de produção de diversos híbridos de milho, constataram que, em virtude da época de semeadura ter sido realizada no mês de novembro, a alta produtividade obtida foi consequência das condições climáticas favoráveis, com volume maior de precipitações, armazenamento de água no solo e temperaturas adequadas ocorridas durante o desenvolvimento dos cultivares avaliados.

O incremento na produtividade de grãos decorrente do aumento da população pode ser explicado pelo ajuste que há no desenvolvimento da planta em função da densidade populacional. Assim, de maneira geral, em baixas densidades, a produção individual por planta é alta, mas a produtividade por área é pequena. Ao adotar o aumento populacional, a produção por planta é mais baixa, porém a produtividade é maior, até alcançar um ponto máximo onde produção individual e produtividade por área declinam. No presente trabalho, analisando o estande final (Tabela 1), constata-se que o aumento de 62.916 para 65.478 plantas ha⁻¹ não resultou em incremento na produtividade de grãos, o que permite inferir que o híbrido já está no ponto de equilíbrio quanto à densidade populacional para a condição de sequeiro.

Os dados obtidos divergem de Argenta *et al.* (2001a), que relataram aumento da produtividade de grãos com a redução da densidade de plantas, mas são coincidentes aos encontrados por Amaral Filho *et al.* (2002), que constataram maior produção com a utilização de menor espaçamento entre linhas aliado à maior população de plantas. Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), a redução no espaçamento entre linhas na cultura do milho, associada à maior população de plantas, pode provocar um sombreamento prematuro das folhas e redução do índice de área foliar, reduzindo o potencial de produção da planta.

No tocante à produção de matéria seca de palha (Tabela 2), não foi constatado efeito significativo dos fatores estudados. Contudo era esperada maior produtividade de matéria seca com o aumento da população de plantas por área (75.000 plantas ha⁻¹), aliada à maior disponibilidade de nutrientes fornecida pelo sistema de adubação por planta, o que acabou não ocorrendo.

Referências

- ALFONSI *et al.* Épocas de semeadura para a cultura do milho no Estado de SP, baseadas na probabilidade de atendimento hídrico. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, Santa Maria, n. 5, p. 43-40, 1997.
- ALMEIDA, M. L. *et al.* Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, jan. 2000.

- AMARAL FILHO, J. P. R. *et al.* Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada nas características produtivas em cultura do milho sob alta tecnologia. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: ABMS, 2002. (CD - ROM).
- ARF, O. *et al.* Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, 2002.
- ARGENTA, G. *et al.* Efeito do espaçamento entre linhas sobre a resposta de dois híbridos simples de milho à densidade de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. *Congresso...* Uberlândia: ABMS, 2000a. (CD - ROM).
- ARGENTA, G. *et al.* Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. *Congresso...* Uberlândia: ABMS, 2000b. (CD - ROM).
- ARGENTA, G. *et al.* Resposta de híbridos simples de milho à redução no espaçamento entre linhas. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, jan. 2001a.
- ARGENTA, G. *et al.* Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001b.
- BRUSTOLIN, R. *et al.* Desenvolvimento e rendimento de milho safrinha cultivado em diferentes espaçamentos entre linhas. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. *Congresso...* Foz do Iguaçu: Conbea, 2001. (CD-ROM).
- BÜLL, L. T. Nutrição Mineral do milho. In: CANTARELLA, H.; BÜLL, L.T. *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós, 1993. p. 63-145.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós, 1993. p.180-183.
- DINIZ, A. J. *Desempenho de cultivares de milho (Zea mays L.) em áreas de plantio direto e convencional, sob diferentes densidades de semeadura*. 1999. Tese (Doutorado em Agronomia / Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrônomicas e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação dos solos*: Rio de Janeiro: EMBRAPA / CNPS, 1999. 412 p.
- ENDRES, V. C.; TEIXEIRA, M. R. O. População de Plantas e arranjo entre fileiras. IN: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA *Milho: informações técnicas*. Dourados, MS:EMBRAPA / CPAO, 1997, p. 108 - 110.
- EVANGELHISTA, A. R. *Consórcio milho-soja e sorgo-soja: rendimento forrageiro, qualidade e valor nutritivo das silagens*. 1991. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Fisiologia de produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. (Ed.). *Milho: Estratégias de manejo para a região sul*. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. 209 p.
- FARINELLI, R. *et al.* Desempenho agrônomico de cultivares de milho nos períodos de "Safrã" e "Safrinha". In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: ABMS, 2002. (CD - ROM).
- FORNASIERI FILHO, D. *A cultura do milho*. Jaboticabal: Funep, 1992. 273 p.
- OLIVEIRA, J. M. V. *O Milho*. Lisboa: Livraria Clássico, 1984. (Coleção Técnica Agropecuária).
- PENARIOL, F. G. *et al.* Comportamento de genótipos de milho em função do espaçamento e da densidade populacional nos períodos de safrinha e safrã. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: ABMS, 2002. (CD - ROM).
- PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho (*Zea mays* L.). In: KIMATI, H. *et al. Manual de Fitopatologia : Doenças das Plantas Cultivadas*. vol. 2. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. cap. 52, p. 541.
- PIONEER. *Guia de Produtos*. Santa Cruz do Sul: Pioneer Hi-bred International, Inc., 2000. 79 p.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agrônomico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- RAIJ, B. van. *et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomico & Fundação IAC, 2ª edição, 1996. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).
- SANGOI, L. *et al.* Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short Summer. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 6, p. 861-869, jun. 2001.
- SILVA, A. R. B. *Comportamento de variedades/híbridos de milho (Zea mays L.) em diferentes tipos de preparo do solo*. Botucatu, 2000. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- VAZQUEZ, G. H.; SILVA, M. R. R. Influência do espaçamento entre linhas de semeadura em híbrido simples de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: ABMS, 2002. (CD - ROM).
- XIMENES, P. A. *Influência da população de plantas e de níveis de Nitrogênio na produção e qualidade da massa verde e da silagem de milho*. 1991. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. *SANEST*. Sistema de análise estatística para computadores. 1991. 120 p.

Received on November 12, 2003.

Accepted on August 31, 2004.