

# RESÍDUOS CULTURAIS DE ESPÉCIES DE INVERNO E O RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO NO SISTEMA DE CULTIVO MÍNIMO<sup>1</sup>

AURÉLIO PAVINATO<sup>2</sup>, CELSO AITA<sup>3</sup>, CARLOS ALBERTO CERETTA<sup>3</sup> e GILBERTO PERIPOLLI BEVILÁQUA<sup>4</sup>.

**RESUMO** - O uso de espécies leguminosas como cobertura do solo, além de reduzir a erosão, incorpora N ao sistema, via fixação simbiótica. Com o objetivo de avaliar a eficiência de seis espécies de inverno de cobertura do solo (*Vicia sativa*, *Lathyrus sativus*, *Lupinus albus*, *Pisum sativum*, *Avena strigosa* e *Brassica napus*) no suprimento de N e rendimento de grãos de milho plantado em cultivo mínimo, foi conduzido um experimento em solo brunizem avermelhado, tendo como testemunhas os tratamentos pousio invernal sem e com 110 kg/ha de N. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. O *Lupinus albus* produziu mais massa seca (7,5 t/ha) e proporcionou rendimento de grãos de milho semelhante ao obtido no tratamento com N-mineral (5,18 e 5,42 t/ha, respectivamente) e superior em 61% à testemunha pousio invernal sem N (3,22 t/ha). Houve relação significativa entre a absorção total de N pelas espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho, caracterizando ser o suprimento de N um dos principais benefícios da cobertura do solo de inverno.

Termos para indexação: leguminosas, cobertura de solo, erosão, suprimento de N, fixação simbiótica.

## CROP RESIDUES OF WINTER SPECIES AND THE CORN YIELD IN THE MINIMUM TILLAGE SYSTEM.

**ABSTRACT** - The use of legume species as a soil cover decreases soil losses by erosion and adds N by symbiotic fixation. With the objective of determining the N supply capacity to corn of six winter soil cover crops species (*Vicia sativa*, *Lathyrus sativus*, *Lupinus albus*, *Pisum sativum*, *Avena strigosa* and *Brassica napus*) under minimum tillage, an experiment was carried out on a brunizem soil (Mollisol). Two control treatments in winter fallow without and with 110 kg/ha of N were used. The experimental design was a completely randomized block with four repetitions for each treatment. *Lupinus albus* gave a yield of corn similar to that obtained in the treatment with mineral N (5.18 and 5.42 t/ha), respectively, and 61% higher than the winter fallow with N (3.22 t/ha). A significant relation between winter cover crops total N absorption and corn grain yield was observed, showing that in this experiment the N supply to corn is one of the major benefits of winter cover crops.

Index terms: soil cover, erosion, symbiotic fixation, N supply, leguminous plants.

## INTRODUÇÃO

No Estado do Rio Grande do Sul, em torno de dois terços da área cultivada durante o verão per-

manece descoberta no período de inverno, estando sujeita à ação dos agentes erosivos. Em consequência, ocorrem elevadas perdas de solo por erosão, que são agravadas em regiões com relevo acidentado.

Uma das alternativas a esse problema consiste na implantação de espécies de inverno visando à proteção do solo. Quando são utilizadas leguminosas e o milho como cultura em sucessão, os resultados obtidos mostram, na maioria das vezes, uma economia significativa de fertilizantes nitro-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 22 de abril de 1994.

<sup>2</sup> Eng.-Agr., M. Sc. em Solos, Rua Uruguai, 899, CEP 98920-000 Horizontina, RS.

<sup>3</sup> Eng.-Agr., Prof.-Assist., Dep. de Solos, UFSM Santa Maria, RS.

<sup>4</sup> Eng.-Agr., Pós-Graduando em Sementes, UFPel. Rua Tiradentes, 2515-A, Centro, CEP 96010-900 Pelotas, RS.

genados (Muzilli et al., 1983; Medeiros et al., 1984; Derpsch et al., 1985; Frye et al., 1985; Calegari, 1987; Utomo et al., 1990; e Kanthack et al., 1991). Isso em função da capacidade das leguminosas em fixar o  $N_2$  atmosférico em simbiose com rizóbio e também pela sua elevada produção de fitomassa com rápida taxa de decomposição e liberação de nutrientes.

A efetividade da cobertura de solo com leguminosas tem sido avaliada pelo rendimento da cultura depois da utilização desta prática. Esse aumento de rendimento é atribuído ao N incorporado pelas leguminosas, mais do que a qualquer outro fator (Allison, 1973 e Janzen et al., 1990). Na verdade, a contribuição das espécies de cobertura do solo se reflete não só em termos de nutrição da cultura em sucessão, mas também na melhoria das condições físicas e biológicas do solo.

Os benefícios da cobertura de solo dependem da adaptação das espécies, e o êxito desta prática depende do estudo e da natureza da cultura que se quer beneficiar e das circunstâncias naturais e econômicas em que se opera (Corrêa, 1939). Neste sentido, Calegari (1987), com base em trabalhos desenvolvidos na região sudoeste do Paraná, formada por solos em declives acentuados, enfatiza que se deve buscar um adequado manejo do solo em consonância com a própria aptidão das glebas da propriedade, priorizando práticas que movimentem o solo o mínimo possível e mantenham o máximo de cobertura verde ou morta, por maior período de tempo.

Considerando a importância da cultura do milho e a carência de informações com relação aos benefícios da cobertura de solo nas condições edafoclimáticas da região, conduziu-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar a eficiência de espécies de inverno no suprimento de N e no rendimento de grãos de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, em Tenente Portela, RS, no ano agrícola 1989/90. O solo pertence à unidade de mapeamento Cirfaco (brunizem avermelhado), e apresentou as seguintes características: textura 3 (25% de argila); pH ( $H_2O$  1:1)

6,2; índice SMP 6,3; P 4,0 ppm; K 200 ppm; matéria orgânica (MO), 3,2%; Al trocável 0,00 me/100 g; e 21 me/100 g de Ca + Mg. A temperatura e a precipitação média anual da região são de 21,1°C e 1.815 mm, respectivamente.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas de 4 x 4 m, com os seguintes tratamentos que antecederam a cultura do milho: 1. sincho (*Lathyrus sativus* L.); 2. ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.); 3. tremoço-branco (*Lupinus albus* L.); 4. ervilha-forrageira (*Pisum sativum* var. arvense); 5. aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb.); 6. colza (*Brassica napus* L.); 7. pousio invernal + N no milho; e 8. Pousio invernal.

Por ocasião da introdução das espécies de inverno, a área apresentava restos culturais do consórcio milho-soja, realizado anteriormente. Foi efetuada uma lavração, e depois, uma semeadura das espécies em maio de 1989, as quais tiveram suas linhas de plantio a espaços de 0,50 m, à exceção da aveia-preta que foi de 0,20 m. As espécies não receberam adubação e nem inoculação de rizóbio nas sementes.

Em setembro do mesmo ano, amostrou-se uma área de 1 m<sup>2</sup> por parcela, para determinação do rendimento de massa verde das espécies. Fez-se uma subamostragem para determinação de massa seca, absorção de N-total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, retornando o restante da amostra para a respectiva parcela. A massa seca foi obtida após secagem em estufa a 65°C, até peso constante.

Antecedendo ao preparo do solo, pelo sistema de cultivo mínimo, as espécies de inverno com hábito de crescimento ereto (colza, tremoço e aveia-preta) foram roçadas manualmente. O cultivo mínimo constou da abertura de sulcos a espaços de 1,0 m, com arado "pula-toco", de tração animal.

O milho, cultivar AG 64-A, foi semeado em setembro no espaçamento de 1,0 m entre filas e 0,5 m entre covas, com duas plantas por cova, obtendo-se uma população aproximada de 40.000 plantas/ha. As três fileiras centrais da parcela, com exceção das covas das extremidades, constituíram a área útil (10,5 m<sup>2</sup>).

Todos os tratamentos receberam 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 20 kg/ha de K<sub>2</sub>O na semeadura. O tratamento pousio invernal + N no milho recebeu mais 20 kg/ha de N na semeadura e 90 kg/ha em cobertura aos 47 dias após a semeadura. O adubo foi distribuído no sulco, e incorporado com enxada. A área foi mantida livre de plantas invasoras por meio de capina manual.

Na fase de florescimento do milho, coletou-se a parte aérea de cinco plantas por parcela, onde se avaliou a concentração e absorção total de N, P e K no tecido vegetal. As plantas de milho foram pré-secadas ao sol e trituradas. Uma amostra do material triturado foi secada

em estufa a 65°C até peso constante, moída, e analisada quimicamente. As análises laboratoriais e de dados foram realizadas no Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. Os métodos utilizados para a determinação de N, P e K foram os descritos por Tedesco et al. (1985).

Em fevereiro, colheu-se a área útil da parcela, para determinar a produtividade do milho. O teor de umidade do grão variou de 18 a 22%, e os dados foram corrigidos para 14%.

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio da análise da variância, teste de Duncan a 5% de probabilidade, e correlação simples.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tremoço-branco foi a espécie que se destacou, tanto no rendimento de massa verde como de massa seca, atingindo níveis ao redor de 300% superiores aos obtidos com a colza (Tabela 1). A massa seca foi duas vezes superior à obtida por Muzilli (1986) no Paraná, o que evidencia a variação espacial e temporal que as espécies utilizadas como cobertura de solo apresentam.

Foi observado que todas as espécies apresentaram boa cobertura do solo, embora essa variável não tenha sido quantificada. Isso permitiu uma melhor proteção do solo contra a erosão, que é potencialmente acentuada na primavera. Para justificar essa preocupação, os dados obtidos no Centro de Treinamento da Cotrijuí em Augusto Pestana, RS, região próxima do presente trabalho,

mostram que na média de 20 anos, 51% da precipitação pluvial anual ocorre no período de agosto a novembro (Medeiros et al., 1984), coincidindo com a plantação das culturas de verão.

A fixação biológica de N pela simbiose leguminosa-rizóbio e sua incorporação ao sistema se refletiu em maior rendimento de grãos de milho, sendo que após tremoço-branco ela atingiu nível semelhante ao obtido no tratamento com 110 kg/ha de N, e 61 % superior à testemunha sem N (Tabela 2).

O tremoço pode fixar até 150 kg/ha de N (Baier, 1988), mas seu efeito sobre o rendimento de milho tem variado de acordo com a região e manejo. Em trabalho realizado por Kanthack et al. (1991) na região de Assis, SP, o tremoço supriu totalmente o N do milho, o que está de acordo com o resultado obtido neste experimento e com dados obtidos por Aita et al. (1994) na região de Santa Maria, RS, em que o rendimento de milho após tremoço foi semelhante ao obtido após pouso com 120 kg/ha de N. Entretanto, quando Muzilli et al. (1983), no Paraná, cultivaram milho após tremoço, o aumento no rendimento de grãos, em relação à testemunha sem cobertura no inverno foi de apenas 26%.

As demais espécies, com exceção da ervilha-forrageira, apresentaram menor absorção de N, justificando seus menores efeitos sobre o rendimento de milho. Embora a aveia-preta tenha acumulado na parte aérea quantidade de N próxima ao sincho e à ervilhaca, ela foi a espécie que pro-

TABELA 1. Rendimento médio de massa verde, massa seca e quantidades absorvidas de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O pela parte aérea das espécies de inverno. Tenente Portela, RS, 1993.

Espécies	Massa verde	Massa seca	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	t/ha	t/ha			
-----kg/ha-----					
Tremoço-branco	56,50 a	7,56 a	125 a	32 a	210 a
Ervilha-forrageira	25,40 b	4,95 b	125 a	38 a	128 bc
Ervilhaca comum	17,30 c	2,96 c	76 b	27 ab	121 bcd
Sincho	21,40 bc	2,92 bc	82 b	19 bc	110 cd
Colza	14,20 c	2,61 c	31 c	14 c	76 d
Aveia-preta	20,60 bc	5,71 bc	62 b	32 a	164 ab
CV (%)	18,50	21,8	22,9	28,8	22,6

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5 %.

**TABELA 2. Rendimento médio de grãos e massa seca, concentração e quantidade de N absorvida pela parte aérea do milho. Tenente Portela, RS, 1993.**

Tratamentos	Milho			Rend. de grãos	
	Massa seca	N	N		
	t/ha	%	kg/ha	kg/ha	Rel. perc.
Pousio + N	5,68 a	0,99 ab	56,2 a	5.415 a	168
Tremoço-branco	5,89 ab	0,90 a	53,0 a	5.178 a	161
Ervilha-forrageira	4,93 ab	0,82 bc	41,0 b	4.248 b	132
Ervilhaca comum	4,84 bc	0,77 bcd	37,5 bc	4.128 bc	128
Sincho	4,32 cd	0,81 bc	35,5 bc	4.000 bc	124
Colza	4,30 cd	0,71 cd	30,5 bcd	3.995 bcd	124
Pousio (testem.)	3,78 cd	0,64 d	30,0 cd	3.225 cd	100
Aveia-preta	3,42 d	0,64 d	22,0 d	2.925 d	91
CV (%)	13,7	11,3	17,9	15,1	

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

porcionou o menor rendimento de grãos de milho. O efeito depressivo da aveia-preta sobre o milho também foi observado por Muzilli et al. (1989) e Aita et al. (1994), e está ligado à elevada relação C/N da palha de aveia. Nessa condição, os micro-organismos do solo, ao utilizarem o carbono da palha para a biossíntese e como fonte de energia, imobilizam N mineral do solo, diminuindo sua disponibilidade para o milho.

Os dados obtidos por Aita et al. (1994), Kanthack et al. (1991), Medeiros et al. (1984) e Muzilli (1978) reforçam a necessidade de desenvolver experimentos regionais e buscar selecionar espécies de cobertura do solo adequadas às condições locais de clima e solo. Enquanto Aita et al. (1994) e Kanthack et al. (1991) não obtiveram resposta à aplicação de N em milho cultivado em sucessão ao tremoço, Medeiros et al. (1984) encontraram resposta à dose de 45 kg/ha de N em milho cultivado após tremoço-amarelo e trevo-vesiculoso, e Muzilli (1978) obteve rendimento de milho cultivado após tremoço inferior ao obtido, após serradela e vicia, indicando possível resposta à aplicação de N.

Outro fator importante que atua na determinação do rendimento da cultura cultivada em sucessão às espécies de cobertura de solo é a taxa de decomposição e conseqüente liberação do N absorvido. Em regiões com semelhantes condições

climáticas, esse processo está em função principalmente da relação C/N e da superfície de contato do resíduo com o solo. A relação C/N é característica de cada espécie, com pequenas variações, dependendo das condições do local de cultivo.

Heinzmann (1983) determinou o teor de N-nitrato no solo após o corte das espécies de inverno, e verificou que a mineralização e nitrificação do N nos resíduos de relação C/N < 25 ocorreu rapidamente, perdendo-se quantidades consideráveis de nitrato por lixiviação. Isso pode ter ocorrido com maior intensidade no tratamento com ervilha-forrageira, uma vez que, mesmo tendo acumulado quantidade de N semelhante ao tremoço, apresentou rendimento de milho inferior (Tabela 2). O conhecimento da relação C/N ajuda a definir a época de plantio da cultura comercial, para o melhor aproveitamento do N (Igue et al., 1984).

Como o solo possuía alto teor de K<sub>2</sub>O, não houve variação significativa da concentração no tecido e a absorção total pelas espécies de cobertura de solo variou de acordo com o rendimento de massa seca. O mesmo aconteceu com o P, apesar de seu nível ser baixo no solo (Tabela 1). Em função disso, não se observou correlação entre absorção total destes nutrientes pelas espécies, e rendimento de milho.

O rendimento de massa seca e a concentração e

absorção total de N pelo milho estiveram associados ao rendimento de grãos e ao suprimento de N pelas espécies de inverno (Tabela 2), o que confirma os efeitos benéficos da fixação biológica de leguminosas.

A eficiência da cobertura do solo no inverno sobre o rendimento de milho em sucessão depende das condições edafoclimáticas de cada região, do manejo do solo e do sistema de rotação de culturas utilizado. Um exemplo disso é o trabalho de Sarantonio & Scott (1988), que no primeiro ano obtiveram maior rendimento de milho cultivado após ervilhaca-peluda em plantio direto, em relação ao preparo convencional, enquanto no segundo ano o resultado foi inverso. Além disso, Muzilli et al. (1989) citam que um dos principais desafios está em estabelecer um esquema de uso das diferentes espécies que seja compatível com os sistemas típicos de cada região, e, se possível, nos limites de cada propriedade, levando-se em consideração os aspectos ligados ao clima, solo, infra-estrutura da propriedade e condições sócio-econômicas do agricultor.

### CONCLUSÕES

1. O rendimento de grãos de milho relacionou-se com a absorção total de N pelas espécies de inverno, o que demonstra ser o suprimento de N um dos principais benefícios das leguminosas utilizadas na cobertura de solo para o aumento do rendimento de grãos de milho.

2. As leguminosas foram capazes de suprir parcial ou totalmente as necessidades de N do milho, destacando-se o tremoço-branco, que proporcionou rendimento de milho semelhante ao obtido com a aplicação de 110 kg/ha de N-mineral e 61% superior ao da testemunha (sem N-mineral).

### AGRADECIMENTOS

À Associação dos Trabalhadores de Tenente Portela (ASTTEP), pela colaboração na condução do experimento, ao Sr. Gentil R. Pavinato pela cessão da área experimental, e ao Departamento

de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, pelo apoio e auxílio prestados.

### REFERÊNCIAS

- AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.1, p.101-108, 1994.
- ALLISON, F.E. Green manuring and related practices. In: ALLISON, F.E. *Soil organic matter and its role in crop production*. New York: Elsevier, 1973. Cap.22, p.445-460.
- BAIER, A.C. Tremoço. In: BALDANZI, E.; BAIER, A.C.; FLOSS, E.L.; MANARA, W.; MANARA, N.T.F.; VEIGA, P.; TARRAGO, M.F.S. *As lavouras de inverno-2*. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p.70-97.
- CALEGARI, A. *Adubação verde e rotação no sudoeste do Paraná*. Pato Branco: IAPAR, 1987. 16p.
- CORRÊA, O. *Adubos verdes: o tremoço (Lupinus sp.) e sua aplicação no melhoramento das terras*. Porto Alegre: Sec. de Estado dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio, 1939. 39p. (Boletim, 26).
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.7, p.761-773, Jul. 1985.
- FRYE, W.W.; SMITH, W.G.; WILLIAMS, R.J. Economics of winter cover crops as a source of nitrogen for no-till corn. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.40, n.2, p.246-249, 1985.
- HEINZMANN, F.X. *Mineralização dos resíduos das culturas de inverno e assimilação de nitrogênio pelas culturas de verão sob plantio direto*. Londrina: IAPAR, 1983. 18p.
- IGUE, K.; ALCOVER, M.; DERPSCH, R.; PAVAN, M.A.; MELLA, S.C.; MEDEIROS, G.B. *Adubação orgânica*. Londrina: IAPAR, 1984. 18p. (Informe da Pesquisa, 59).
- JANZEN, H.N.; BOLE, J.B.; BIEDERBECK, V.O.; SLINKARD, A.E. Fate of N applied as green ma-

- nure or ammonium fertilizer to soil subsequently cropped with spring wheat at three sites in western Canada. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, n.70, p.313-323, Aug. 1990.
- KANTHACK, R.A.D.; MASCARENHAS, O.M. de C.; TANAKA, R.T. Nitrogênio aplicado em cobertura no milho após tremoço. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.99-104, Jan. 1991.
- MEDEIROS, R.B.; DHEIN, R.A.; VIAU, L.V.M.; ZAMBRA, J.E. G.; COLOMBO, W.; ANTONINI, A. Pesquisas em adubação verde e conservação do solo no centro de treinamento da COTRIJUI. In: ADUBAÇÃO VERDE NO BRASIL, 1983, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.292-309.
- MUZILLI, O. A adubação verde como alternativa para a melhoria da fertilidade do solo e racionalização do uso de fertilizantes. Londrina: IAPAR, 1986. 16p. (Informe de Pesquisa, 68).
- MUZILLI, O. O manejo da fertilidade do solo: a prática de adubação verde. In: MANUAL AGROPECUÁRIO PARA O PARANÁ. Londrina: IAPAR, 1978. v.2, p.57-58.
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; CALEGARI, A. Economia de nitrogênio pela adubação verde. In: MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; CALEGARI, A. **Adubação do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989.
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C.; TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná: III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.1, p.23-27, Jan.1983.
- SARRANTONIO, M.; SCOTT, T.W. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. **Soil Science Society of America, Journal**, Madison, n.52, p.1661-1668, 1988.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outras matérias**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1985. 118p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- UTOMO, M.; FRYE, W.W.; BLEVINS, R.L. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. **Agronomy Journal**, v.82, p.979-983, 1990.