

SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

PREPARO DO SOLO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUTIVIDADE DO MILHO EM LATOSSOLO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO⁽¹⁾

L. A. FERNANDES⁽²⁾, A. E. FURTINI NETO⁽³⁾
C. A. VASCONCELLOS⁽⁴⁾, & G. A. A. GUEDES⁽⁵⁾

RESUMO

O efeito de sistemas de preparo do solo e doses de nitrogênio na produção de matéria seca total da parte aérea, palhada e de grãos e no nitrogênio acumulado por plantas de milho cultivadas sob irrigação foi avaliado em ensaio de campo em um Latossolo Vermelho-Escuro sob vegetação de cerrado, em uma área experimental da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas (MG), no período de novembro de 1995 a junho de 1996. Os sistemas de preparo do solo estudados foram: plantio direto, plantio convencional com arado de discos e plantio convencional com arado de aiveca. As doses de nitrogênio, 0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, foram aplicadas em cobertura. As maiores produções de matéria seca e de grãos e o nitrogênio acumulado foram obtidos sob o sistema de plantio direto. As plantas não responderam linearmente à aplicação de N, considerando a produção de palhada e de grãos. No sistema de plantio direto, na dose de 60 kg de N ha⁻¹, ocorreu maior eficiência de utilização do N pela cultura, constatada pela maior recuperação do N aplicado.

Termos de indexação: Sistemas de preparo do solo, nitrogênio, milho, produtividade.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em março de 1997 e aprovado em fevereiro de 1998.

⁽²⁾ Aluno do curso de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras (MG). E-mail: larnaldo@esal.ufla.br.

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras (MG). E-mail: afurtini@esal.ufla.br.

⁽⁴⁾ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, EMBRAPA-CNPMS. CEP 37200-000 Sete Lagoas (MG). E-mail: carlos@cnpms.embrapa.br.

⁽⁵⁾ Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras. CEP 37200-000 Lavras (MG).

SUMMARY: SOIL PREPARATION AND NITROGEN FERTILIZATION IN CORN PRODUCTIVITY IN A LATOSOL (OXISOL) UNDER CERRADO VEGETATION

*The effects of soil preparation systems and doses of nitrogen on total dry matter, straw and grain production and on nitrogen accumulation by corn plants (*Zea mays* L.) cultivated under irrigation were evaluated in a field experiment in a Dark-Red Latosol (Oxisol), originally under cerrado vegetation, at EMBRAPA/CNPMS experimental station, Sete Lagoas, Minas Gerais State, Brazil, from November, 1995 to June, 1996. The soil preparation systems studied were: no till, conventional till with disk plow and conventional till with moldboard plow. The nitrogen doses were: 0, 60, 120 and 240 kg ha⁻¹ N, applied in cover. The highest productions of dry matter yield and grains and accumulated nitrogen were obtained in the no till system. The plants did not linearly respond to N application, considering the straw and grain production. The greatest efficiency of N utilization by the crop occurred in the no till system, in the 60 kg ha⁻¹ N, as evidenced by the highest recover of applied N.*

Index terms: Soil preparation, nitrogen, corn, productivity.

INTRODUÇÃO

Apesar de o Brasil ser um dos maiores produtores mundiais de milho, a produtividade média brasileira está ao redor de 2.300 kg ha⁻¹, sendo superada por alguns países do terceiro mundo, de nível tecnológico inferior (Büll, 1993). Uma das formas de aumentar a produtividade da cultura é através da adubação mineral. No entanto, alguns trabalhos não têm mostrado resposta à fertilização nitrogenada e, nestes casos, é possível que a contribuição da matéria orgânica seja amplamente superior à da adubação (Malavolta, 1980), justificando essa ausência de resposta.

Em geral, menos da metade do fertilizante nitrogenado aplicado é utilizada, pelas plantas e grande parte do nitrogênio residual é incorporada, à matéria orgânica do solo. A mineralização da matéria orgânica tem recebido considerável atenção, sobretudo em relação à determinação e forma de cálculo do nitrogênio potencialmente mineralizável (Raij, 1991).

O efeito do sistema de preparo nas propriedades dos solos se manifesta em grau de intensidade variável, dependendo do sistema empregado e das características do solo, causando limitações ao desenvolvimento das plantas (Cardoso, 1993). O sistema de plantio direto proporciona uma proteção constante do solo, evitando a incidência dos raios solares e o impacto das gotas de chuva, impedindo o encrostamento na camada superficial (Phillips, 1984).

No Brasil, os primeiros estudos comparativos entre métodos convencionais de preparo do solo e plantio direto foram realizados na década de setenta, nos Estados do sul do País (Sá, 1993). Atualmente, a

prática do plantio direto expandiu-se para a região dos cerrados, consolidando-se como uma alternativa viável para a implementação de uma agricultura sustentável.

O cerrado brasileiro abrange uma área de 1.800.000 km², ocupando os latossolos em torno de 55% desta (Costa & Gjoup, 1992). Os latossolos, além de serem os solos mais abundantes, são os mais utilizados (Ker et al., 1992), possivelmente pela grande facilidade de mecanização. No entanto, por causa do longo período de estiagem característico dessas regiões, a utilização desses solos não tem sido feita de forma eficiente. O manejo do solo com uso contínuo de grade aradora (sistema convencional), resultando na pulverização excessiva da camada superficial do solo, tem levado ao aparecimento da compactação em subsuperfície, reduzindo a infiltração de água, causando aumento da erosão e queda da produtividade da maioria das culturas.

Como conseqüência do uso agrícola do solo com sistema convencional, ocorre a redução nos teores de matéria orgânica do solo, sendo necessária a adoção de sistemas de manejo que mantenham os níveis de matéria orgânica no solo e, desta forma, atue nos processos físico-químicos fundamentais à manutenção da fertilidade desses solos.

Além da influência na disponibilidade de nutrientes, a ação da matéria orgânica nas propriedades físicas e biológicas é também de grande importância. Em conseqüência dessa ação, é intensificada a melhoria nos teores de nutrientes disponíveis, bem como sua atuação na estabilidade dos agregados do solo, na retenção de umidade e na melhoria do processo de infiltração de água (Cardoso, 1993).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito dos sistemas de preparo do solo e de doses crescentes de nitrogênio na produção do milho irrigado, cultivado em um Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em condições de campo em área experimental da EMBRAPA - Centro Nacional de Milho e Sorgo, Sete Lagoas (MG), em um Latossolo Vermelho-Escuro epidistrófico endoálico. A moderada textura muito argilosa relevo suave ondulado, fase cerrado, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação, sendo o clima do tipo AW, segundo a classificação de Köppen. A caracterização química do solo estudado encontra-se no quadro 1.

Os sistemas de preparo do solo avaliados foram: plantio direto (Direto), preparo convencional, utilizando arado de discos e grade niveladora (Disco) e preparo convencional com arado de aiveca e grade niveladora (Aiveca). Nos sistemas Disco e Aiveca, foram realizadas uma aração com os respectivos arados e duas gradagens por cultivo. Os sistemas de preparo do solo vêm sendo adotados desde 1987 na área experimental, que é cultivada anualmente com milho e feijão.

O milho, Cargil-805, foi plantado em 25/11/95. A adubação de plantio, em todos os tratamentos, foi de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-20-20. A adubação nitrogenada foi realizada aos 45 dias do plantio, quando as plantas estavam com oito folhas bem desenvolvidas, utilizando as doses de 0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. As doses de N foram escolhidas em função de trabalhos anteriores realizados na área de estudo por Coelho et al (1992).

Os tratamentos consistiram de um arranjo fatorial 3 x 4 (três sistemas de preparo do solo: Direto; Disco e Aiveca e quatro doses de nitrogênio: 0; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹) e foram distribuídos segundo o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela experimental tinha uma área total de 180 m² (7,2 x 25 m), com oito linhas espaçadas de 0,9 m.

A irrigação foi efetuada por aspersão, sendo a umidade mantida próxima à capacidade de campo. Foi realizada uma capina manual 30 dias após o plantio, e a colheita, no dia 08/05/96, tendo os grãos apresentado um teor médio de umidade de 12%. A área útil utilizada para estimar a produção foi de 27 m². Após a contagem do número de plantas, colheram-se, separadamente, as espigas, colmos e folhas. Para a determinação da matéria seca e do nitrogênio total pelo método semimicro-Kjeldahl, a parte aérea das plantas de milho foi dividida em: folha + palha da espiga, colmo + pendão ou inflorescência masculina, sabugo e grãos. Para o

Quadro 1. Características do solo estudado após oito anos de cultivo, em duas profundidades de amostragem, nos três sistemas de manejo do solo, antes do plantio do milho

Características	Direto		Disco		Aiveca	
	0-7,5 ⁽¹⁾	7,5-15	0-7,5	7,5-15	0-7,5	7,5-15
pH água	6,40	6,30	6,25	6,33	6,13	6,05
H + Al, mmol _c dm ⁻³	22,3	34,8	26,3	28,8	30,0	36,2
Al ³⁺ , mmol _c dm ⁻³	-	-	-	-	-	-
Ca ²⁺ , mmol _c dm ⁻³	77,5	59,8	70,7	69,5	63,3	58,9
Mg ²⁺ , mmol _c dm ⁻³	14,9	8,9	10,6	10,1	11,0	10,2
K, mg dm ⁻³	270,0	154,8	272,5	179,0	234,5	142,8
P, mg dm ⁻³	27,5	28,3	37,0	36,8	32,8	29,5
S, mmol _c dm ⁻³	99,3	72,7	88,3	84,2	80,3	72,8
t, mmol _c dm ⁻³	99,3	72,7	88,3	84,2	80,2	72,8
T, mmol _c dm ⁻³	121,6	107,5	114,6	113,0	110,3	109,0
m, %	-	-	-	-	-	-
V, %	82	68	77	75	73	67
Argila, g kg ⁻¹	800	800	800	800	800	800
Silte, g kg ⁻¹	60	90	70	70	70	70
Areia, g kg ⁻¹	140	110	130	130	130	130
Mat. Orgânica, g kg ⁻¹	45,9	36,5	41,1	40,7	38,7	39,1

⁽¹⁾ Profundidade de amostragem em cm.

Análises realizadas pelos laboratórios do CNPMS/EMBRAPA, Sete Lagoas (MG).

cálculo da produção de matéria seca e do nitrogênio acumulado na palhada, foram somadas as produções de matéria seca e de N acumulado na folha + palha, colmo + pendão e sabugo. Após a colheita, quatro amostras compostas de solo de cada parcela experimental, na profundidade de 0 a 7,5 cm e de 7,5 a 15 cm, foram coletadas aleatoriamente para a determinação do N imobilizado na biomassa microbiana pelo método da fumigação-extração de Brookes et al. (1985).

O efeito dos tratamentos na produção de matéria seca nas diferentes partes da planta de milho e no N acumulado foi avaliado pela análise de variância, sendo os sistemas de preparo do solo comparados pelo teste de Tukey, e as doses de N, por equações de regressão polinomial ajustadas para a produção de matéria seca e do N acumulado em função das doses de N aplicadas. Por meio das equações de regressão, estimou-se a dose de N para a máxima produção e 90% da máxima produção (máxima eficiência econômica).

A recuperação aparente do N fertilizante foi estimada pelo método da diferença, conforme Coelho et al. (1992), considerando a diferença entre o N total absorvido pelas plantas nas parcelas que receberam adubação nitrogenada em cobertura (Nc) e aquele absorvido pelas plantas das parcelas que não receberam N em cobertura (Nsc), dividido pela quantidade de N aplicado em cobertura (Nac), que pode ser expressa pela seguinte equação:

$$\%N \text{ recuperado} = (Nc - Nsc) 100/Nac.$$

A eficiência de utilização (EU) de N pela parte aérea das plantas de milho foi calculada pela seguinte expressão (Siddiqi & Glass, 1981):

$$EU = (\text{kg matéria seca da parte aérea})^2 / (\text{mg N na matéria seca da parte aérea})$$

A razão de eficiência (RE) dos sistemas de preparo do solo foi assim calculada:

$$RE \text{ Direto} = EU \text{ Direto} / EU \text{ Aiveca}$$

$$RE \text{ Disco} = EU \text{ Disco} / EU \text{ Aiveca}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores produções de matéria seca de palhada (matéria seca de folha + palha, colmo + pendão e sabugo) e de grãos foram verificadas no sistema Direto, independentemente da dose de nitrogênio aplicada, enquanto as menores produções foram verificadas no sistema Aiveca (Quadro 2).

Percebeu-se maior acúmulo de N nas plantas sob o sistema de plantio direto (Quadro 2), encontrando-se mais de 70% do N total acumulado nos grãos (Quadro 3). Dessa forma, a quantidade de nutriente que é exportada pelos grãos é superior à deixada na área de cultivo pela palhada, evidenciando a necessidade de reposição desse nutriente.

Quadro 2. Matéria seca e nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas de milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido a três sistemas de preparo do solo e quatro doses de nitrogênio

Doses N	Sistema de preparo	Palhada		Grãos		Total	
		Mat. seca	Nitrogênio	Mat. seca	Nitrogênio	Mat. seca	Nitrogênio
kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹					
0	Direto	3.681 a ⁽¹⁾	15,3 a	3.781 a	37,0 a	7.462 a	52,0 a
	Disco	3.622 a	12,5 a	3.351 a	35,0 a	6.973 ab	47,5 a
	Aiveca	3.079 a	13,3 a	3.298 a	33,0 a	6.377 b	46,3 a
60	Direto	5.520 a	22,8 a	5.697 a	61,0 a	11.217 a	83,4 a
	Disco	4.028 b	16,9 b	4.423 ab	46,0 b	8.451 b	62,9 b
	Aiveca	3.488 c	15,6 b	4.120 b	44,5 b	7.608 b	60,1 b
120	Direto	4.868 a	21,9 a	5.815 a	69,0 a	10.683 a	90,9 a
	Disco	4.215 ab	17,1 b	4.941 b	58,0 ab	9.156 b	75,1 ab
	Aiveca	3.516 b	16,0 b	4.509 b	51,0 b	8.025 b	67,0 b
240	Direto	4.408 a	19,9 a	5.293 a	60,0 a	9.701 a	79,9 a
	Disco	4.225 a	21,5 a	4.561 ab	59,0 a	8.786 b	80,5 a
	Aiveca	3.665 b	17,0 a	4.400 b	54,0 a	8.065 b	71,0 b

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, dentro de cada dose, não diferem entre si (Tukey 5%).

Quadro 3. Relação grãos/palhada, percentagem do nitrogênio total acumulado nos grãos e na palhada, recuperação aparente do nitrogênio aplicado, eficiência de utilização (EU) e razão de eficiência dos sistemas de preparo do solo, para plantas de milho cultivadas nos diferentes sistemas de preparo do solo e doses de N

Doses N	Sistema de preparo	Grãos/palhada	N do total		N Recuperado ⁽¹⁾	EU ⁽²⁾	RE ⁽³⁾
			Palhada	Grãos			
kg ha ⁻¹							
0	Direto	1,02:1	29	71	-	1,07	1,22
	Disco	0,93:1	26	74	-	1,02	1,16
	Aiveca	1,07:1	29	71	-	0,88	1,00
60	Direto	1,03:1	27	73	52,03	1,51	1,57
	Disco	1,10:1	27	73	26,12	1,14	1,19
	Aiveca	1,18:1	26	74	23,01	0,96	1,00
120	Direto	1,19:1	24	76	32,15	1,26	1,31
	Disco	1,17:1	23	77	28,20	1,12	1,19
	Aiveca	1,28:1	24	76	17,08	0,96	1,00
240	Direto	1,20:1	25	75	12,11	1,18	1,28
	Disco	1,08:1	27	73	14,21	0,96	1,04
	Aiveca	1,20:1	24	76	10,00	0,92	1,00

⁽¹⁾ N recuperado = (Nc - Nsc) 100/N_a. ⁽²⁾ EU = (kg matéria seca da parte aérea)²/(mg N matéria seca da parte aérea) (Siddiqi & Glass, 1981). ⁽³⁾ RE Direto = (EU Direto)/(EU Aiveca). RE Disco = (EU Disco)/(EU Aiveca).

As produções de palhada e de grãos aumentaram de forma quadrática com o aumento das doses de N (Quadro 4). Comportamento semelhante ao do presente trabalho também foi encontrado por Sá (1996), estudando curvas de resposta ao nitrogênio pela cultura do milho, em sistemas de rotação de culturas sob plantio direto.

As menores doses de nitrogênio para a máxima produção de matéria seca de palhada e de grãos e de N acumulado foram observadas no sistema Direto (Quadro 4), ficando as doses de N, em função do modelo de regressão ajustado para 90% da produção máxima de grãos, bem abaixo das doses mais elevadas testadas (70, 71 e 70 kg ha⁻¹ de N nos sistemas Direto, Disco e Aiveca, respectivamente).

A provável melhoria nas propriedades químicas e físicas e na atividade biológica do solo pode ser atribuída à superioridade do sistema Direto em relação aos sistemas Disco e Aiveca. Verificou-se, ao longo dos oito anos de cultivo do solo, pequeno aumento dos valores de pH, Ca, Mg, S, t e T na camada superficial (0 a 7,5 cm) do solo sob o sistema Direto em relação aos sistemas Disco e Aiveca (Quadro 1). Também Muzilli (1985) e Sidiras & Pavan (1985) observaram melhorias nas características químicas de solos sob plantio Direto, quando comparados àqueles sob plantio convencional, contribuindo para maior produção naquele sistema. Além do efeito na fertilidade, a melhoria nas características físicas do solo sob o sistema Direto, como o aumento da porosidade e de armazenamento de água, pode também ter contribuído para a maior

produção, embora tais características não tenham sido objeto de estudo deste trabalho. Centurion & Dematê (1985) observaram que o sistema de semeadura direta proporcionou maior homogeneidade estrutural do solo, enquanto o aumento da intensidade de preparo do solo provocou acentuadas alterações nas suas propriedades físicas, reduzindo a produtividade da soja.

Na camada de 0-7,5 cm de profundidade, verificou-se pequeno acúmulo de matéria orgânica no sistema Direto (Quadro 1). A pequena acumulação de matéria orgânica no sistema de plantio direto do presente estudo, em relação aos do sul do País, pode ser devida à rápida mineralização dos restos culturais em função das altas temperaturas e umidade. Também a relação C/N baixa dos resíduos pode ter contribuído para a sua rápida mineralização. Maria & Castro (1993a, b), estudando a influência de sistemas de preparo do solo, de sucessão e de rotação de culturas nos teores de fósforo, potássio e matéria orgânica, em um Latossolo Roxo, em Campinas (SP), não observaram diferenças significativas nos teores médios de matéria orgânica na camada arável e atribuíram esse fato às condições climáticas da região com verão quente e úmido e inverno seco, condições estas que contribuíram para a rápida mineralização da matéria orgânica do solo.

A maior quantidade de N imobilizado na biomassa microbiana no solo sob o sistema Direto (Quadro 5) contribuiu para a maior produção das plantas de milho neste sistema, uma vez que a reciclagem dos nutrientes ali contidos é mais

Quadro 4. Equações de regressão polinomial ajustadas para a produção matéria seca total, grãos e palhada, e N acumulado (todas em kg ha⁻¹), como variáveis dependentes das dose de N aplicadas (kg ha⁻¹), e produção de matéria seca e N acumulado máximo e 90% do máximo, estimados pelas equações de regressão

Manejo	Equação	R ²	Produção máxima	Dose para prod. máx.	90% prod. máxima	Dose para 90% prod. máx
Produção total						
Direto	$Y = 7815,26 + 52,2044X - 0,1868X^2$	0,82*	11.464	140	10.318	62
Disco	$Y = 6987,70 + 29,156X - 0,09035X^2$	0,99*	9.339	162	8.406	60
Aiveca	$Y = 6421,195 + 21,4321X - 0,0610X^2$	0,99*	8.303	180	7.473	59
N acumulado total						
Direto	$Y = 53,5218 + 0,5555X - 0,001864X^2$	0,98*	94,98	150	85,48	78
Disco	$Y = 47,2437 + 0,3168X - 0,00074X^2$	0,99*	81,15	216	73,03	110
Aiveca	$Y = 46,5051 + 0,2501X - 0,00061X^2$	0,99*	71,71	202	64,54	94
Produção de grãos						
Direto	$Y = 3899,26 + 31,0612X - 0,1059X^2$	0,99*	6.177	147	5.559	70
Disco	$Y = 3357,71 + 21,6074X - 0,0691X^2$	0,99*	5.045	156	4.540	71
Aiveca	$Y = 3309,24 + 15,8410X - 0,04734X^2$	0,99*	4.640	168	4.176	70
N acumulado nos grãos						
Direto	$Y = 37,6273 + 0,4514X - 0,00149X^2$	0,99*	71,68	151	64,51	79
Disco	$Y = 34,2909 + 0,2675X - 0,00068X^2$	0,99*	60,53	196	54,48	102
Aiveca	$Y = 33,1364 + 0,2155X - 0,00054X^2$	0,99*	54,78	201	49,30	100
Produção de palhada						
Direto	$Y = 3907,83 + 21,7948X - 0,08344X^2$	0,65*	5.338	131	4.804	51
Disco	$Y = 3629,05 + 7,5484X - 0,0211X^2$	0,98*	4.302	178,5	3.872	35
Aiveca	$Y = 3225,48 + 8,1009X - 0,026988X^2$	0,69*	3.832	151	3.449	31
N acumulado na palhada						
Direto	$Y = 15,9818 + 0,1059X - 0,00038X^2$	0,83*	23,42	141	21,08	62
Disco	$Y = 13,80 + 0,032143X$	0,94*	21,51	240	19,36	173
Aiveca	$Y = 13,4609 + 0,0332X - 0,000078X^2$	0,96*	16,99	213	15,29	65

* Significativo ao nível de 5 % teste de F.

Quadro 5. Nitrogênio imobilizado na biomassa microbiana, em duas profundidades do solo, nos diferentes sistemas de preparo do solo em função das doses de nitrogênio

Sistema de preparo	Profundidade	Doses de N aplicadas			
		0	60	120	240
	cm	mg kg ⁻¹			
Direto	0-7,5	92,23 aA ⁽¹⁾	108,14 aA	102,22 aA	80,19 aA
	7,5-15	69,12 aAB	82,03 aA	66,15 aAB	60,24 aAB
Disco	0-7,5	36,24 bB	51,12 bB	45,26 bB	40,45 aB
	7,5-15	33,16 bB	32,25 bB	34,33 bB	35,04 bB
Aiveca	0-7,5	32,36 aB	43,01 bB	41,32 bB	36,12 bB
	7,5-15	28,45 bB	45,26 bB	34,11 bB	34,45 bB

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, e pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si (Tukey, 5%).

eficiente (Siqueira et al., 1994), ressaltando maior dinâmica dessa biomassa no plantio direto. Follett & Schimel (1989) verificaram que o aumento da intensidade de cultivo do solo reduz sua capacidade em imobilizar e reter N mineral, devido à redução do carbono disponível para ser utilizado como substrato para o crescimento microbiano. Além disso, sistemas de manejo do solo e de culturas, de menor revolvimento do solo, permitem a manutenção de teores de matéria orgânica mais elevados e favorecem a população microbiana (Kochhann, 1996). Dessa forma, a imobilização de nitrogênio na biomassa microbiana torna a reciclagem desse elemento mais vagarosa, porém mais eficiente, quando comparada àquela incorporada através de arações, escarificações e gradagens. Roscoe (1997), encontrou maior atividade da urease na camada de 0-7,5 cm no sistema Direto, atribuindo tal fato à maior atividade biológica nesse sistema. Kulinska et al. (1982) trabalhando com solos de cerradão nativo e sob cultivo, notaram redução significativa na atividade da urease no solo sob influência antrópica, relacionando esse fato à alteração na qualidade do solo.

Outra evidência de maior atividade biológica e maior mineralização da matéria orgânica do solo sob o sistema Direto foi a maior produção de matéria seca nesse sistema no tratamento sem aplicação de N em cobertura, em relação aos outros sistemas (Quadro 3), provavelmente devida à maior quantidade de N orgânico mineralizado durante o ciclo da cultura.

Observou-se uma relação grãos/palhada acima de 1:1 (Quadro 3), o que, segundo Malavolta & Dantas (1987), é devido ao fato de o milho não poder aumentar o número de perfilhos, como ocorre com outras gramíneas, razão por que responde com maior produção de grãos à adubação nitrogenada. Ressalta-se, ainda, que a formação de grãos está intimamente relacionada com a translocação de açúcar (Crawford et al., 1982) e de nitrogênio (Karlen et al., 1988) de órgãos vegetativos, principalmente das folhas para os grãos. Além disso, folhas bem nutridas em N têm maior capacidade de assimilação de CO₂ e de sintetização de carboidratos durante a fotossíntese (Arnon, 1975), resultando em maiores quantidades de biomassa.

A maior recuperação aparente do nitrogênio aplicado foi observada no sistema Direto (Quadro 3), na dose de 60 kg ha⁻¹, em que 52% do N aplicado foi recuperado pela planta, enquanto, na dose de 240 kg ha⁻¹, a recuperação foi de apenas 12%. Tendência de queda do N recuperado com o aumento da dose aplicada também foi observada para os sistemas Disco e Aiveca. A baixa recuperação aparente do N aplicado para doses elevadas de nitrogênio enfatiza a importância de ajustar as aplicações de fertilizantes para o mais próximo possível da quantidade requerida pela cultura (Rajj, 1991; Coelho et al., 1992; Sá, 1993).

As plantas de milho também foram mais eficientes em utilizar nitrogênio, quando cultivadas sob o sistema Direto (Quadro 3), resultados semelhantes aos obtidos para a recuperação aparente do N aplicado. A maior eficiência de utilização (EU) de N pela parte aérea das plantas de milho, em todas as doses de N, e a maior razão de eficiência (RE) dos sistemas de preparo do solo (Quadro 3) foram observadas para esse sistema e na dose de 60 kg ha⁻¹ de N. A RE na dose de 60 kg ha⁻¹ de N indica que as plantas sob o sistema direto e disco foram 31 e 19%, respectivamente, mais eficientes em utilizar o N do que quando sob o sistema Aiveca.

CONCLUSÕES

1. O sistema de plantio Direto proporcionou maior atividade biológica na camada de 0-7,5 cm de profundidade e maiores produções de palhada e de grãos em relação aos sistemas Disco e Aiveca.

2. O sistema de plantio Direto e 60 kg ha⁻¹ de N proporcionaram a maior recuperação aparente do N aplicado, maior eficiência de utilização de N e maior razão de eficiência dos sistemas de preparo do solo.

3. Em dose superior a 60 kg ha⁻¹ de N, ocorreu uma menor recuperação pelo milho do nitrogênio aplicado em cobertura.

LITERATURA CITADA

- ARNON, I. Mineral nutrition of maize. Bern, International Potash Institute, 1975. 452p.
- BROOKES, P.C.; LANDMAN, P.; PRUDEN, G. & JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 17:837-842, 1985.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1993. 301p.
- CARDOSO, A.N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: ARANTES, N.E. & SOUZA, P.I.M. Cultura da soja nos cerrados. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.71-104.
- CENTURION, J.F. & DEMATÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *R. Bras. Ci. Solo*, 9:263-266, 1985.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.E.C. & GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. *R. Bras. Ci. Solo*, 16:61-67, 1992.
- COSTA, L.M. & GJORUP, G.B. Problemas ambientais causados pela agricultura no cerrado. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, Viçosa, 1994. Anais. Viçosa, NEPEMA, 1992.

- CRAWFORD, T.W.; RENDING, V.V. & BROADBENT, F.E. Sources, fluxes, and sinks nitrogen during early reproductive growth of maize (*Zea mays* L.) Plant Physiol., 70:1654-1660, 1982.
- FOLLETT, R.F. & SCHIMMEL, D.S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J., 53:1091-1096, 1989.
- KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L. & SADLER, E.J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. Agron. J., 80:232-242, 1988.
- KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO Jr., W. & CARVALHO FARIA, A. Cerrados: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia, 1990. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1992. p.1-31.
- KOCHHANN, R.A. Alterações das características físicas, químicas e biológicas do solo sob sistema de plantio direto. CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 1., Passo Fundo, 1996. Resumos de palestras. Passo Fundo, 1996. p.17-25.
- KULINSKA, D.; CAMARGO, V.L.L. & DROZDOWICZ, A. Enzyme activities in "Cerrado" soils in Brazil. Pedobiologia, 24:101-107, 1982.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. & DANTAS, J.P. Nutrição e adubação do milho. 2. ed. In: PATERNIANI, E & VIEGAS, G.P., eds. Melhoramento e produção do milho. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.2. p.541-593.
- MARIA, I.C. & CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. R. Bras. Ci. Solo, 17:465-470, 1993a.
- MARIA, I.C. & CASTRO, O.M. Potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e sorgo. R. Bras. Ci. Solo, 17:471-477, 1993b.
- MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. Atualização em plantio direto. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.147-160.
- PHILLIPS, S.H. Introduction to n-tillage. In: PHILLIPS, R.E. & PHILLIPS S.H., eds. No-tillage agriculture-principles and practices. New York: Wan Nostrand Reinhold, 1984. p.1-9.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres/POTAFOS, 1991. 343p.
- ROSCOE, R. Atividade da urease em um latossolo vermelho escuro de Sete Lagoas-MG, cultivado com milho, sob diferentes métodos de preparo do solo. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1997. 50p. (Tese de Mestrado)
- SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Castro, Aldeia Norte/Fundação ABC, 1993. 96p.
- SIDDIQI, M.Y. & GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. J. Plant Nutr., 4:289-302, 1981.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. R. Bras. Ci. Solo, 9:249-254, 1985.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISS, B.M. & ARAUJO, R.S. Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. Brasília, EMBRAPA-SPI, 1994. 142p. (Documento, 45)