

MANEJO DO SOLO E DO NITROGÊNIO EM MILHO CULTIVADO EM ESPAÇAMENTOS REDUZIDO E TRADICIONAL ⁽¹⁾

FLÁVIO HIROSHI KANEKO ^(2,4*); ORIVALDO ARF ⁽³⁾; DOUGLAS DE CASTILHO GITTI ⁽³⁾;
MARCELO VALENTINI ARF ⁽³⁾; CARLOS ALESSANDRO CHIODEROLI ⁽³⁾;
CLAUDINEI KAPPES ⁽³⁾

RESUMO

Práticas agronômicas que ajudem o agricultor a elevar a produtividade e a diminuir os custos de produção devem ser estudadas para garantir a sustentabilidade da agricultura. Assim, desenvolveu-se um experimento com o objetivo de estudar o efeito do manejo do solo, do nitrogênio e do espaçamento entrelinhas na cultura do milho em dois anos agrícolas. O experimento foi instalado sobre um Latossolo Vermelho Distrófico em delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 5 x 2 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três manejos do solo (grade aradora + grade niveladora, escarificador + grade niveladora e plantio direto), cinco épocas de aplicação do nitrogênio [testemunha sem N, 120 kg ha⁻¹ na semeadura (S), 120 kg ha⁻¹ no estágio fenológico V₆, 30 kg ha⁻¹ (S) + 90 kg ha⁻¹ em V₆, 30 kg ha⁻¹ (S) + 45 kg ha⁻¹ em V₄ + 45 kg ha⁻¹ em V₈] e dois espaçamentos entrelinhas (0,45 e 0,90 m) com população fixa. Concluiu-se que o sistema plantio direto promoveu maior população final de plantas e maior produtividade de grãos; a aplicação precoce de todo o N proporcionou produtividade de grãos semelhante aos manejos com parcelamento, e o espaçamento de 0,90 promoveu maior massa seca das plantas quando o preparo foi feito com grade aradora + niveladora.

Palavras-chave: *Zea mays*, preparo do solo, arranjo de plantas, adubação.

ABSTRACT

SOIL AND NITROGEN MANAGEMENT IN MAIZE CULTIVATED IN TWO ROW SPACINGS

Agronomic practices that help the farmer raise the yield and reduce costs must be studied to ensure the sustainability of agriculture. Thinking about it, an experiment was conducted to study the effect of soil management, nitrogen fertilization and the row spacing in maize crop. It was developed in Distrophic Red Latossol. The experimental design was randomized in split plot in a factorial 3 x 5 x 2 with 4 repetitions. The treatments were constituted by the combination of three soil managements (plow harrow + "floating harrows", chisel + "floating harrows" and no tillage), five times of nitrogen supply [control without N, 120 kg ha⁻¹ at sowing (S), 120 kg ha⁻¹ at V₆ stage, 30 kg ha⁻¹ (S) + 90 kg ha⁻¹ at V₆, 30 kg ha⁻¹ (S) + 45 kg ha⁻¹ at V₄ + 45 kg ha⁻¹ at V₈] and two row spacings (0.45 and 0.90 m) with the same plants stand. It was concluded that the no tillage system promotes better plant population, and higher grain yield; the nitrogen supply only at sowing promoted grain yield similar to the treatments that the N was divided; the 0.90 m row spacing promoted greater plant stand when the soil management was done with plow harrow + "floating harrow".

Key words: *Zea mays*, soil management, arrangement of plants, fertilization.

⁽¹⁾ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada ao programa de pós-graduação em agronomia da FEIS/UNESP. Recebido para publicação em 8 de julho de 2009 e aceito em 18 de março de 2010.

⁽²⁾ Departamento de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas – Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão (Fundação Chapadão) Rodovia MS 306, km 105, 79560-000 Chapadão do Sul (MS). Email: flaviokaneko@fundacaochapadao.com.br (*) Autor correspondente.

⁽³⁾ Programa de Pós-graduação em Agronomia da FEIS/UNESP. Avenida Brasil, 56, 15385-000 Ilha Solteira (SP). Email: arf@agr.feis.unesp.br; gittidouglas@hotmail.com; marceloarf@hotmail.com; ca.chioderoli@uol.com.br; code.agro@hotmail.com.

⁽⁴⁾ Bolsista Fapesp.

1. INTRODUÇÃO

O milho é um cereal de grande importância para o agronegócio mundial por ser considerado o principal insumo na fabricação de ração animal. Atualmente, boa parte da produção é utilizada como matéria-prima para a fabricação de etanol nos Estados Unidos da América. De acordo com dados da Food and Agricultural Organization (FAO, 2009), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho com 34,9 milhões de toneladas de grãos produzidos, perdendo apenas para a China (135 milhões) e para os Estados Unidos (282 milhões); a produção mundial total deste cereal em 2007 foi próxima de 792 milhões de toneladas de grãos.

Como alternativa importante para os sistemas de produção, o sistema plantio direto assume grande importância por se constituir em maneira racional de cultivo, uma vez que atenua problemas com erosão, desestruturação do solo, perdas de nutrientes e desequilíbrio da macro e microfaunas. Nos últimos anos, a área ocupada com o sistema plantio direto se destacou em importância, e na safra 2004/2005 chegou próximo de 96 milhões de hectares no mundo e 25,5 milhões de hectares no Brasil na safra 2005/2006 (FEBRAPDP, 2009).

A adubação nitrogenada tem papel importante, por ser o N o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho e, principalmente, pela dificuldade de avaliar sua disponibilidade no solo, devido às múltiplas reações a que está sujeito, mediadas por microrganismos e afetadas por fatores climáticos de difícil mensuração (CANTARELLA e DUARTE, 2004).

FIGUEIREDO et al. (2005) observaram o efeito de oito tipos de sistemas de manejo do solo na absorção de nitrogênio pelo milho, em Latossolo Vermelho no cerrado de Brasília (DF), e verificaram que os sistemas de manejo (instalados em 1979) influenciaram a dinâmica de absorção de nitrogênio pela planta, e sob o sistema plantio direto e cultivo mínimo com escarificador houve maior eficiência de recuperação no nitrogênio oriundo do fertilizante, além de maiores teores de N nos grãos, quando comparado aos manejos com arados de disco e aivecas.

Dentre os diversos fatores que influenciam a produtividade, a busca pelo melhor arranjo de plantas é de grande importância, pois a distribuição ideal de plantas permite o sombreamento mais rápido do solo pela cultura reduzindo a competição com plantas daninhas. A distribuição do adubo na semeadura também é favorecida ocorrendo melhor distribuição na linha, evitando possíveis efeitos salinos nas lavouras de alta tecnologia, onde as doses são normalmente altas. Na cultura do milho, a melhor distribuição das plantas pode ser conseguida por alterações no espaçamento e na densidade de plantas (SANGOI, 2000).

O estudo em conjunto das inovações tecnológicas que vêm ocorrendo no campo é importante para que técnicos e produtores tenham mais alternativas para planejar e tomar decisões para o manejo da lavoura. Objetivou-se com este trabalho estudar o efeito do manejo do solo e o do nitrogênio em dois espaçamentos entrelinhas nos componentes de produção e na produtividade do milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área onde o experimento foi instalado localiza-se no município de Selvíria (MS), com as coordenadas geográficas próximas de 51°22' de longitude Oeste e 20°22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros. O solo local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa e as características químicas do solo (0-0,20 m retiradas antes da instalação do experimento) são: P_(resina) de 12 mg dm⁻³; M.O. de 18 g dm⁻³; pH (CaCl₂) de 5,3; K, Ca, Mg, Al, H+Al de 2,7, 27, 16, 0 e 21 mmol_c dm⁻³. A distribuição de precipitação pluvial bem como a temperatura média durante o período do experimento está apresentada na figura 1. A cultura foi irrigada com sistema de irrigação por aspersão do tipo autopropelido e o manejo da irrigação foi realizado de acordo com as recomendações de ALBUQUERQUE e ANDRADE (2001).

A área experimental faz parte de um experimento de longa duração sendo os sistemas de manejo de solo instalados na safra 1997/1998.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 3x5x2 e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três manejos do solo (grade aradora + grade niveladora escarificador com profundidade de trabalho de 35 cm + grade niveladora e sistema plantio direto), cinco manejos da adubação nitrogenada (testemunha sem N, 120 kg ha⁻¹ na semeadura (S), 120 kg ha⁻¹ no estádio fenológico V₆, 30 kg ha⁻¹ (S) + 90 kg ha⁻¹ no estádio V₆, 30 kg ha⁻¹ (S) + 45 kg ha⁻¹ no estádio V₄ + 45 kg ha⁻¹ no estádio V₈ e dois espaçamentos entrelinhas (0,45 e 0,90 m) com população fixa no momento da semeadura de 55000 plantas por hectare. A identificação dos estádios fenológicos foi realizada de acordo com RITCHIE et al. (2003). As parcelas foram constituídas de seis linhas com seis metros de comprimento, sendo utilizadas duas linhas centrais como área útil em ambos os espaçamentos.

Antes da semeadura da cultura, em ambos os anos, a área estava em pousio. A dessecação da área das parcelas em sistema de plantio direto foi feita com 1500 g ha⁻¹ de i.a. de glifosato + 24 g ha⁻¹ de i.a. de carfentrazon-ethyl. A semeadura foi realizada mecanicamente, dez dias após a aplicação dos desseccantes, sendo no primeiro ano em 1.º/12/2007 e no segundo, em 21/11/2008.

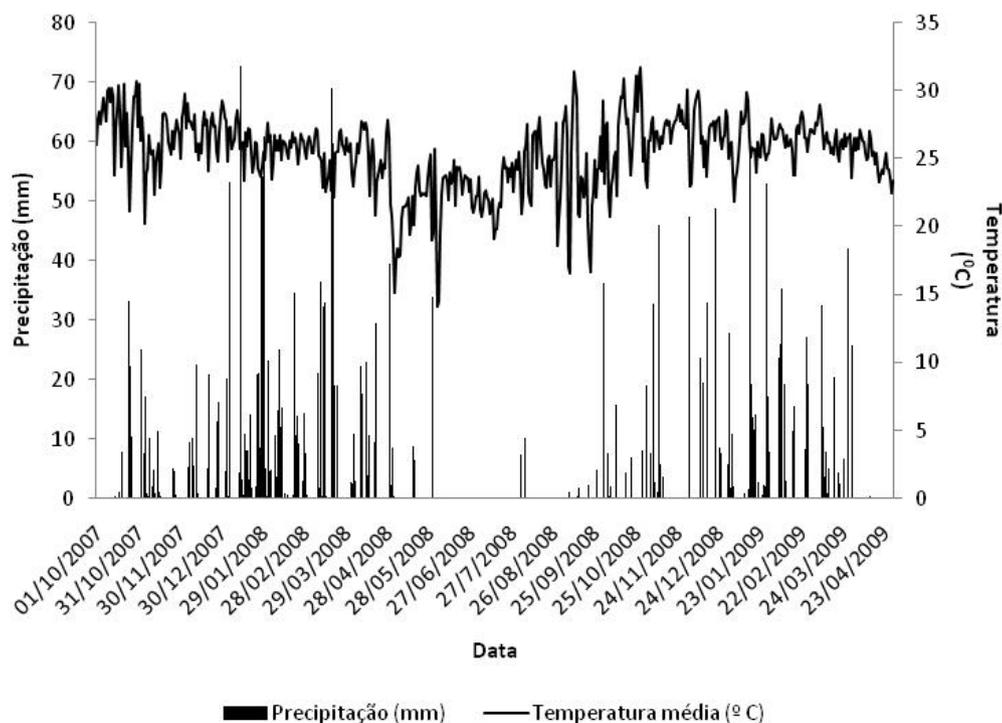


Figura 1: Variação temporal da precipitação pluvial e temperatura média do ar durante o período de manejo do experimento nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009. Selvíria (MS).

A cultivar utilizada em ambos os anos de cultivo foi AG 8088, híbrido simples de ciclo precoce da Monsanto/Agroceres. As sementes foram tratadas em ambas as safras com 52,5 g ha⁻¹ de i.a. de imidacloprid + 157,5 g ha⁻¹ de i.a. de thiodicarb, visando ao controle de lagartas do solo, cupins e percevejos. O controle de plantas daninhas nas duas safras foi realizado com a aplicação de 1665 g ha⁻¹ de i.a. de metolachlor + 2305 g ha⁻¹ de i.a. de atrazina aplicados em pré-emergência. Já a lagarta do cartucho foi controlada com três aplicações de 129 g ha⁻¹ de i.a. de methomil + 48 g ha⁻¹ de i.a. de triflururon, em ambos os cultivos.

A adubação de semeadura foi constituída da mistura de 350 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, com 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. A adubação nitrogenada foi feita ao lado das linhas de plantio, efetuada a aplicação de 15 mm de água após a aplicação de N, utilizando-se a uréia como fonte de adubação.

Foram analisadas as seguintes variáveis:

População final de plantas: contaram-se as plantas de duas linhas centrais de 6 metros de comprimento, no momento da colheita.

Massa seca das plantas: por ocasião do florescimento feminino, coletaram-se cinco plantas em sequência em uma das linhas da área útil de cada parcela, em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e colocados em estufa

de ventilação forçada à temperatura média de 60 a 70 °C, até atingirem massa constante.

Teor de N nas folhas: na ocasião do florescimento feminino, foram coletados o terço médio do limbo da folha abaixo da espiga em 15 plantas por parcela. Após secagem em estufa com circulação forçada de ar 60-70 °C, por 72 horas, foram moídas e em seguida submetidas à digestão sulfúrica, conforme metodologia proposta por MALAVOLTA et al. (1997).

Massa de cem grãos: retiraram-se duas amostras de grãos (logo após a determinação da produtividade) de cada tratamento e, em seguida, efetuaram-se a contagem e pesagem de cem grãos com umidade corrigida para 13% (base úmida).

Produtividade: Foram coletadas as espigas da área útil da parcela e submetidas à trilha mecânica. Os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ com umidade corrigida para 13% (base úmida).

A análise estatística dos dados experimentais foi manipulada pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 1997). Os desdobramentos das interações significativas foram analisados a 5% pelo teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 2007/2008, a emergência das plantas ocorreu aos sete dias após a semeadura, o florescimento

feminino aos 53 dias após a emergência e o ciclo total da cultura da emergência até a colheita foi de 120 dias com umidade média dos grãos de 19% (base úmida). Na safra 2008/2009, a emergência das plantas ocorreu aos 12 dias após a semeadura, o florescimento feminino ocorreu aos 59 dias após a emergência e o ciclo total da cultura da emergência até a colheita foi de 124 dias com umidade média de grãos de 16% (base úmida). Não

houve efeito significativo para a interação manejo do solo x manejo no nitrogênio x espaçamento entrelinhas para as características avaliadas.

Em relação à população final de plantas (Tabela 1), observa-se que houve interação significativa entre espaçamento e manejo do solo para ambas as safras e entre manejo do N e espaçamento entrelinhas

Tabela 1. População final de plantas, massa seca das plantas e teor de N nas folhas no milho cultivado, em Selvíria (MS), safras 2007/2008 e 2008/2009

Tratamentos	População final		Massa seca das plantas		Teor de N nas folhas	
	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009
Manejo do solo	pl ha ⁻¹		g pl ⁻¹		g kg ⁻¹	
Plantio direto	53278	55772	124,22	107,31	26,60 b	27,51 b
Grade aradora + niveladora	50083	50093	115,68	111,18	27,07 b a	29,40 a
Escarificador + niveladora	51084	50092	113,82	106,02	28,70 a	27,72 b
Manejo do Nitrogênio						
Sem N	52037	51080	96,48	94,81b	24,50 b	27,23 b
120 N na Semeadura (S)	53333	52211	121,10	119,48a	28,00 a	28,00 a b
30 N (S) + 90 N (V ₆)	51851	52726	125,85	105,1a b	28,35 a	28,77 a b
120 N V ₆	51990	51880	114,00	114,62 a	27,23 a b	27,58 a b
30 N (S) + 45 N (V ₄) + 45 N (V ₈)	52129	52829	132,10	106,84 a	29,12 a	29,54 a
Espaçamento						
0,45 m	55741	57613	115,4	101,18	27,38	28,14
0,90 m	48796	46358	120,4	115,15	27,53	28,28
Teste F						
Manejo do solo (M)	20,20**	29,41**	5,71*	0,60 ^{n.s}	4,27*	0,01*
Manejo do Nitrogênio (N)	0,50 ^{n.s}	1,21 ^{n.s}	20,86*	4,47**	6,79**	2,15*
Espaçamento (E)	83,3**	259,96**	3,47 ^{n.s}	12,16**	0,06 ^{n.s}	0,10 ^{n.s}
M*N	1,38 ^{n.s}	0,61 ^{n.s}	1,45 ^{n.s}	1,27 ^{n.s}	1,48 ^{n.s}	1,21 ^{n.s}
M*E	12,14**	10,52**	10,08*	5,84**	0,83 ^{n.s}	0,58 ^{n.s}
N*E	0,61 ^{n.s}	3,47**	2,95*	0,26 ^{n.s}	1,81 ^{n.s}	1,93 ^{n.s}
M*N*E	0,46 ^{n.s}	0,55 ^{n.s}	0,86 ^{n.s}	1,09 ^{n.s}	0,43 ^{n.s}	0,41 ^{n.s}
D.M.S.						
Manejo do solo (M)	2222,70	2038,20	7,82	11,71	1,82	1,40
Manejo do nitrogênio (N)	3352,50	3675,70	11,8	17,65	2,74	2,14
Espaçamento (E)	1512,40	1387,50	9,25	7,96	1,23	0,9
C.V.(%)	7,97	7,35	12,45	20,29	10,65	9,01

*, **: Significativo a 5% e 1% respectivamente pelo teste de Tukey. n.s: não significativo.

Tabela 2. Interação entre espaçamento e manejo do solo para população final de plantas no milho cultivado, em Selvíria (MS), safras 2007/2008 e 2008/2009

Espaçamento	Manejo do solo					
	P.direto		Grade aradora + niveladora		Escarificador + niveladora	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
0,45 m	56.667 a A	59.407 a A	53.889 a B	56.914 a A	56.667 a A	56.790 a A
0,90 m	54.611 a A	52.407 b A	46.278 b B	43.272 b B	45.500 b B	43.395 b B
D.M.S.	Espaçamento dentro de manejo do solo				2.619,53	2.403,20
	Manejo do solo dentro de espaçamento				2.554,63	2.883,80

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

para a safra 2008/2009. De maneira geral, observa-se que o espaçamento de 0,45 m proporcionou maior população final de plantas independente do manejo do solo utilizado nas duas safras de cultivo (Tabela 2). Já no espaçamento de 0,90 m, em ambas as safras, a maior população final de plantas foi obtida no sistema plantio direto (Tabela 2). ARF et al. (2007) também constataram, em duas safras de cultivo, que o sistema plantio direto proporcionou maior população final de plantas trabalhando com o espaçamento de 0,90 m. Os autores citaram ser possível que o maior atrito entre a roda motriz da semeadora, no sistema plantio direto, tenha permitido melhor funcionamento do sistema, aumentando assim o número de sementes por metro e consequentemente a população de plantas. Também BINOTTI et al. (2007) trabalhando com modalidades de preparo de solo iguais a deste trabalho, na mesma área, constataram efeito positivo do sistema plantio direto na população final de plantas do feijoeiro de inverno.

Independentemente do manejo do nitrogênio, a maior população final de plantas foi proporcionada pelo espaçamento de 0,45 m (Tabela 3). Dentro do espaçamento de 0,45 m o tratamento 30 N (S) + 90 N (V_6) obteve a maior população final de plantas diferindo estatisticamente apenas dos tratamentos com 120 N (V_6) e

sem N. Para o espaçamento de 0,90 m não houve diferenças significativas da adubação nitrogenada para a população final de plantas. Diferentemente deste trabalho, ARF et al. (2007) não observaram efeito do manejo do nitrogênio no primeiro ano de cultivo para a população de plantas, porém, no segundo ano, o tratamento com aplicação de todo o N na semeadura propiciou a obtenção de menor população de plantas, possivelmente, em função da salinização das sementes. Entretanto, o espaçamento utilizado pelos autores foi o de 0,90 m, aumentando assim, as chances das sementes serem prejudicadas pelo efeito salino dos fertilizantes, cujos danos é menor no espaçamento de 0,45 m levando em consideração a mesma quantidade de fertilizante aplicada por área.

Em relação à massa seca das plantas (Tabela 1), houve interações significativas entre manejo do solo e espaçamento (safras 2007/2008 e 2008/2009) e também entre manejo do nitrogênio e espaçamento para a safra 2007/2008.

No caso do manejo do solo com grade aradora seguido de grade niveladora, houve interferência positiva do espaçamento de 0,90 m nos dois anos de cultivo (Tabela 4). Na safra 2008/2009, no espaçamento de 0,90 m, o manejo do solo com grade aradora + grade niveladora proporcionou maior massa seca das plantas.

Tabela 3. Interação entre espaçamento e manejo do nitrogênio para população final de plantas no milho cultivado, em Selvíria (MS), safra 2008/2009

Manejo do Nitrogênio	Espaçamento entrelinhas	
	0,45 m	0,90 m
Sem N	56.378 b A	45.782 a B
120 N na Semeadura (S)	57.407 ab A	47.016 a B
30 N (S) + 90 N (V_6)	60.905 a A	44.547 a B
120 N (V_6)	55.967 b A	46.193 a B
30 N (S) + 45 N (V_4) + 45 N (V_8)	57.408 a BA	48.251 a B
D.M.S.	Espaçamento dentro de N	3.102,5
	N dentro de Espaçamento	4.349,6

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Interação entre espaçamento entrelinhas e manejo do solo para a massa seca das plantas no milho cultivado, em Selvíria (MS), safra 2008/2009

Espaçamento	Manejo do solo					
	P.direto		grade aradora + niveladora		Escarificador + niveladora	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
0,45 m	125,01	102,77	104,74 b	94,86 b	111,16	105,93
0,90 m	123,42	111,86 B A	126,62 a	127,51 a A	116,42	106,11 B
D.M.S.					2007/08	2008/08
	Espaçamento dentro de manejo do solo				9,25	13,80
Manejo do solo dentro de espaçamento				-	16,55	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Sendo a população de plantas menor no espaçamento de 0,90 m e no manejo com grade aradora + grade niveladora é provável que haja incremento significativo na massa seca das plantas de milho por ser menor a competição entre as plantas por nutrientes, água e luz. CARVALHO et al. (2004) não observaram diferenças entre o plantio direto e manejo com grade aradora + gradagem niveladora para a massa seca das plantas de milho cultivado no verão das safras 1997/1998 e 1998/1999 no espaçamento de 0,90 m com 60000 plantas por hectare em Latossolo Vermelho argiloso em baixa altitude, diferindo assim dos resultados deste trabalho.

De maneira geral, os tratamentos que receberam adubações nitrogenadas precocemente proporcionaram maior massa seca das plantas em ambos os espaçamentos (Tabela 5). Provavelmente, o nitrogênio aplicado no início, favoreceu o crescimento vegetativo das plantas, fazendo com que acumulassem mais fotoassimilados nos tecidos de reserva. Resultado semelhante foi obtido por ARF et al. (2007), onde os autores verificaram em um dos anos de cultivo que a aplicação precoce do N proporcionou maior valor para a massa seca das plantas de milho. No segundo ano de cultivo, a testemunha sem N proporcionou menor valor de massa seca das plantas, e os demais tratamentos não se diferenciaram significativamente. De acordo com a figura 1, verifica-se que no segundo ano de cultivo a precipitação pluvial foi menor que no primeiro. Assim, é possível que tenha ocorrido perda ou menor movimentação do N aplicado ao solo, diminuindo a diferença entre os manejos do nitrogênio.

O teor de N nas folhas foi influenciado significativamente nas duas safras pelo manejo do solo (Tabela 1). Na safra 2007/2008, o manejo com escarificador + grade niveladora e grade aradora + grade niveladora promoveram maior teor de N nas folhas. Na safra 2008/2009, o maior valor para a esta variável foi constatada no manejo com grade aradora + grade niveladora. É possível que a menor população de plantas nos tratamentos com manejo do solo com

escarificador + grade niveladora e grade aradora + grade niveladora seja a explicação para o maior teor de N nas folhas observadas nestas parcelas. Outra hipótese seria a ocorrência de imobilização temporária do nitrogênio por microrganismos nos sistema plantio direto, fazendo com que houvesse menor N disponível às plantas neste sistema de manejo do solo. ASSIS et al. (2003) citam em seu trabalho que durante o processo de imobilização da palhada, os microrganismos utilizam os nutrientes do solo, imobilizando-os em sua biomassa, tornando-os indisponíveis para as plantas, mesmo que temporariamente.

Quanto ao manejo do nitrogênio, nas duas safras, houve diferença entre os diversos tratamentos e o menor valor para o teor de N nas folhas foi verificado no tratamento testemunha (sem N). Os valores referentes ao teor de N nas folhas estão na maioria dentro do considerado adequado para a cultura de acordo com as recomendações de CANTARELLA et al. (1996) que é de 27 a 35 g kg⁻¹. Possivelmente, o suprimento de nitrogênio às plantas por parte da reserva do solo (matéria orgânica) fez com que houvesse menor discrepância nos teores de N entre os tratamentos.

Também não houve efeito significativo do espaçamento entrelinhas nas duas safras em relação ao teor de N nas folhas, discordando dos resultados observados por AMARAL FILHO et al. (2005) que estudaram o efeito do espaçamento, da densidade populacional e da adubação nitrogenada no milho em Latossolo Vermelho argiloso no município de Jaboticabal (SP) e verificaram que o espaçamento de 0,80 m proporcionou maior valor para o teor de N nas folhas em relação ao espaçamento de 0,60 m.

O componente de produção de massa de cem grãos não foi influenciado pelo manejo do solo na safra 2007/2008, mas na safra 2008/2009, os manejos com grade aradora + grade niveladora e com escarificador + grade niveladora promoveram maior valor para esta variável quando comparadas com o plantio direto,

Tabela 5. Interação entre espaçamento e manejo do nitrogênio para a massa seca das plantas no milho cultivado, em Selvíria (MS), safra 2007/2008

Manejo do Nitrogênio	Espaçamento entrelinhas	
	0,45 m	0,90 m
Sem N	91,25 c	101,70 c
120 N na Semeadura(s)	120,18 a b	121,98 a b
30 N (S) + 90 N (V ₆)	116,83 b	134,87 a
120 N (V ₆)	111,85 b	116,15 b c
30 N (S) + 45 N (V ₄) + 45 N (V ₈)	136,90 a	127,30 a b
D.M.S.	Espaçamento dentro de N	-
	N dentro de Espaçamento	16,74

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

provavelmente em função da população de plantas verificadas no primeiro em relação ao último manejo do solo citados anteriormente (Tabela 6). CARVALHO et al. (2004) constataram maior valor para a massa de cem grãos no manejo do solo com grade aradora quando comparado ao sistema plantio direto em um dos dois anos de cultivo, contrariando assim os resultados aqui apresentados. Segundo os autores, a decomposição mais lenta dos resíduos culturais no sistema de plantio direto pode ter prejudicado o adequado suprimento em nutrientes às plantas, contribuindo para o menor valor dos componentes de produção neste ano agrícola.

Em relação ao manejo do nitrogênio, na safra 2007/2008, os tratamentos que receberam adubação nitrogenada na semeadura, proporcionaram os maiores valores para a massa de 100 grãos diferindo significativamente do tratamento 120 N (V_6) e do tratamento sem N. Supostamente a presença do N na fase mais precoce da cultura ajudou a planta a produzir mais fotoassimilados e conseqüentemente suprir mais adequadamente as espigas durante o enchimento dos grãos. Já na safra 2008/2009, somente o tratamento sem

N se diferenciou dos demais, com menor valor para a massa de 100 grãos. O espaçamento entrelinhas, na primeira safra, não influenciou na determinação desta variável, contudo, na segunda safra, o espaçamento de 0,90 m proporcionou maior valor para a massa de cem grãos quando comparado ao espaçamento de 0,45 m. Como a população final de plantas foi menor no espaçamento de 0,90 m, havia maior disponibilidade de nutrientes para suprir as exigências das plantas e com isso, os grãos presentes nas espigas, puderam se desenvolver mais quando comparada às plantas que estavam no espaçamento de 0,45 m (Tabela 6).

BORGUI e CRUSCIOL (2007) avaliaram o desempenho do milho cultivado em dois espaçamentos (população de plantas constante de 550000 plantas por hectare) em sistemas de consórcio com forrageiras e verificaram que no tratamento em que não houve consórcio, a massa de grãos foi maior valor no espaçamento de 0,45 m diferindo dos resultados deste trabalho. DEMÉTRIO et al. (2008), trabalhando em Latossolo Vermelho eutrófico textura argilosa na região de Jaboticabal (SP), estudaram o efeito do espaçamento (0,40 0,60 e 0,80 m)

Tabela 6. Massa de cem grãos e produtividade de grãos no milho cultivado em Selvíria (MS), safras 2007/2008 e 2008/2009

Tratamentos	Massa de 100 grãos		Produtividade	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/2009
	g		kg ha ⁻¹	
Manejo do solo				
Plantio direto	33,28	30,36 b	7964	7672
Grade aradora + niveladora	33,96	32,78 a	6781	7418
Escarificador + niveladora	33,39	32,64 a	6921	7390
Manejo do nitrogênio				
Sem N	31,80 c	30,13 b	6164	6307 b
120 N na Semeadura (S)	34,38 a	32,15 a	7601	8170 a
30 N (S) + 90 N (V_6)	33,93 a b	32,53 a	7288	8020 a
120 N (V_6)	32,82 b c	31,94 a	7162	7392 a
30 N (S) + 45 N (V_4) + 45 N (V_8)	34,78 a	32,89 a	7862	7575 a
Espaçamento				
0,45 m	33,25	31,47 b	7117	8101 a
0,9 m	33,83	32,38 a	7314	6886 b
Teste F				
Manejo do solo (M)	1,61 n.s.	16,04**	42,74**	0,55 n.s.
Manejo do Nitrogênio (N)	10,61**	5,95**	2,91 n.s.	7,33**
Espaçamento (E)	3,10 n.s.	5,35*	25,19**	25,08**
M*N	1,33 n.s.	1,44 n.s.	2,22*	1,74 n.s.
M*E	1,72 n.s.	0,25 n.s.	8,51**	2,62 n.s.
N*E	0,65 n.s.	0,31 n.s.	0,33 n.s.	1,06 n.s.
M*N*E	1,99 n.s.	1,65 n.s.	1,02 n.s.	1,03 n.s.
D.M.S.				
Manejo do solo (M)	0,98	1,14	333,2	708,9
Manejo do Nitrogênio (N)	1,47	1,73	508,6	1069,3
Espaçamento (E)	0,66	0,78	229,5	482,4
C.V.(%)	5,46	6,72	8,76	17,74

*, **: Significativo a 5% e 1% respectivamente pelo teste de Tukey. n.s: não significativo.

e da população de plantas (30, 50, 70 e 90 mil plantas por hectare) em híbridos de milho de alta tecnologia e não verificaram efeito significativo do espaçamento entrelinhas para a massa de mil grãos.

Houve interações significativas para a produtividade de grãos apenas na safra 2007/2008, sendo elas entre o manejo do solo e manejo do nitrogênio (Tabela 7) e entre manejo do solo e espaçamentos entrelinhas (Tabela 8). De maneira geral, verifica-se para a safra 2007/2008 que o manejo do solo com sistema plantio direto proporcionou maior produtividade de grãos (Tabelas 7 e 8) provavelmente em função da maior população de plantas presente neste sistema de manejo do solo. SANTOS et al. (2003) estudaram o efeito da rotação de cultura e do manejo do solo na cultura do milho, em Latossolo Vermelho distrófico típico, e concluíram após 14 anos de estudo que o sistema plantio direto promoveu maior produtividade de grãos, quando comparado ao manejo com arados de disco e de aivecas, resultado semelhante a este trabalho também. SANTOS et al. (2006), trabalhando com a cultura da soja, verificaram que o uso de sistemas de manejo conservacionistas (plantio direto e cultivo mínimo) de manejo de solo favorecem a produtividade da cultura. Na safra 2008/2009, não houve diferença significativa entre os manejos do solo para a produtividade de grãos.

Quando se analisa o nitrogênio dentro do sistema plantio direto, observa-se que o tratamento 30 N (S) + 45

N (V_4) + 45 N (V_8) proporcionou significativamente maior produtividade quando comparada aos tratamentos 30 N (S) + 90 N (V_6) e sem N, sendo a menor produtividade obtida no tratamento testemunha (Tabela 7). Analisando o efeito do nitrogênio dentro do manejo com grade aradora + grade niveladora, verificam-se nos tratamentos 30 N (S) + 45 N (V_4) + 45 N (V_8) e 120 N (S) maiores valores de produtividade quando comparados aos tratamentos 120 N (V_6) e Sem N, sendo este último significativamente inferior a todos os outros.

Quando o manejo do solo foi feito com escarificador + grade niveladora, a época de aplicação do nitrogênio 30 N (S) + 45 N (V_4) + 45 N (V_8) foi significativamente superior aos tratamentos 120 N (V_6) e sem N. Estes resultados estão de acordo com VON PINHO et al. (2008), que trabalhando em Latossolo Vermelho distroférrico, com adequada quantidade de chuva durante o ciclo da cultura (600 mm) porém má distribuída, concluíram que o parcelamento da adubação nitrogenada em 40 (S) + 60 (4-5F) + 60 (7-8F) e 40 (S) + 120 (7-8F) favoreceram a produtividade de grãos. Na safra 2008/2009, verificaram-se diferenças significativas apenas em relação ao tratamento sem N (Tabela 6), e assim, os tratamentos que receberam N não diferiram entre si. Provavelmente, a menor precipitação pluvial nesta época (Figura 01) contribuiu para esse efeito. PÖTTKER E WIETHÖLTER (2004), estudando o efeito de épocas de aplicação de N em sistema plantio direto

Tabela 7. Interação entre manejo do solo e manejo do nitrogênio na produtividade de grãos no milho cultivado em Selvíria (MS), safra 2007/2008

Manejo do nitrogênio	Manejo do solo		
	P.direto	Grade aradora + niveladora	Escarificador + niveladora
Sem N	6802 c A	5492 c B	6199 c B
120 N na Semeadura(s)	8267 ab A	7675 a A	6880 abc B
30 N (S) + 90 N (V_6)	7878 b A	6904 ab B	7080 ab B
120 N (V_6)	8095 ab A	6635 b B	6757 bc B
30 N (S) + 45 N (V_4) + 45 N (V_8)	8779 a A	7098 a B	7709 a B
D.M.S	Manejo do nitrogênio dentro de manejo do solo		869,7
	Manejo do solo dentro de manejo do nitrogênio		637

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Interação entre manejo do solo e espaçamento para a produtividade de grãos no milho cultivado em Selvíria (MS), safra 2007/2008

Espaçamento	Manejo do solo		
	P.direto	Grade aradora + niveladora	Escarificador + niveladora
0,45 m	8142 a A	6358 b C	6851 a B
0,90 m	7786 a A	7164 a B	6951 a B
D.M.S	Espaçamento dentro de manejo do solo		392,29
	Manejo do solo dentro de espaçamento		402,89

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

(10 dias após a dessecação da aveia, total na semeadura e na semeadura + cobertura) não observaram diferenças significativas quando a precipitação pluvial foi abaixo do normal.

Não houve diferença significativa entre os espaçamentos quando o milho foi cultivado em sistema plantio direto e com escarificador + grade niveladora (Tabela 8). Porém, quando a cultura se estabeleceu, o manejo do solo com grade aradora + grade niveladora, no espaçamento de 0,90 m entrelinhas promoveu maior produtividade de grãos. De maneira geral, estes valores estão de acordo com BORGUI e CRUSCIOL (2007) que observaram na média de duas safras que a redução do espaçamento entrelinhas não alterou a produtividade do milho. Na safra 2008/2009, a maior produtividade foi obtida no espaçamento de 0,45 m (Tabela 8), concordando com os resultados anotados por DEMÉTRIO et al. (2008), quando observaram que os híbridos de alta tecnologia avaliados obtiveram maior produtividade no espaçamento de 0,40 m (11,5 t ha⁻¹), em relação aos espaçamentos de 0,60 m (10,9 t ha⁻¹) e 0,90 m (10,3 t ha⁻¹). Os autores atribuíram esta maior produtividade no espaçamento de 0,40 m à maior eficiência na interceptação da radiação e ao decréscimo de competição por água, luz e nutrientes entre as plantas na linha de cultivo.

4. CONCLUSÕES

1. O manejo do solo com sistema plantio direto promove menor teor de N nas folhas, porém maior população de plantas e maior produtividade de grãos.

2. A adubação nitrogenada incrementa a massa seca das plantas e o teor de N nas folhas, mas o manejo do nitrogênio não alterou estas variáveis.

3. A produtividade de grãos é influenciada pelo manejo do nitrogênio, e a aplicação de todo o N precocemente pode ser uma alternativa para o agricultor, desde que outros estudos provem que este manejo não prejudique o meio ambiente.

4. O espaçamento entrelinhas não influencia o teor de N nas folhas e o espaçamento de 0,90 m promove maior massa seca das plantas; quando o manejo do solo é realizado com grade aradora + niveladora a redução do espaçamento para 0,45 m proporciona maior população final de plantas e incrementa a produtividade de grãos em um dos anos de cultivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores Agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P.E.P.; ANDRADE, C.L.T. **Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 14p. (Circular Técnica, 10)
- AMARALFILHO, J.P.R.; FERNANDES, R.N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.467-473, 2005.
- ARF, O.; FERNANDES, R.N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A.C. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p.211-217, 2007.
- ASSIS, E.P.M.; CORDEIRO, M.A.S.; PAULINO, H.B.; CARNEIRO, M.A.C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, p.107-112, 2003.
- BINOTTI, F.F.S.; ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; FERNANDES, F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno e irrigado. **Bragantia**, v.66, p.121-129, 2007.
- BORGUI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.163-171, 2007.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B.V.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. p. 45-71, (Boletim Técnico, 100)
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de Produção do Milho**. Viçosa: UFV, 2004, p.139-182.
- CARVALHO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; ATHAYDE, M.L.F.; ARF, O.; SÁ, M.E. Produtividade no milho em sucessão a adubos verdes no sistema plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.47-43, 2004.
- DEMÉTRIO, C.S.; FERNANDES FILHO, D.J.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1691-1697, 2008.
- FAO – Food and Agricultural Organization. Disponível em: www.fao.org. Acesso em 20 de julho de 2009.
- FEBRAPDP- Federação Brasileira de Plantio na Palha. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Disponível em: www.agri.com.br/febrapdp. Acesso em 5 de maio de 2009.

FERREIRA, D.F. **Sisvar**. Lavras: Departamento de Ciências Exatas, UFLA, 1997.

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.C.; GOMES, A.C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.279-287,2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, p.1015-1020, 2004.

RITCHIE, S.W.; HAMWAY, J.J.; BENSON, G.O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Informações agronômicas. Piracicaba: Potafós, 2003, 20p. (Encarte do informações agronômicas n.103)

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v.31, p. 159-168, 2000.

SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; SPERA, S.T. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejos de solo e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, v.36, p.21-29, 2006.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O.; KOCHHANN, R.A. Rendimento de grãos de milho em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, p.251-256, 2003.

VON PINHO, R.G.; GROSS, M.R.; STEOLA, A.G.; MENDES, M. Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema plantio na região sudeste de Tocantins. **Bragantia**, v.67, p.733-739, 2008.