

ACÚMULO DE RESÍDUOS CULTURAIS NA SUPERFÍCIE DO SOLO, NUTRIÇÃO E RENDIMENTO DO MILHO AFETADOS POR MÉTODOS DE PREPARO E SISTEMAS DE CULTURA

CIMÉLIO BAYER¹, JOÃO MIELNICZUK²

RESUMO - Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito de três métodos de preparo do solo (convencional, reduzido e plantio direto), três sistemas de cultura (aveia preta/ milho, aveia preta + trevo subterrâneo/ milho e aveia preta + trevo subterrâneo/ milho + caupi) e duas doses de nitrogênio (0 e 120 kg/ha) no acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, nutrição e rendimento do milho. As quantidades de resíduos vegetais acumuladas na superfície do solo e avaliadas no final do quinto ano, variaram de 3,09 a 5,60 t/ha de matéria seca, não sendo afetadas pelos métodos de preparo, sistemas de cultura e doses de N. O nitrogênio foi o nutriente mais limitante ao rendimento do milho e a sua disponibilidade diminuiu com a redução da intensidade do revolvimento do solo. O rendimento do milho variou de 2,39 a 5,72 t/ha, não sendo afetado pelos preparos de solo. Sem aplicação de N, a utilização de leguminosas resultou num incremento de até 81% no rendimento do milho, sendo correlacionado com a quantidade total de N na biomassa sobre o solo (resíduos+culturas de inverno). Os sistemas conservacionistas de manejo, que associam métodos de preparo com menor revolvimento do solo e leguminosas para cobertura e aporte de N, resultaram em altos rendimentos de milho, obtendo-se os benefícios adicionais da cobertura do solo pelos resíduos culturais durante um maior período do ano, comparativamente aos sistemas convencionais de manejo.

Palavras-chave: Zea mays L., preparo de solo, plantas de cobertura, nível de nitrogênio.

RESIDUES ACCUMULATION ON THE SOIL SURFACE, CORN NUTRITION AND YIELD AS AFFECTED BY TILLAGE AND CROP SYSTEMS

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the effect of three methods of soil tillage (conventional, reduced and no-tillage), three crop systems (oats/ corn, oats + clover/ corn, and oats + clover/ corn + cowpea) and two rates of nitrogen (0 and 120 kg/ha) on the accumulation of crop residues on the soil surface, corn nutrition and yield. The accumulated crop residues on the soil surface, evaluated at the end of the 5th year, varied from 3.09 to 5.60 t/ha of dry matter, and it was not affected by soil tillage, crop systems and N rates. The nitrogen was the most limitant nutrient to the corn yield, and its availability was lower in no-tillage, as compared with conventional tillage. However the corn yield was not affected by tillage methods and it varied from 2.39 to 5.72 t/ha. Without N application, use of legumes as green manure-cover crops increased corn yield up to 81% and it was correlated with total amounts of N in the biomass on the soil surface (residues plus winter crops). The conservation management systems, that associate no-tillage or reduced tillage, and legumes for cover and N addition, resulted in relatively high corn yields. In addition, they have benefits due to soil cover crop residues during a larger period of the year, compared with conventional soil management systems.

Key words: Zea mays L., soil tillage, crop system, cover crops, nitrogen levels.

INTRODUÇÃO

Nas condições de clima subtropical da região sul do Brasil, na qual o período de preparo de solo para implantação das culturas de primavera-verão coincide com chuvas de alta intensidade (COGO et al. 1978), a cobertura do solo é um dos principais fatores para sua conservação. Nessa região,

sistemas de manejo adequados para a conservação do solo e produtividade das culturas têm por premissa a redução do revolvimento do solo e a utilização de sistemas de sucessão/rotação de culturas com alta produção de resíduos. A adoção desses sistemas de manejo resulta, de maneira geral, numa melhoria das condições físicas (BRAGAGNOLO e MIELNICZUK, 1990;

1. Eng. Agr., Dr. - Professor do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Caixa Postal 281, 88520-000 Lages, SC. (Autor para Correspondência)

2. Eng. Agr., Dr. - Prof. Titular Aposentado do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre, RS.

Recebido para publicação em 16/06/1999

PALADINI e MIELNICZUK, 1991), químicas (TESTA et al., 1992; TEIXEIRA et al., 1994; BURLE et al., 1997) e biológicas (CATELLAN e VIDOR, 1990) do solo, comparativamente aos sistemas convencionais de manejo.

A nutrição adequada e a alta produtividade das culturas envolve a reciclagem dos nutrientes, principalmente do nitrogênio, contidos nos resíduos vegetais. Nesse sentido, a manutenção destes na superfície do solo pode configurar um paradoxo. Entretanto, segundo FREITAS et al. (1996), o grau de incorporação dos resíduos culturais ao solo não afetou o rendimento do milho durante cinco anos, ou seja, a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, no sistema plantio direto, resultou numa nutrição adequada do milho, bem como a proteção do solo contra erosão, entre outros benefícios. Possivelmente, em regiões tropicais e subtropicais, a integração dos fatores determinantes da decomposição dos resíduos orgânicos, principalmente de clima (alta precipitação e temperatura) e de solo (alta população e atividade microbiana), entre outros, resulte numa taxa de decomposição dos resíduos sobre o solo, que possibilite tanto a proteção do solo no início do desenvolvimento da cultura, como o fornecimento de nutrientes no decorrer do ciclo.

Conduziu-se o presente estudo considerando-se a falta de informações, baseadas em experimentos de longa duração, para a avaliação temporal do acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, em diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura, e seus possíveis efeitos na nutrição e rendimento de milho após cinco anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para realização deste estudo foram obtidos de um experimento, no quinto ano de andamento, instalado em 1985 na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, num solo Podzólico Vermelho-Escuro. Detalhes da implantação e da condução do experimento podem ser obtidos em FREITAS et al. (1996) e BAYER e MIELNICZUK (1997a; 1997b). O clima, na região, é subtropical úmido-Cfa, segundo classificação climática de Köepen, com temperatura média anual de 19,4° C, com uma amplitude de 13,9° C a 24,9° C entre as médias mensais. A precipitação média anual é de 1440 mm, com uma amplitude de 95,7 mm a 168 mm nas médias mensais (BERGAMASCHI e GUADANIN, 1990).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, em três repetições. As parcelas principais (15 x 20 m) receberam os tratamentos: (A) métodos de preparo de solo [a- convencional (aração e gradagem para incorporação total dos resíduos ao solo); b- reduzido (escarificação para semi-incorporações dos resíduos ao solo); c- plantio direto (resíduos mantidos na superfície do solo)], os quais foram realizados na primavera-verão para implantação da cultura do milho. Nas subparcelas (5 x 20 m) implantaram-se (B) sistemas de cultura [a- aveia preta (*Avena strigosa*)/ milho (*Zea mays* L.) - A/M; b- aveia preta com trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum*) milho - A+T/M; c- aveia preta mais trevo subterrâneo/ milho consorciado com feijão caupi (*Vigna unguiculata*) - A+T/M+C]. Em faixa, nos blocos (sub-blocos, de 10 x 45 m), foram aplicadas (C) doses de N (0 e 120 kg/ha), somente na cultura do milho, cerca de 25 dias (1/3 da dose) e 70 dias (2/3 da dose) após a germinação.

As culturas de inverno foram semeadas em abril, a lanço, sem preparo do solo, sendo as sementes semi-incorporadas com grade aberta sobre a resteva do milho. Para a aveia preta, cultivada isoladamente, foram utilizados 50 kg/ha de semente e, quando consorciada com o trevo subterrâneo, utilizou-se 40 kg/ha de aveia preta e 30 kg/ha de trevo subterrâneo. Em setembro, as culturas de inverno foram dessecadas com herbicida à base de glyphosate e, após uma semana, acamadas com rolo-faca nos sistemas plantio direto e preparo reduzido, e incorporadas ao solo com lavração e gradagem, no preparo convencional. No preparo reduzido foi realizada escarificação com distância entre linhas de 0,35 m. Em setembro, anterior ao manejo das culturas de inverno, foi realizada a avaliação dos resíduos culturais sobre o solo e da fitomassa das culturas de inverno. Os resíduos culturais foram avaliados a partir da coleta de duas subamostras de 0,20 x 0,40 m e as culturas de inverno pela coleta de 1 subamostra de 1 x 1 m. Os resíduos vegetais foram analisados em relação à quantidade de matéria seca e teores de carbono e nitrogênio. As culturas de inverno foram analisadas quanto à produção de matéria seca e concentração de nitrogênio. A relação C/N na fitomassa das culturas de inverno foi estimada, considerando-se uma concentração média de 50% de carbono no tecido.

A semeadura do milho foi realizada uma semana após o preparo do solo, com máquina manual (saraquá), em espaçamento de 1 m entre

linhas e 0,20 m entre covas, com 2 sementes cada. Foi realizado desbaste para 50 000 plantas/ha. Durante o ciclo do milho foi realizado controle de plantas daninhas e irrigação por aspersão. O milho foi avaliado quanto à produção de matéria seca e absorção de N, P, K, Ca e Mg, através da coleta de 10 plantas no início do florescimento, e em relação ao rendimento de grãos, através da colheita manual de uma área útil de 9 m².

As análises químicas dos resíduos culturais, culturas de inverno e das plantas de milho foram realizadas segundo metodologias descritas em TEDESCO et al. (1985).

A análise estatística dos efeitos dos métodos de preparo, sistemas de cultura e doses de N sobre as variáveis avaliadas foi realizada através da análise da variância, segundo o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas para os métodos de preparo e sistemas de cultura, e aplicação em faixas para as doses de N. As diferenças entre médias foram testadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%. A relação entre variáveis foi avaliada pela significância dos coeficientes de determinação de regressões polinomiais a 1 e 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de matéria seca dos resíduos culturais remanescentes de cultivos anteriores, localizados na superfície do solo, variaram de 3,20 a 5,60 t/ha, as quais não foram afetadas pelos métodos de preparo, sistemas de cultura e doses de N. As quantidades de N presentes nos resíduos culturais apresentaram a mesma tendência da matéria seca, variando de 25,8 a 28,1 kg/ha (Figura 1). A relação C/N dos resíduos culturais foi maior no sistema aveia preta/milho-A/M (62,8) e menor no sistema aveia preta+trevo subterrâneo/milho-A+T/M (44,6) (Figura 1).

O não acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, em plantio direto, mesmo quando associado a sistemas de cultura com maior produção de fitomassa, como o A+T/M e A+T/M+C, indica que, nas condições ambientais nas quais este estudo foi realizado, a decomposição dos restos culturais, localizados na superfície do solo, foi alta o bastante para que não ocorresse um acúmulo gradual de resíduos com o tempo, e que houvesse reciclagem de nutrientes. Estes resultados são de importância fundamental na adoção de manejos conservacionistas, pois indicam que, possivelmente, a

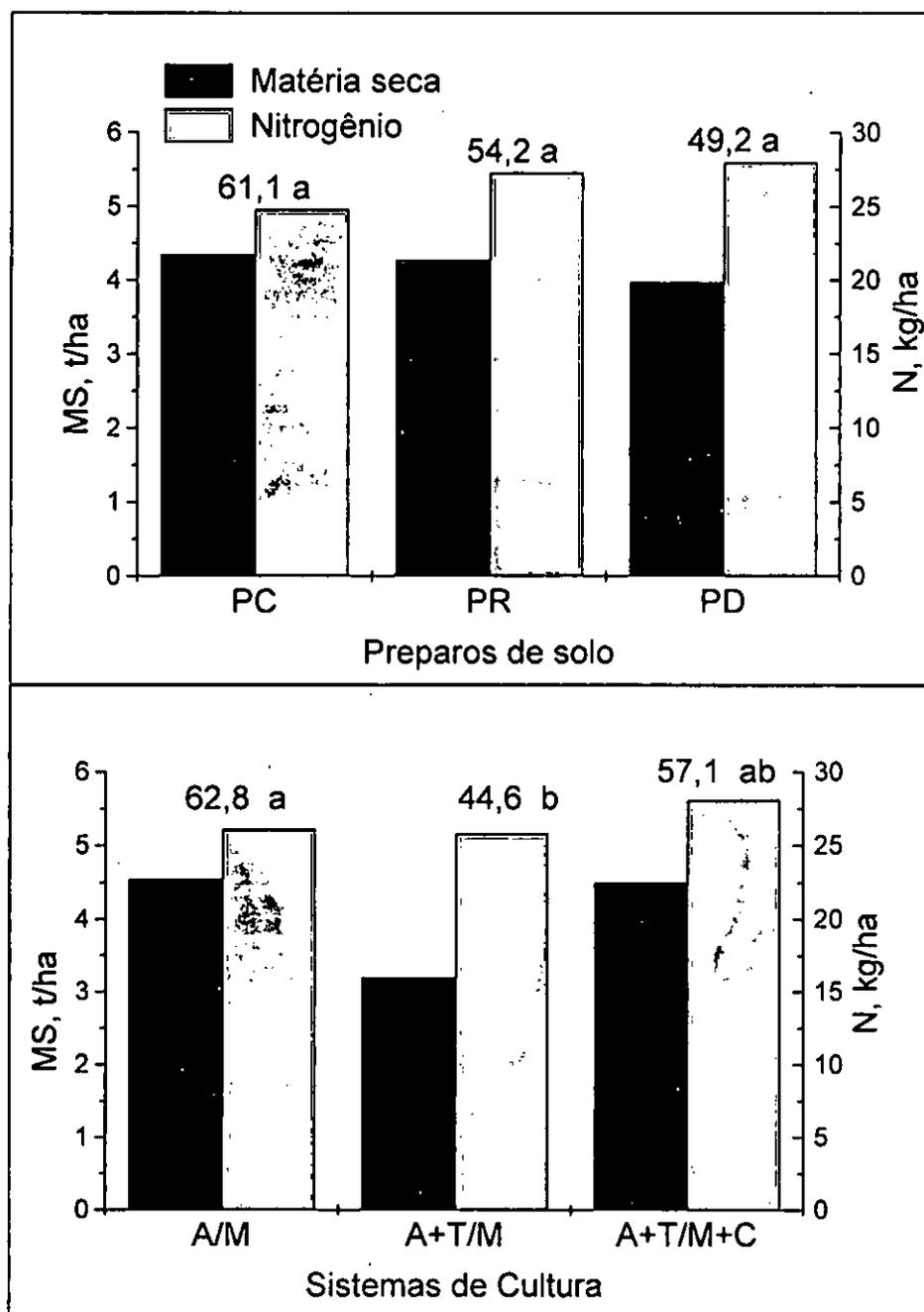
manutenção dos restos vegetais na superfície do solo satisfaz, ao mesmo tempo, as necessidades de cobertura do solo e de fornecimento de nutrientes às culturas.

Na média dos três métodos de preparo do solo e duas doses de N, a produção de matéria seca da parte aérea das culturas de inverno, nos sistemas A/M, A+T/M e A+T/M+C foi de 4,29, 6,66 e 6,26 t/ha, respectivamente, enquanto a quantidade de N presente na fitomassa da parte aérea foi de 34,1, 99,4 e 70,4 kg/ha, nos mesmos sistemas de cultura. A relação C/N das culturas de inverno foi de 33,5, 44,5 e 62,9 nos sistemas A/M, A+T/M e A+T/M+C, respectivamente (Figura 2).

As quantidades de matéria seca e N nas culturas de inverno desta safra estão dentro dos limites observados nos primeiros cinco anos de avaliação do experimento. Segundo FREITAS et al. (1996), durante este período, a produção de matéria seca das culturas de inverno variou de 2,6 a 6,7 t/ha, e a absorção de N de 28 a 136 kg/ha. Os autores observaram que, em geral, a quantidade de N na fitomassa das culturas de inverno foi dependente do desenvolvimento do trevo subterrâneo. Em 1988, ano de melhor desenvolvimento do trevo subterrâneo, esta pastagem continha 70 kg/ha de N e a aveia preta, 56 kg/ha, na consorciação de aveia preta + trevo subterrâneo (FREITAS et al., 1996).

A nutrição do milho foi avaliada pelas quantidades absorvidas de N, P, K, Ca e Mg. O nitrogênio é o nutriente cuja dinâmica no solo é mais afetada pelos métodos de preparo do solo e sistemas de cultura, sendo a sua disponibilidade o principal fator determinante da produtividade do milho nas condições de solo em que este estudo foi realizado (FREITAS et al., 1996; TEIXEIRA et al., 1994).

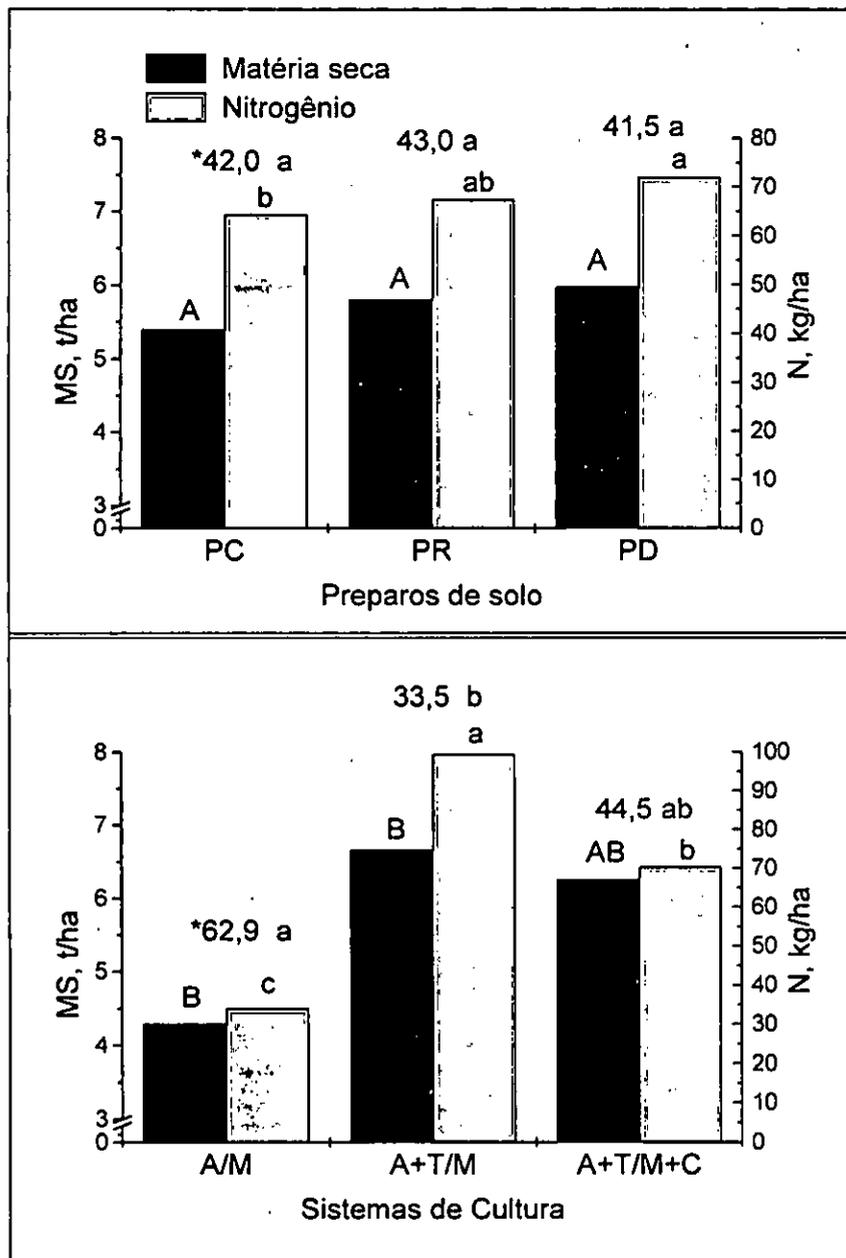
As quantidades de N absorvidas pelo milho variaram de 23,6 a 99,6 kg/ha, sendo afetadas pelos métodos de preparo, sistemas de cultura e dose de N (Tabela 1). Entre os métodos de preparo, a absorção de N pelo milho diminuiu com a redução na intensidade de revolvimento do solo. No preparo convencional o milho absorveu 68,2 kg/ha de N, enquanto que no preparo reduzido e plantio direto, a absorção de N foi de 56,3 e 55,1 kg/ha, respectivamente, na média dos três sistemas de cultura e das duas doses de N. Este mesmo comportamento foi observado em safras anteriores (FREITAS et al., 1996).



Matéria seca e nitrogênio nos resíduos culturais não diferiram entre métodos de preparo e sistemas de cultura, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Valores de relação C/N (valores sobre as barras) seguidos de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Figura 1 - Matéria seca, nitrogênio e relação C/N dos resíduos culturais na superfície do solo em (a) três métodos de preparo do solo (PC=Preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto) e em (b) três sistemas de cultura (A/M=aveia preta/milho, A+T/M=aveia preta+trevo subterrâneo/milho e A+T/M+C=aveia preta+trevo subterrâneo/milho+caupi). EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990



* Valores sobre as barras representam a relação C/N.

Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Figura 2 - Matéria seca, nitrogênio e relação C/N da fitomassa das culturas de inverno em (a) três métodos de preparo do solo (PC=Preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto), e em (b) três sistemas de cultura (A/M=aveia preta/milho, A+T/M=aveia preta+trevo subterrâneo/milho e A+T/M+C=aveia preta+trevo subterrâneo/milho+caupi). EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990

Tabela 1 - Quantidade de nitrogênio absorvido pelo milho em três métodos de preparo do solo, três sistemas de cultura e duas doses de N. EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990

Sistemas de manejo	0 kg N/ha	120 kg N/ha	Média
	kg/ha		
PC *	36,7	99,6	68,2 a
PR	25,0	87,7	56,3 ab
PD	26,7	83,5	55,1 b
A/M **	23,6	86,0	54,9 b
A+T/M	34,7	97,0	65,8 a
A+T/M+C	30,1	87,6	58,8 ab
MÉDIA	31,6 B	90,2 A	

* Médias dos três sistemas de cultura.

PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido e PD=plantio direto

** Médias dos três métodos de preparo de solo.

A=aveia preta, T=trevo subterrâneo, M=milho e C=caupi.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na vertical, e maiúsculas, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

O efeito dos métodos de preparo sobre a quantidade de N absorvida é relacionado às taxas de mineralização do N orgânico do solo. DOWDELL e CANNEL (1975) observaram que as maiores taxas de mineralização do N orgânico, no preparo convencional, resultam numa subsequente maior disponibilidade de N para o milho, comparado ao solo sob plantio direto. A maior disponibilidade de N do solo, no preparo convencional, comparado ao plantio direto, deve se restringir aos períodos iniciais de adoção dos métodos de preparo. Com o decorrer dos anos, ocorre um incremento no conteúdo de N do solo sob plantio direto (BAYER e MIELNICZUK, 1997b), o que resulta num aumento gradativo da disponibilidade de N. Resultados obtidos em experimento adjacente ao do presente estudo corroboram esse aumento na disponibilidade de N no solo sob plantio direto. No primeiro e terceiro ano, o N absorvido pelo milho, sem aplicação de N mineral, variou de 17 a 45 kg/ha (MEDEIROS, 1985) e 20 a 52 kg/ha (TEIXEIRA, 1988), respectivamente, aumentando para valores de 21 a 87 kg/ha, no quinto ano, após ao estabelecimento de diferentes sistemas de cultura em plantio direto (TESTA, 1989).

A inclusão de leguminosas nos sistemas de cultura aumentou a absorção de N pelo milho. Na média dos três métodos de preparo do solo e duas doses de N, o milho absorveu 54,9, 65,8 e 58,8 kg/ha de N, nos sistemas A/M, A+T/M e A+T/M+C, respectivamente (Tabela 1). Considerando a

quantidade de N absorvido pelo milho, isoladamente, em cada dose de N, o efeito dos sistemas de cultura fica mais evidente. Sem aplicação de N, o milho absorveu 23,6, 34,7 e 30,1 kg/ha de N, nos sistemas A/M, A+T/M e A+T/M+C, respectivamente, na média dos três métodos de preparo do solo. Com aplicação de N, o milho absorveu 86,0, 97,0 e 87,0 kg/ha de N nos mesmos sistemas de cultura.

As quantidades de N absorvidas pelo milho, nos sistemas de cultura, foram relacionadas às quantidades de N contidas nos resíduos culturais e na fitomassa das culturas de inverno. Obteve-se coeficientes de correlação de 0,97, 0,92 e 0,96 entre a quantidade total de N na biomassa sobre o solo, nos diferentes sistemas de cultura, e as quantidades de N absorvidas pelo milho sem aplicação de N mineral, nos métodos de preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto, respectivamente.

No sistema A/M a menor absorção de N pelo milho também pode ter sido resultante do menor conteúdo de nitrogênio total do solo (BAYER e MIELNICZUK, 1997b) e da maior relação C/N dos resíduos culturais e da fitomassa das culturas de inverno (Figura 1 e 2), comparativamente aos demais sistemas de cultura. A maior relação C/N resulta numa redução na taxa de decomposição dos resíduos vegetais e numa maior imobilização microbiana do nitrogênio mineralizado (ALEXANDER, 1980), resultando, assim, numa menor disponibilidade de N para o milho.

A eficiência do N mineral, a qual consiste no percentual do N mineral aplicado, que é absorvido

pelo milho, não foi afetada pelos métodos de preparo e sistemas de cultura, sendo de, aproximadamente, 50%, dentro dos limites de 20-70% propostos por SANCHEZ (1976) para regiões tropicais.

A absorção de P, K, Ca e Mg seguiu as mesmas tendências do N. A relação de dependência dos demais nutrientes em função da quantidade de N absorvida pode ser verificada nos altos coeficientes de determinação, apresentados na

Tabela 2. Observa-se que a relação entre a quantidade absorvida de N pelo milho e a dos demais nutrientes é linear, sendo que a absorção de N explica 91, 95, 92 e 93% das quantidades de P, K, Ca e Mg absorvidas, respectivamente. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por TESTA (1989) nas mesmas condições edafoclimáticas.

Tabela 2 - Relação entre as quantidades de N absorvido e as quantidades absorvidas de P, K, Ca e Mg pelo milho. EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990

Variável independente (X)	Variável dependente (Y)	Coefficiente linear (a)	Coefficiente angular (b)	Coefficiente de terminação (r ²)
$Y = a + b \cdot X$				
N	P	4,93	+0,082	0,91**
N	K	27,78	+0,8557	0,95**
N	Ca	0,98	+0,0745	0,92**
N	Mg	2,96	+0,1132	0,93**

** significativo ao nível de 1%.

O rendimento do milho variou de 2,39 a 4,32 t/ha, quando não foi aplicado N mineral, e de 4,68 a 5,72 t/ha, quando foram aplicados 120 kg/ha de N (Tabela 3). Os métodos de preparo não afetaram o rendimento do milho em nenhuma combinação dos sistemas de cultura e dose de N, comprovando os resultados obtidos por FREITAS et al. (1996), neste mesmo local. Isto é um indicativo de que a manutenção da fitomassa produzida pelas diferentes coberturas vegetais na superfície do solo, a qual contém nutrientes reciclados e N fixado

biologicamente, supriu o milho tão eficientemente quanto a sua semi-incorporação ou incorporação total ao solo. Os resultados obtidos são muito importantes em relação à utilização de preparos conservacionistas do solo, como já foi salientado por ROSSO (1989), pois combinam a utilização de métodos de preparo e sistemas de cultura que visam a recuperação e manutenção da capacidade produtiva do solo, sem que isso represente menores rendimentos das culturas, o que significaria um obstáculo na sua adoção pelos agricultores.

Tabela 3 - Rendimento do milho em três métodos de preparo de solo, três sistemas de cultura e duas doses de N. EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990

Preparos de solo *	Sistemas de cultura	Dose de N, kg/ha	
		0	120
		t/ha	
PC	AM	2,91 a B	5,40 a A
	A+T/M	4,32 a A	4,85 a A
	A+T/M+C	3,94 a AB	5,45 a A
PR	AM	2,88 a A	5,57 a A
	A+T/M	3,48 a A	4,78 a A
	A+T/M+C	3,56 a A	5,72 a A
PD	AM	2,39 a B	5,45 a A
	A+T/M	3,81 a A	4,68 a A
	A+T/M+C	3,17 a AB	4,92 a A

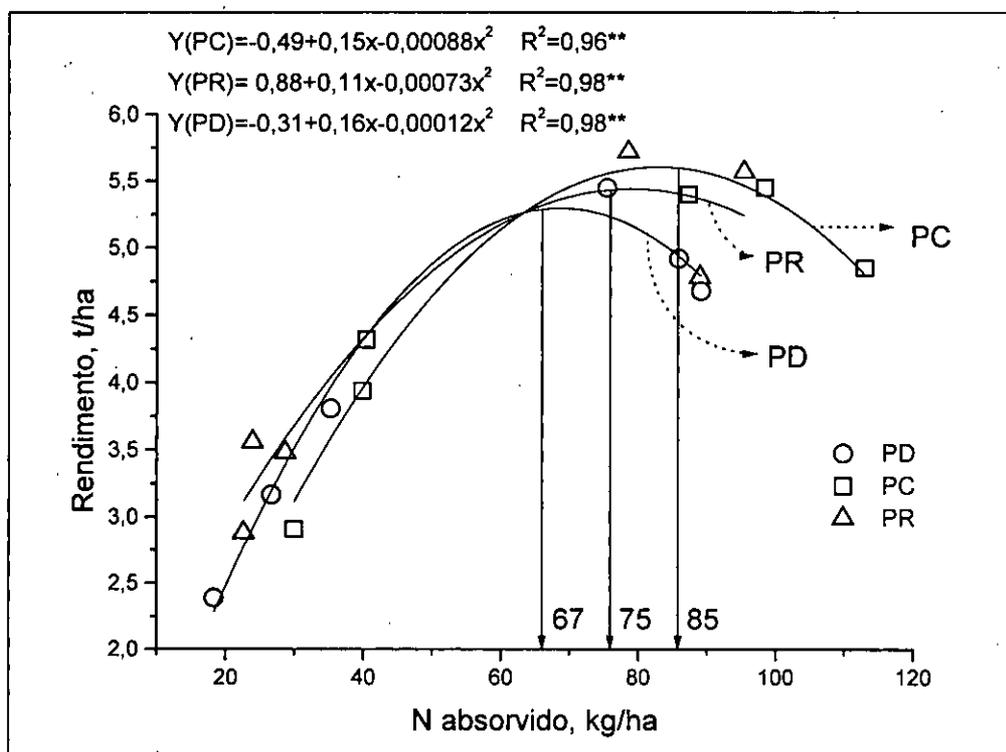
* PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido e PD=plantio direto

** A=aveia preta, T=trevo subterrâneo, M=milho e C=caupi.

Médias de métodos de preparo, dentro de cada sistema de cultura e dose de N, seguidas de letras minúsculas iguais, e médias de sistemas de cultura, dentro de cada método de preparo e dose de N, seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem entre si ao nível de 5%.

A relação entre a quantidade de N absorvido e o rendimento do milho, nos métodos de preparo do solo, é evidenciada na Figura 3. Segundo as equações ajustadas a partir dos dados obtidos, as quantidades de N absorvidas, necessárias para o milho atingir o rendimento máximo no preparo convencional (5,90 t/ha), preparo reduzido (5,03 t/ha) e plantio direto (5,02 t/ha) são, aproximadamente, 85, 75 e 67 kg/ha de N, respectivamente. Segundo os rendimentos

estimados pela equação e considerando a eficiência média de 50% do N mineral aplicado, necessitaria-se aplicar, aproximadamente, 171, 151 e 133 kg/ha de N no milho, para alcançar os rendimentos máximos no preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto, respectivamente. TESTA (1989), em experimento adjacente, estimou uma necessidade de aplicação de 176 kg/ha de N para obter o máximo rendimento do milho em plantio direto.



** significativo ao nível de 1%.

Figura 3 - Relação entre a quantidade de N absorvido e o rendimento do milho nos sistemas de plantio direto (PD), preparo reduzido (PR) e preparo convencional (PC). EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990

A menor quantidade de N estimada, necessária para o milho alcançar o rendimento máximo no plantio direto, comparado ao preparo convencional e preparo reduzido, vão ao encontro de uma provável maior eficiência no aproveitamento do N pelo milho no plantio direto, já salientada por FREITAS et al. (1996). A maior eficiência do N no plantio direto pode estar relacionada à liberação mais lenta e contínua do N durante o ciclo do milho, ocorrendo maior sincronia com a demanda da cultura. O maior conteúdo de água do solo no plantio direto (SALTON, 1991) pode, também, ter afetado a eficiência do N absorvido.

Entre os sistemas de cultura, sem aplicação

de N e na média dos métodos de preparo de solo, o menor rendimento foi observado no sistema A/M (2,39 a 2,91 t/ha) (Tabela 3). Nos sistemas A+T/M e A+T/M+C, os rendimentos do milho variaram de 3,48 a 4,32 t/ha e de 3,17 a 3,94 t/ha, respectivamente, o que representa um incremento de até 81% no rendimento do milho pela inclusão de leguminosas no sistema de cultura. Esse efeito dos sistemas de cultura sobre o rendimento do milho é relacionado com a disponibilidade de N, tanto pelo incremento no conteúdo de N do solo sob plantio direto que ocorreu no decorrer dos cinco anos (BAYER e MIELNICZUK, 1997b), como devido ao N liberado pela decomposição das culturas de

inverno e dos resíduos vegetais. TESTA (1989) obteve incrementos de até 6,32 t/ha no rendimento do milho pela presença de leguminosas nos sistemas de cultura. Os resultados apresentados pelo referido autor, sugerem que, em alguns casos, a utilização de sistemas de cultura com alta capacidade de fixação biológica de N pode suprir totalmente a necessidade de N do milho.

CONCLUSÕES

No plantio direto, não ocorreu um acúmulo diferenciado de resíduos vegetais na superfície do solo, comparativamente ao preparo reduzido e preparo convencional. A absorção de nitrogênio pelo milho foi menor no plantio direto, intermediária no preparo reduzido, e maior no preparo convencional; o rendimento do milho não foi afetado pelos preparos de solo. A inclusão de leguminosas nos sistemas de cultura resultou num incremento na absorção de N e no rendimento do milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, M. *Decomposición de la materia orgánica*. In: *Introducción a la microbiología del suelo*. México: AGT. Cap. 9, p.142-162, 1980.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.105-112, 1997a.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.235-239, 1997b.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. *Agroclima da Estação Experimental Agrônômica*. UFRGS: Faculdade de Agronomia, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia. Porto Alegre, 1990. 96p.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, p.369-374, 1990.
- BURLE, M. L.; MIELNICZUK, J.; FOCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. *Plant and Soil*, The Hague, v.190, p.309-316, 1997.
- CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, p.133-142, 1990.
- COGO, N. P.; DREWS, C. R.; GIANELLO, C. Índice de erosividade das chuvas dos municípios de Guaíba, Ijuí e Passo Fundo, no Estado do Rio Grande do Sul. In: *ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO*, 2., 1978, Passo Fundo. Anais ... Passo Fundo: CNPT, 1978. p.145-152.
- DOWDELL, R. J.; CANNEL, R. Q. Effect of plowing and direct drilling on soil nitrate content. *Journal Soil Science*, London, v.26, p. 53-61, 1975.
- FREITAS, V.; ROSSO, A. de; BAYER, C.; et al. Efeito de métodos de preparo e sistemas de cultura na absorção de nitrogênio e rendimento de milho. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.2, p.69-77, 1996.
- MEDEIROS, J.C. *Sistemas de culturas adaptadas à produtividade, recuperação e conservação do solo*. Porto Alegre: UFRGS, 1985. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Manejo do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985, 89p.
- PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-escuro afetado por sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.135-140, 1991.
- ROSSO, A. de *Manejo de culturas de cobertura do solo no inverno e sua relação com a produtividade do milho*. Porto Alegre: UFRGS, 1989. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Manejo do solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1989. 117p.
- SALTON, J. C. *Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade do solo*. Porto Alegre: UFRGS, 1991. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Manejo do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1991. 91p.
- SANCHEZ, P. A. *Nitrogen. In: Properties and management of soils in the tropics*. New York: J. Wiley, 1976. Cap. 6, p.184-220.
- TEDESCO, M. J.; WOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim técnico, 5).
- TEIXEIRA, L. A. J. *Fornecimento de nitrogênio ao milho por sistemas de cultura*. Porto Alegre: UFRGS, 1988. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Manejo do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1988. 96p.
- TEIXEIRA, L. A. J.; TESTA, V. M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio no solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.207-214, 1994.
- TESTA, V. M. *Características químicas de um solo Podzólico Vermelho-escuro, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura*. Porto Alegre: UFRGS, 1989. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Manejo do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1989. 134p.
- TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, p.107-114, 1992.