

# Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho

Orivaldo Arf<sup>1\*</sup>, Robson Nunes Fernandes<sup>2</sup>, Salatier Buzetti<sup>3</sup>, Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues<sup>3</sup>, Marco Eustáquio de Sá<sup>1</sup> e João Antônio da Costa Andrade<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo. <sup>3</sup>Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. <sup>4</sup>Departamento de Biologia e Zootecnia, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: arf@agr.feis.unesp.br

**RESUMO.** A melhoria nas condições do solo, associada ao fornecimento adequado de nitrogênio, é de suma importância para o aumento da produtividade das culturas. A pesquisa foi conduzida no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com os tratamentos constituídos pela combinação de manejo do solo (grade pesada + grade niveladora, arado de aiveca + grade niveladora e plantio direto) e aplicação de nitrogênio (100 kg ha<sup>-1</sup>) na semeadura e/ou em cobertura na fase de 6-7 folhas, utilizando como fonte a uréia, com 4 repetições. Para a aplicação de N, houve efeito significativo somente em relação à testemunha em que, na média, o incremento de produtividade foi de 29,4% (2001/02) e de 47,4% (2002/03). Não houve diferença entre a aplicação realizada totalmente na semeadura ou em cobertura, ou ainda, entre as aplicações parceladas. O plantio direto proporcionou maior produtividade do milho em relação ao preparo do solo com grade aradora ou arado de aiveca; a adubação nitrogenada incrementou a produtividade de grãos de milho; a forma de aplicação de nitrogênio, todo na semeadura ou em cobertura, ou ainda, parcelado na semeadura e em cobertura não influenciou a produtividade do milho.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., arado de aiveca, grade aradora e nitrogênio.

**ABSTRACT.** Soil management and nitrogen application time in growth and yield of corn. The improvement in soil condition associated with nitrogen supply is very important to increase crop yield. The research was carried in Selviria county, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. A randomized block design was with treatments consisting of a combination of soil management (heavy disk + leveling disk, moldboard plow + leveling disk, and no-till) and nitrogen application time (100 kg ha<sup>-1</sup>) at sowing and/or side-dressed at the 6-7 leaves stage, using urea as source, with 4 replications. Nitrogen influenced grain yield with increment of 29.4% (2001/02) and 47.4% (2002/03) in relation to control. There was no significant difference among the different periods of nitrogen application. The treatments produced higher yield of corn in relation to soil management using plowing disk or moldboard plow.

**Key words:** *Zea mays* L., moldboard plow, leveling disk, nitrogen.

## Introdução

Nas regiões tropicais e subtropicais, os sistemas de produção que envolvem a pulverização da camada superficial no preparo do solo promovem decomposição e queima acelerada dos componentes orgânicos, tornando-os mais sujeitos às alterações e às variações rápidas que afetam de forma negativa o desenvolvimento das plantas. O plantio direto constitui-se em uma prática eficiente para o controle de erosão, propicia maior disponibilidade de água e de

nutrientes para as plantas, melhora as condições físicas do solo com o aumento da matéria orgânica, melhorando as suas condições químicas (Balbino *et al.*, 1996). Os solos sob cultivo devem ser manejados de modo a alterar o mínimo possível as características físicas e químicas originais, especialmente aquelas que afetam a infiltração e a retenção de água, como porosidade e agregação (Castro *et al.*, 1987).

A compactação do solo afeta a aeração por causa das modificações na estrutura do solo e na drenagem da água. O efeito imediato é a redução no volume de

macroporos, reduzindo a difusão da água e dos gases e dificultando o crescimento das raízes (Pedroso e Corsini, 1983). O preparo sucessivo do solo com grade aradora, além de ocasionar excessiva desintegração física e preparo superficial, pode levar à formação de uma camada impermeável conhecida como “sola de grade” (Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993). Sidiras *et al.* (1982), citados por Castro *et al.* (1987), estudando vários sistemas de preparo (convencional, escarificação e plantio direto), verificaram que o conteúdo de água no solo no plantio direto foi consideravelmente maior nas tensões de 0,06, 0,33 e 1,00 bar em comparação com o solo preparado no sistema tradicional. Sob plantio direto, o conteúdo de água na capacidade de campo, considerando em nível de 0,33 bar, nas camadas de 3-10, 11-20 e 21-30 cm, superou o convencional em 31, 20 e 5%, respectivamente. O preparo reduzido com escarificador ocupou posição intermediária sem diferir estatisticamente dos demais. Procurando determinar o efeito de diferentes sistemas de preparo do solo nas perdas de solo e de água, Castro *et al.* (1986) verificaram que o arado escarificador ofereceu um controle de 55 e 43% nas perdas de solo e de água em relação ao arado de discos, em um Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/média, enquanto no Latossolo Roxo o controle nas perdas de solo e de água foi de 35 e 32%, respectivamente.

Estudando vários métodos de preparo de solo, Seguy *et al.* (1985), citados por Kluthcouski *et al.* (1988), verificaram que o enraizamento do arroz de sequeiro aumentou em 26% no perfil de 0 a 60 cm, quando o solo foi submetido à descompactação nos primeiros 30 cm. Observaram ainda que, no preparo superficial contínuo, ou seja, compactado, 85% das raízes encontravam-se nos primeiros 10 cm enquanto no solo descompactado foram observados apenas 51% do total. De acordo com Oliveira *et al.* (1996), um período de deficiência hídrica moderada ocasionou decréscimos de 13,7% na produção de grãos e de 14,7% na de matéria seca do arroz de sequeiro. O preparo profundo do solo com arado de aiveca minimizou o efeito da deficiência hídrica, ocasionando aumentos de 28,4% na produção de grãos e de 23,9% na produção de matéria seca. Esse resultado indica que, em situação de deficiência hídrica moderada (10 a 15 dias de estiagem), o preparo do solo bem feito é capaz de substituir com vantagens a irrigação suplementar.

Barros e Hanks (1997) observaram que a cobertura do solo aumentou o rendimento e a eficiência no uso de água pelo feijoeiro em todos os níveis de irrigação testados. Stone e Silveira (1999)

verificaram que o preparo do solo com arado de aiveca propiciou menor resistência à penetração, ao longo do perfil; com o uso da grade aradora, houve a formação de uma camada mais compacta entre 10 e 24 cm de profundidade e, no sistema de plantio direto, houve maior compactação até 15-22 cm de profundidade. Esses autores verificaram ainda que a distribuição do sistema radicular em profundidade foi mais uniforme no preparo com arado; no preparo com grade, houve concentração de cerca de 60% das raízes na camada de 0-10 cm e, no plantio direto, as raízes se concentraram nos primeiros 20 cm.

Carvalho *et al.* (2001), estudando parcelamentos (0-0, 0-75, 15-60, 30-45, 45-30, 60-15 e 75-0 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, na semeadura e em cobertura, em feijão de inverno, na região de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, concluíram que a aplicação de nitrogênio na semeadura e ou em cobertura não interferiu na produtividade da cultura. Scherer (2001) estudou em milho, durante 4 anos, o efeito de uma testemunha (sem N) e 4 fontes (uréia, nitrato de amônio, sulfato de amônio e esterco líquido de suínos) aplicadas na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. O nitrogênio foi aplicado no dia da semeadura da cultura ou aplicado parcelado em duas vezes, utilizando 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e o restante em cobertura, 40 a 45 dias após a emergência das plantas de milho. Em outro experimento, foram aplicados 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, utilizando as seguintes fontes: uréia, nitrato de amônio e nitromag. O autor concluiu que: em ano com precipitações pouco intensas e bem distribuídas, a adubação nitrogenada aplicada na semeadura do milho é tão eficiente quanto à aplicação parcelada; em anos com bastante chuva e alta intensidade de precipitação, o parcelamento da adubação nitrogenada é recomendável; em ano com déficit hídrico e distribuição irregular de chuva, a adubação nitrogenada em cobertura poderá ter sua eficiência reduzida; como não houve diferença entre fontes de N para o milho, é possível utilizar a fonte com menor custo por unidade de área e, para a cultura do milho no sistema de plantio direto, sugere-se aplicar de 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e o restante em cobertura.

Estudos desenvolvidos no Rio Grande do Sul por Ceretta *et al.* (2002), objetivando avaliar diferentes formas de parcelamento da adubação nitrogenada para o milho (aplicação em pré-semeadura, após o manejo da aveia preta; semeadura e em cobertura) em sucessão à aveia preta, indicaram que a aplicação em pré-semeadura do milho de parte ou todo o nitrogênio que seria aplicado em cobertura não

conferiu produtividade de grãos diferente da aplicação na semeadura e em cobertura. Mas as precipitações pluviométricas acima da normal podem causar diminuição na produtividade de grãos. Por essa razão, os autores recomendam a aplicação de nitrogênio para o milho na semeadura e em cobertura.

Estudos desenvolvidos em Coimbra, Estado de Minas Gerais, por Santos *et al.* (2004), procurando verificar o efeito de espaçamentos entre fileiras e épocas de adubação nitrogenada em cultivares de milho, mostraram que, independentemente da cultivar, a adubação com 120 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado na semeadura não diferiu do tratamento com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado na semeadura e 90 kg ha<sup>-1</sup> aplicado por ocasião da quarta folha. Em Lavras, Estado de Minas Gerais, Von Pinho *et al.* (2004) estudando 4 épocas de aplicação de N em cobertura associada a dois espaçamentos entre fileiras, duas fontes de N e 4 híbridos de milho, verificaram que os resultados obtidos evidenciaram a viabilidade da aplicação de N em cobertura logo após a semeadura, à não influência das fontes de N utilizadas e que a redução de espaçamentos entre fileiras de plantas não proporcionaram ganhos significativos de produtividade.

Rocha *et al.* (2004) também avaliaram 3 híbridos de milho e 6 formas de aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N: 100% na semeadura (S); 40% na S e 60% na 4<sup>a</sup> folha; 40% na S e 60% na 8<sup>a</sup>; 20% na S e 80% na 4<sup>a</sup> folha; 20% na S e 80% na 8<sup>a</sup> folha; 20% na S, 40% na 4<sup>a</sup> e 40% na 8<sup>a</sup> folha, mais um tratamento testemunha sem N. Os autores verificaram que a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em dose única na semeadura ou parcelada em diferentes estádios vegetativos proporcionaram produtividades semelhantes, independentemente dos híbridos utilizados.

A adoção de um sistema que possibilite melhorar as condições do solo, associada ao fornecimento adequado de nitrogênio, pode ser de suma importância para o aumento da produtividade da cultura. Desse modo, propôs-se o estudo com o objetivo de avaliar o comportamento do milho em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio.

## Material e métodos

O trabalho foi realizado no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, aproximadamente a 51°22' de longitude Oeste de Greenwich e a 20°22' de latitude Sul, com altitude de 335 m. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, a moderado,

hipodistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (Embrapa, 1999). A precipitação média anual é de 1370 mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa média anual do ar oscila entre 70 e 80%.

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras do solo da área experimental, na camada de 0 - 20 cm. A análise química dessas amostras, segundo metodologia descrita em Rajj e Quaggio (1983), revelou os seguintes valores: MO, 21 g dm<sup>-3</sup>; P (resina), 18 mg dm<sup>-3</sup>; pH (CaCl<sub>2</sub>), 5,0; K, Ca, Mg e H+Al, 1,6; 22; 15 e 34 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente e V = 53%. A análise granulométrica apresentou 439, 96, 465 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, respectivamente.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com os tratamentos constituídos pela combinação de três modalidades de preparo do solo (grade pesada + grade niveladora e arado de aiveca + grade niveladora e plantio direto) dispostas em faixas e aplicação de nitrogênio na semeadura (S) e/ou em cobertura (C) na fase de 6-7 folhas, com 4 repetições. O adubo nitrogenado, utilizando como fonte a uréia, foi aplicado na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> e utilizou-se, também, um tratamento sem nitrogênio (testemunha; 100 S; 80 S+20 C; 60 S+40 C; 40 S+60 C; 20 S+80 C; 100 C). A dose de nitrogênio utilizada foi definida em função da produtividade esperada e da classe de resposta ao nitrogênio.

O experimento foi instalado nos dois anos agrícolas, na mesma área onde havia sido cultivado nos dois últimos anos com arroz no período de outubro a março e feijão no período de maio a agosto. O preparo do solo, dependendo do tratamento, foi realizado com arado de aiveca ou grade aradora e duas gradagens para nivelamento. Também foi utilizado um tratamento com plantio direto. A área com as parcelas de plantio direto foi iniciada no sistema em 1997. A pesquisa foi instalada em área com cultivo anterior de milho no período de inverno.

As parcelas foram constituídas por 6 linhas de 7 m de comprimento espaçadas 0,90 m entre si. A área útil foi constituída pelas 4 linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha. A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi constituída de 75 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando-se como fonte o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente, calculada de acordo com as características químicas do solo e a produtividade esperada. A semeadura foi realizada mecanicamente no dia 29 de outubro de 2001 e 30 de outubro de

2002, utilizando o híbrido duplo XB 8010 no primeiro ano e Agromen 3050 no segundo ano, com densidade de 5,5 sementes por metro. As sementes foram tratadas com thiodicarb+óxido de zinco (600+500 g do i.a. para 100 kg de sementes). O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado com sistema fixo de irrigação convencional e o manejo de água foi realizado com os seguintes coeficientes de cultura ( $k_c$ ): 0,40 no período de estabelecimento das plantas, 0,8 no período vegetativo; 1,10 no florescimento; 0,80 na formação de grãos e 0,50 na maturação.

O controle de plantas daninhas foi realizado com a utilização de herbicidas. No caso do plantio direto, a dessecação da cobertura do solo foi realizada com glyphosate (1560 g ha<sup>-1</sup> do i.a.). Como na área de cultivo tem ocorrido com frequência capim colchão (*Digitaria sanguinalis*), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), foi aplicado, logo após a semeadura, o herbicida atrazina+metolachlor (800+1200 g do i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente). As demais plantas daninhas não atingidas pelos herbicidas foram controladas manualmente com auxílio de enxada. Foram avaliadas as seguintes características: número de dias para emergência, floração e colheita, matéria seca de plantas, população de plantas, massa da espiga despalhada, massa de sabugo, massa de grãos por espiga e rendimento de grãos.

Por ocasião do pendoamento (50% das plantas pendoadas), foram coletadas 10 plantas da área útil das parcelas, as quais foram secadas em estufa com ventilação forçada à temperatura média de 60-70°C, até massa constante. Em seguida, foram quantificadas para determinação da massa seca de plantas e estimativa da massa seca por área. Também foi coletado o terço central da folha da base da espiga, em 10 plantas da área útil das parcelas, que foram submetidas à secagem em estufa e, posteriormente, moídas em moinho do tipo Willey para determinação do teor de N, conforme metodologia proposta por Sarruge e Haag (1974).

Foi determinada a população de plantas pela contagem do número de plantas de 2 linhas de 5 m na área útil de cada parcela, no início e no final do desenvolvimento da cultura.

No período de colheita do milho, foram coletadas as espigas de 20 plantas em local pré-estabelecido, na área útil de cada parcela para determinação dos seguintes parâmetros: a) **massa da espiga despalhada**, determinada através da relação massa total das espigas/número de espigas; b) **massa do sabugo**, determinado através da relação massa total dos sabugos/número de sabugos; c) **massa de**

**grãos/espiga**, determinado através da diferença de massa entre as espigas e os sabugos.

As espigas das plantas de 3 linhas de 5 m de comprimento, da área útil de cada parcela, foram colhidas e submetidas à trilha mecânica, os grãos obtidos foram quantificados e os dados transformados em kg ha<sup>-1</sup> (13% base úmida). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

A emergência das plantas ocorreu aos 6 dias após a semeadura nos dois anos de cultivo. O florescimento pleno e a colheita em 2001/02, por sua vez, ocorreram aos 52 e 113 dias após a emergência das plantas, respectivamente. Em 2002/03, o florescimento e a colheita ocorreram aos 50 e 133 dias. Vale ressaltar que, no segundo ano de cultivo, a colheita poderia ter sido realizada aproximadamente duas semanas antes. Verificou-se, pela análise estatística utilizada, que não houve efeito significativo da interação preparo do solo x adubação nitrogenada para os parâmetros estudados.

A população de plantas (Tabela 1) foi influenciada pelo preparo do solo, sendo que o plantio direto apresentou a maior população de plantas, tanto inicial como final nos dois anos de cultivo. Entretanto, mesmo no preparo do solo com arado de aiveca, que apresentou as menores populações, no momento da colheita a população de plantas foi superior a 50.000 plantas no primeiro ano e 45.000 plantas no segundo ano de cultivo. É possível que as maiores populações de plantas no plantio direto estejam relacionadas com a condição do solo no momento da semeadura, permitindo maior atrito entre a roda motriz responsável pela movimentação do sistema de distribuição de sementes e o solo, permitindo melhor funcionamento do sistema de distribuição de sementes. No preparo com arado de aiveca, o solo mais solto dificultou a movimentação de tal mecanismo, distribuindo menos sementes no sulco de semeadura. Tormena *et al.* (2002) observaram que o plantio direto apresentou maiores valores para densidade do solo e resistência à penetração em relação ao preparo com arado de aiveca. A adubação nitrogenada, mesmo com a aplicação da dose total no sulco de semeadura, não interferiu na população de plantas no primeiro ano de cultivo. No segundo ano, apenas a aplicação de todo nitrogênio na semeadura interferiu negativamente na população inicial de plantas.

A matéria seca de plantas (Tabela 1), avaliada por

ocasião do florescimento pleno, foi influenciada apenas pela adubação nitrogenada em 2001/02, quando o tratamento testemunha (sem nitrogênio) apresentou os menor valor em relação ao tratamento

**Tabela 1.** Valores médios de população inicial de plantas (8 dias após a emergência), de população final de plantas (momento da colheita) e de matéria seca de plantas de milho (no pendoamento das plantas), em função do preparo do solo e da aplicação de nitrogênio. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001/02 e 2002/03.

Tratamentos	População inicial (plantas ha <sup>-1</sup> )		População final (plantas ha <sup>-1</sup> )		Matéria seca (g planta <sup>-1</sup> )		
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	
Preparo do solo							
Aiveca	53.968 b	45.872b	50.238 c	45.118b	134,1	152,4	
Grade	56.354 ab	47.063b	52.262 b	46.031b	129,1	168,5	
Plantio direto	58.735 a	53.650a	55.793 a	50.634a	121,7	152,5	
Adubação Nitrogenada							
Testemunha (-N)	56.477	49.907a	53.055	47.037	110,0 b	126,3	
100 S	56.486	45.840b	51.851	45.670	129,2 ab	189,3	
80 S + 20 C	52.782	48.425ab	52.129	47.500	131,8 ab	149,9	
60 S + 40 C	55.560	48.333ab	53.888	45.740	134,1 ab	163,1	
40 S + 60 C	57.412	48.981ab	52.500	48.426	141,5 a	165,8	
20 S + 80 C	57.412	51.203a	53.425	46.574	128,8 ab	155,5	
100 C	58.338	49.444ab	52.499	47.685	122,5 ab	154,6	
Preparo do solo (P)	6,09*	48,10**	31,36**	21,51**	2,90ns	0,97ns	
F Aplicação N (N)	1,50ns	3,36**	0,89ns	0,84ns	3,16*	1,72ns	
P x N	0,63ns	1,22ns	1,54ns	0,20ns	2,03ns	0,59ns	
DMS	Preparo	3,282	2,054	1,707	2,167	-	
	N	-	3,977	-	-	24,49	
CV (%)		9,06	6,54	5,03	7,14	13,05	27,45

ns - não-significativo; \* e \*\* significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro (preparo do solo ou adubação nitrogenada), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

40 S + 60 C. A estimativa de produção de matéria seca por área (Tabela 2) também foi influenciada pela adubação nitrogenada e os tratamentos com aplicação de nitrogênio, na média, propiciaram incremento de 23,7% em relação ao tratamento testemunha (sem nitrogênio). Em 2002/03, não houve influência da aplicação de N na matéria seca de plantas e matéria seca por área. Os diferentes tipos de preparo do solo, por sua vez, não interferiram na produção de matéria seca por planta e por área no primeiro ano de cultivo e, no segundo ano, o tratamento com plantio direto apresentou maior produção de matéria seca por área.

O teor de nitrogênio nas folhas, avaliado por ocasião do florescimento, não foi influenciado pelo preparo do solo e também pela adubação nitrogenada em 2001/02 (Tabela 2). Em 2002/03, o tratamento testemunha apresentou valor menor em relação aos tratamentos que receberam nitrogênio na semeadura, em cobertura ou parcelado na semeadura e em cobertura, e a área em plantio direto apresentou maior valor de N nas folhas em relação aos outros dois tipos de preparo do solo utilizados. Os valores obtidos na maioria dos tratamentos estão um pouco abaixo da faixa adequada para a cultura que, segundo Cantarella *et al.* (1996), é de 27 a 35 g kg<sup>-1</sup>.

A massa de espigas (Tabela 2) foi influenciada tanto pelos tipos de manejo de solo utilizados quanto pela adubação nitrogenada. O plantio direto apresentou espigas mais leves em relação ao preparo realizado com arado de aiveca ou grade aradora e os diferentes momentos de aplicação de nitrogênio na cultura não diferiram entre si e apresentaram espigas mais pesadas em relação à testemunha. É possível que a menor massa de espigas obtida no plantio direto possa ser explicada pela maior população de plantas desse tratamento (Tabela 1).

**Tabela 2.** Valores médios de matéria seca por área e teor de N nas folhas (por ocasião do pendoamento das plantas) e massa de espigas de milho (no momento da colheita), em função do preparo do solo e da aplicação de nitrogênio. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001/02 e 2002/03.

Tratamentos	Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )		Teor de N nas folhas (g kg <sup>-1</sup> )		Massa de espiga (g)		
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	
Preparo do solo							
Aiveca	8.480	6.665b	26,2	27,1ab	172,1a	173,1a	
Grade	8.620	7.920ab	24,0	25,8b	169,7a	173,3a	
Plantio direto	8.728	8.231a	25,0	28,0a	160,5b	164,6a	
Adubação Nitrogenada							
Testemunha (-N)	7.154 b	6.261	22,4	24,1b	138,1b	138,4b	
100 S	8.740 a	7.592	25,0	27,6a	172,5a	174,5a	
80 S + 20 C	8.791 a	7.300	25,7	28,0a	173,8a	169,9a	
60 S + 40 C	9.311 a	8.007	25,9	28,1a	176,4a	179,1a	
40 S + 60 C	9.034 a	8.425	24,5	27,5a	174,2a	169,3a	
20 S + 80 C	8.625 a	7.976	25,7	27,0ab	170,0a	175,5a	
100 C	8.607 a	7.676	26,4	26,3ab	166,9a	185,8a	
Preparo do solo (P)	0,46ns	4,65*	2,57ns	5,13*	5,98**	3,30*	
F Aplicação N (N)	6,08ns	1,39ns	0,19ns	3,78**	11,89**	13,21**	
P x N	0,89ns	1,17ns	1,79ns	1,06ns	1,34ns	1,19ns	
DMS	Preparo	-	1,322	-	1,69	8,57	
	Nitrogênio	1,225	-	-	3,29	16,59	
CV (%)		9,73	23,16	12,74	8,35	7,97	8,48

ns - não-significativo; \*\* significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro (preparo do solo ou adubação nitrogenada), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A massa de grãos por espiga apresentou comportamento semelhante ao obtido na avaliação da massa de espiga planta<sup>-1</sup>, ou seja, o plantio direto e o tratamento testemunha (sem N) apresentaram menor massa de grãos em relação aos demais tratamentos utilizados.

Quanto à massa de sabugo, o preparo com aiveca apresentou maior valor em relação ao preparo com grade aradora e plantio direto em 2001/02. A adubação nitrogenada apresentou maior massa de sabugo em relação ao tratamento testemunha, independentemente do momento em que o nitrogênio foi aplicado nos dois anos de cultivo.

Não houve efeito significativo dos diferentes preparos de solo utilizados em 2001/02 sobre a produtividade de grãos (Tabela 3). É interessante ressaltar que o plantio direto apresentou menor massa de espigas e de grãos por espiga em relação aos outros dois sistemas de preparo de solo utilizados. É

provável que esse comportamento tenha ocorrido em função da maior população de plantas encontradas nesse tratamento por ocasião da colheita. O plantio direto apresentou 3.429 e 5.556 plantas a mais em relação ao preparo com grade aradora e arado de aiveca, respectivamente. Em 2002/03, o tratamento em plantio direto apresentou produtividade superior aos demais sistemas de preparo de solo utilizados e certamente a maior população de plantas observada nesse tratamento deve ter contribuído para a obtenção da produtividade mais elevada.

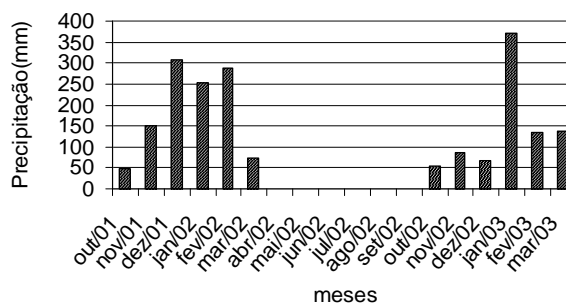
**Tabela 3.** Valores médios de massa de grãos por espiga, de massa de sabugo por espiga e de produtividade de grãos de milho em função do preparo do solo e da aplicação de nitrogênio. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001/02 e 2002/03.

Tratamentos	Massa de grãos espiga <sup>-1</sup> (g)		Massa de sabugo espiga <sup>-1</sup> (g)		Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03
Preparo do solo						
Aiveca	149,5a	149,6a	23,7a	23,4	7.039	5.921b
Grade	147,9a	149,3a	21,8b	24,0	7.388	6.315b
Plantio direto	139,5b	141,6a	20,9b	23,1	7.410	6.938a
Adubação Nitrogenada						
Testemunha(-N)	120,2b	119,3b	17,9b	19,1b	5.814b	4.544b
100 S	149,7a	149,6a	22,8a	24,9a	7.719a	6.686a
80 S + 20 C	151,5a	146,9a	22,4a	23,0a	7.054a	6.619a
60 S + 40 C	153,0a	155,3a	23,4a	24,0a	7.810a	6.894a
40 S + 60 C	150,9a	144,8a	23,3a	24,5a	7.600a	6.334a
20 S + 80 C	149,0a	151,1a	23,4a	24,4a	7.499a	6.756a
100 C	145,1a	160,9a	21,8a	24,6a	7.457a	6.905a
Preparo do solo (P)	5,53**	3,30*	9,64**	1,39ns	1,31ns	10,30**
F Aplicação N (N)	10,95**	12,24**	7,95**	10,89**	6,17**	11,75**
P x N	1,44ns	1,28ns	1,62ns	0,66ns	1,17ns	1,28ns
DMS	7,71	8,44	1,54	-	-	543,35
Nitrogênio	14,94	16,36	2,98	2,66	1,196,62	1.052,13
CV (%)	8,25	8,95	10,86	9,11	13,21	13,25

ns - não-significativo; \*\* significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro (preparo do solo ou adubação nitrogenada), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para a aplicação de nitrogênio, houve efeito significativo somente em relação ao tratamento testemunha em que, na média, o incremento de produtividade foi de 29,4% em 2001/02 e de 47,4% em 2002/03. Não houve diferença entre a aplicação realizada totalmente na semeadura ou em cobertura ou, ainda, entre as aplicações parceladas na semeadura e em cobertura. É interessante observar que o ano agrícola 2001/02 foi excelente em termos de quantidade e de distribuição de chuvas durante o período de cultivo do milho e que o ano 2002/03 teve a pior distribuição em relação ao ano anterior (Figura 1), sendo necessária a complementação via água de irrigação por aspersão. Por outro lado, Scherer (2001) e Ceretta et al. (2002) verificaram efeito significativo na produtividade do milho com o parcelamento do nitrogênio. Quando se comparam dados com aplicação x sem aplicação de nitrogênio, os dados

foram semelhantes aos obtidos neste trabalho. No caso do presente estudo, mesmo ocorrendo boa distribuição de chuvas durante o período de cultivo do milho (precipitação ou precipitação + irrigação), não houve diferença na produtividade de grãos em função da aplicação do nitrogênio na semeadura, em cobertura ou parcelado na semeadura e em cobertura. Outros fatores podem interferir nas perdas de nitrogênio, por exemplo, o tipo de solo, o teor de matéria orgânica e a intensidade das chuvas no período de cultivo. O solo onde o trabalho foi conduzido é argiloso e, mesmo ocorrendo boa distribuição de chuvas, não houve diferenças entre os tratamentos, indicando que as perdas de nitrogênio por lixiviação foram muito pequenas ou semelhantes para os tratamentos adubados. Santos et al. (2004), Von Pinho et al. (2004) e Rocha et al. (2004) encontraram resultados semelhantes em relação à produtividade, aos obtidos no presente trabalho quanto à época de aplicação de nitrogênio na cultura.



**Figura 1.** Distribuição da precipitação pluvial durante o período de condução dos experimentos nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul.

## Conclusão

O plantio direto proporcionou maior população de plantas e maior produtividade do milho em relação ao preparo do solo com grade aradora ou arado de aiveca; a adubação nitrogenada incrementou a produtividade de grãos de milho em mais de 29%; a forma de aplicação de nitrogênio, todo na semeadura ou em cobertura, ou ainda, parcelado na semeadura e em cobertura, não influenciou a produtividade do milho.

## Referências

- BALBINO, L.C. et al. Plantio direto. In: ARAUJO, R.S. et al. (Ed.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 301-352.
- BARROS, L.C.G.; RANKS, J. Evapotranspiration and yield of beans affected by mulch and irrigation. *Agronomy*

J., Madison, v. 85, p. 692-697, 1997.

CANTARELLA, H. *et al.* *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 45-71, (Boletim Técnico, 100).

CARVALHO, M.A.C. *et al.* Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 617-624, 2001.

CASTRO, O.M. *et al.* Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 10, p. 167-71, 1986.

CASTRO, O.M. *et al.* Sistema de preparo do solo e disponibilidade de água. In: VIÉGAS, G.P. (Ed.). *Simpósio sobre o manejo de água na agricultura*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 27-51.

CERETTA, C.A. *et al.* Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. *Sci. Agricola*, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 549-554, 2002.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPQ, 1999.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. *Manual da cultura do arroz*. Jaboticabal: Funep, 1993.

KLUTHCOUSKI, J. *et al.* Preparo do solo. In: ZIMMERMANN, M.J. *et al.* (Ed.). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 249-259.

OLIVEIRA, I.P. *et al.* *Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais*. Goiânia: Embrapa-CNPAF-APA, 1996. (Embrapa-CNAF. Documentos, 64).

PEDROSO, P.A.C.; CORSINI, P.C. Manejo físico do solo. In: FERREIRA, M.E. *et al.* (Ed.). *Cultura do arroz de sequeiro: Fatores afetando a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983. p. 225-238.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. n. 81, p. 1-31.

ROCHA, R.N.C. *et al.* Resposta de híbridos de milho de diferentes ciclos à aplicação de nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. *Anais...* Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Empaer, 2004. p. 1-5. 1 CD-Rom.

SANTOS, M.M. *et al.* Adubação nitrogenada e redução do espaçamento entre fileiras em cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., Cuiabá. *Anais...* Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Empaer, 2004. p. 1-5. 1 CD-Rom.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: Esalq, 1974. (mimeografado).

SCHERER, E.E. Avaliação de fontes e épocas de aplicação de adubo nitrogenado na cultura do milho no sistema de plantio direto. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 48-53, 2001.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.

TORMENA, C.A. *et al.* Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Sci. Agricola*, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

VON PINHO, R.G. *et al.* Avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes de N e espaçamentos entre fileiras de milho no sistema convencional de plantio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., Cuiabá. *Anais...* Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Empaer, 2004. p. 1-5. 1 CD-Rom.

Received on March 18, 2005.

Accepted on August 18, 2006.