

RESÍDUOS CULTURAIS DE INVERNO E ASSIMILAÇÃO DE NITROGÊNIO POR CULTURAS DE VERÃO¹

FRANZ X. HEINZMANN²

RESUMO - O efeito de coberturas verdes de inverno (*Lupinus albus* L., *Vicia villosa* Roth, *Avena strigosa* Schieb. e *Raphanus sativus* L.), trigo e pousio sobre o teor de nitrato no solo e assimilação de N pelas culturas posteriores de feijão, soja e milho foi estudado em um Latossolo Roxo distrófico. Após oito semanas do corte das coberturas verdes de inverno, os teores de N-NO_3^- no solo variaram de 18 a 149 kg/ha nos tratamentos com pousio e *Raphanus sativus*, respectivamente. Nas condições do experimento foram observados deslocamentos de nitrato até a profundidade de 60 cm - 90 cm. A relação entre o teor de nitrato no solo e o N total no produto colhido foi significativo apenas para o milho. Os resultados mostraram que o plantio do milho, feijão ou soja deve ser realizado logo após o corte da cobertura verde de inverno desde que outros fatores agrônômicos permitam. Uma relação C/N dos resíduos de coberturas verdes de inverno de 23-24 mostrou ser adequada para o milho, proporcionando uma mineralização uniforme do N. Para as leguminosas, a relação C/N dos resíduos deve ser superior a 25 para se obter uma cobertura morta estável, com condições favoráveis à formação e função dos nódulos.

Termos para indexação: *Lupinus albus*, *Vicia villosa*, *Avena strigosa*, *Raphanus sativus*, *Triticum aestivum*, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Glycine max*, nutrição de plantas, adubação, nitrogênio.

WINTER CROP RESIDUES AND N ASSIMILATION BY SUMMER CROPS

ABSTRACT - The effect of winter cover crops (*Lupinus albus* L., *Vicia villosa* Roth, *Avena strigosa* Schieb. and *Raphanus sativus* L.), wheat and fallow on the nitrate content of the soil and N assimilation in following crops of beans, soybeans and corn was studied on an Oxisol. Eight weeks after cutting the winter cover crops, NO_3^- -N content of the soil varied from 18 to 149 kg/ha for the fallow and *Raphanus sativus* treatments, respectively. Under trial conditions nitrate movement to a depth of 60 cm - 90 cm was observed. The relationship between the nitrate content of the soil and the total N in harvested crops was significant for corn only. The results showed that if other agronomic factors permit corn, beans or soybeans should be planted as soon as possible after cutting the winter cover crops. A C/N ratio of winter cover crops residues of about 23-24 was shown to be adequate for corn resulting in a uniform mineralization of N. For leguminous crops, the C/N ratio should be greater than 25 in order to produce a stable mulch cover, and favourable conditions for nodule formation and function.

Index terms: *Lupinus albus*, *Vicia villosa*, *Avena strigosa*, *Raphanus sativus*, *Triticum aestivum*, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Glycine max*, plant nutrition, fertilization, nitrogen.

INTRODUÇÃO

As perdas de solo por erosão podem ser minimizadas, usando-se o sistema de plantio direto associado com cobertura contínua da superfície do solo (Lal 1975, Triplett Junior et al. 1968, Wilson 1978). Para as condições climáticas do norte do Paraná, a proteção do solo pode ser obtida

da no período de inverno através de coberturas verdes e, posteriormente no início do verão, pela cobertura morta composta pelos resíduos vegetais resultantes desta prática agrônômica. Além da proteção do solo, outra função importante das coberturas verdes reside na reciclagem de nutrientes, principalmente do nitrogênio, e/ou na fixação simbiótica de N_2 , no caso das leguminosas.

O objetivo do presente trabalho foi o de obter dados sobre a dinâmica das reações de mineralização do N componente dos resíduos vegetais nas condições edafoclimáticas do norte do Paraná, e dados sobre o aproveitamento do nitrato do solo pelas culturas de inverno e de verão (leguminosas e não leguminosas) no sistema de plantio direto.

¹ Aceito para publicação em 28 de junho de 1985. Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Curitiba, 17 a 24 de julho de 1983.

² Eng. - Agr., Ph.D., Fundação Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Sociedade Alemã de Cooperação Técnica (GTZ), Caixa Postal 1331, CEP 86100 Londrina, PR.

Essas informações são indispensáveis para o manejo adequado da adubação nitrogenada visando melhorar a eficiência da utilização do N pelas culturas e diminuir as perdas de nitrato por lixiviação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um ensaio no campo experimental da Fundação Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), em Londrina, para avaliar o efeito das espécies de plantas utilizadas como cobertura verde de inverno, trigo e pousio, sobre o rendimento das culturas de verão: feijão, milho e soja. Os detalhes dos tratamentos e práticas culturais realizados durante a condução do experimento estão contidos no trabalho de Derpsch et al. (1984).

Os estudos da dinâmica das reações de mineralização do N, realizados no presente trabalho, foram conduzidos apenas nos tratamentos com as espécies de cobertura verde de inverno: tremoço branco (*Lupinus albus*, L. "comum"), ervilhaca-peluda (*Vicia villosa*, Roth. "Ostsaaat"), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*, L. var. *oleiferus* Metzg. "siletina"), aveia-preta (*Avena strigosa*, Schieb. "comum"), trigo (*Triticum aestivum*, L. "mitacoré") e pousio, seguidos pelas culturas de verão: feijão (*Phaseolus vulgaris*, L. "carioca"), milho (*Zea mays*, L. "pioneer 6872") e soja (*Glycine max.* (Merr.) L. "bossier").

Determinação do N total e carbono nos tecidos das plantas

As avaliações do N total da parte aérea das plantas foram efetuadas na época da colheita das culturas de inverno e verão, e uma vez durante o período vegetativo, apenas nas culturas de verão: feijão em 22.11.82, milho em 26.11.82 e soja em 16.12.82.

As avaliações do sistema radicular das plantas utilizadas nos tratamentos de inverno foram realizadas através de coletas de blocos de solo contendo 20 cm x 20 cm x 30 cm amostrados em 16.8.82 nas profundidades de 0 cm - 30 cm, 30 cm - 60 cm e 60 cm - 90 cm. As amostras foram transferidas para o laboratório, e as raízes presentes em cada bloco de solo foram separadas através de lavagens sucessivas com água, utilizando-se peneiras apropriadas. A seguir, determinou-se a matéria seca livre da cinza, de acordo com a metodologia descrita por Boehm (1979), N total por destilação Kjeldahl e carbono pelo método de Walkley-Black.

Mineralização do N

Para as condições do presente estudo, as avaliações do N mineral do solo concentraram-se na determinação exclusivamente do NO_3^- , em face dos insignificantes teores de NH_4^+ e NO_2^- observados preliminarmente. Este fato foi explicado por Alexander (1965) e Broadbent (1968). Em solos bem aerados e com condições favoráveis de temperatura e umidade — condições que prevaleceram duran-

te a condução do presente experimento —, os íons NH_4^+ formados são rapidamente convertidos em NO_3^- . Heinzmann et al. (1984) demonstraram que os teores de NO_2^- nos solos ácidos e bem aerados do Paraná são também extremamente baixos, podendo ser desprezados para os cálculos do N mineral desses solos.

Quatro a cinco amostras simples de solo foram coletadas em intervalos de três a cinco semanas, durante o período de 17.08.82 a 12.04.83, nas profundidades de 0 cm - 30 cm, 30 cm - 60 cm e 60 cm - 90 cm na área central de cada parcela, obedecendo, no mínimo, a um intervalo de 1 m das margens. Esta operação foi realizada com o auxílio de um trado tipo "meia-lua". As amostras de solo coletadas no campo foram imediatamente transferidas para o laboratório e armazenadas em geladeira à temperatura entre 0°C a 3°C; o nitrato do solo foi extraído com uma solução de CaCl_2 0,025N e determinado por espectrofotometria de absorção ultravioleta a 210 nm (Heinzmann et al. 1984).

Dados sobre as condições climáticas que prevaleceram durante todo o período do experimento são apresentados na Tabela 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resíduos vegetais das culturas de inverno

As quantidades de N total nas raízes e parte aérea das plantas utilizadas como coberturas verdes de inverno, e nas raízes e palha do trigo, bem como, as respectivas relações C/N, são apresentadas na Tabela 2. Para as espécies utilizadas como cobertura verde de inverno, o maior e o menor teor de N total foram observados nos resíduos de aveia-preta e ervilhaca-peluda, respectivamente.

Entretanto, deve-se considerar que esses resultados foram obtidos em apenas um ano, e somente em uma localidade, permitindo apenas conclusões de caráter qualitativo, resguardando-se os aspectos quantitativos. Para obter resultados detalhados tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo sobre a aptidão dessas culturas de inverno em sistema de rotação com as de verão (soja, milho e feijão), faz-se necessário maior número de experimentos, em diferentes condições edafoclimáticas e práticas culturais (manejo de solo, adubações, data de plantio e de corte etc.).

A menor relação C/N foi determinada nos resíduos vegetais da ervilhaca-peluda (15); e a mais elevada, nos resíduos de aveia e trigo (28 e 38, respec-

TABELA 1. Condições climáticas durante a condução do experimento.

Parâmetros climáticos	Meses											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
	1982						1983					
Precipitação mm	0,0	0,0	2,0	79,9	27,1	3,1	65,2	127,5	87,2	56,4	20,8	202,4
	25,5	1,7	151,2	71,3	9,6	9,0	52,6	48,6	148,9	130,6	9,7	79,6
	0,0	57,0	105,8	3,8	0,0	9,5	33,9	137,0	122,6	51,4	37,1	9,6
Total mensal	25,5	58,7	259,0	155,0	36,7	21,6	151,7	313,1	358,7	238,4	67,6	291,6
Média mensal	20,3	17,9	17,7	17,2	19,0	20,6	21,3	22,8	21,9	24,1	23,1	22,3
Média das máximas	26,8	24,5	23,1	23,3	24,4	27,2	27,3	28,7	27,0	29,5	26,0	28,1
Média das mínimas	15,1	12,4	13,4	12,4	14,0	14,6	16,4	18,6	18,1	20,1	21,3	17,8
Máxima absoluta	30,6	29,6	28,6	28,1	30,3	32,2	32,0	33,0	30,8	31,2	33,7	32,2
Mínima absoluta	12,7	7,0	9,9	5,6	8,1	9,2	8,3	15,7	12,5	17,9	17,2	13,8
Umidade relativa %	69,5	67,0	82,5	77,2	74,5	60,6	72,5	78,8	78,8	80,2	93	77,6

tivamente). As relações C/N nos resíduos de aveia e trigo podem ser considerados como elevados para a completa mobilização do nitrogênio (Alexander 1965).

Evolução do nitrato no solo

A quantidade de N total nas raízes das culturas de inverno em 17.08.82 e a evolução dos teores de nitrato no solo no período de 17.08.82 a 26.10.82 nas profundidades de 0 cm - 30 cm, 30 cm - 60 cm e 60 cm - 90 cm são apresentados na Fig. 1. O aproveitamento do nitrato do solo durante o inverno pelas culturas de trevoço e ervilhaca, especialmente a 60 cm - 90 cm de profundidade, foi menor do que pelo nabo-forrageiro e aveia-preta. No caso do nabo, os teores de nitrato no solo foram maiores no dia de corte do que no início do experimento.

O aumento considerável do NO_3^- na camada de 60 cm - 90 cm de profundidade após o corte do nabo e da aveia pode ser explicado pela lixiviação de nitrato das camadas superiores. Provavelmente, nesta profundidade, a mineralização do N da matéria orgânica do solo e o das raízes das culturas de inverno (0,3 a 1,2 kg/ha) contribuíram muito pouco para o NO_3^- -N encontrado.

Em relação à lixiviação do nitrato, é importante observar que, nos períodos de 03.09.82 a 05.10.82 e de 05.10.82 a 26.10.82, foram registradas precipitações de 22 mm e 150 mm, respectivamente, as quais são inferiores às médias dos últimos 30 anos para os mesmos períodos na região de Londrina (Fundação Instituto Agrônomo do Paraná 1978).

A Fig. 2 mostra a utilização do nitrato nas camadas de 0 cm - 30 cm, 30 cm - 60 cm e 60 cm - 90 cm de profundidade, pelas culturas de feijão, milho e soja, durante o período de maior exigência do nitrogênio. Os resultados dessas determinações sugerem que nas condições do experimento o limite de esgotamento do nitrato pelas culturas foi de 20 - 30 kg/ha na profundidade de 0 cm - 90 cm e de 6 - 10 kg/ha na de 0 cm - 30 cm. Enquanto para o milho os teores de nitrato nas três camadas de solo chegaram próximo ao limite de esgotamento em todos os tratamentos de inverno, para o feijão este fato foi observado somente após aveia e trigo. Para o feijão e soja após nabo,

TABELA 2. Quantidades de N total e relação C/N nos resíduos das culturas de inverno.

Culturas de inverno	N total (kg/ha)			Relação C/N	
	Raízes	P. aérea	Total	Raízes	P. aérea
Tremoço-branco	33	57	90	20	23
Ervilhaca-peluda	27	34	61	16	15
Aveia-preta	50	97	147	31	28
Trigo	24	23*	47	26	38
Nabo-forrageiro	34	101	135	20	21

* N total determinado apenas na palha.

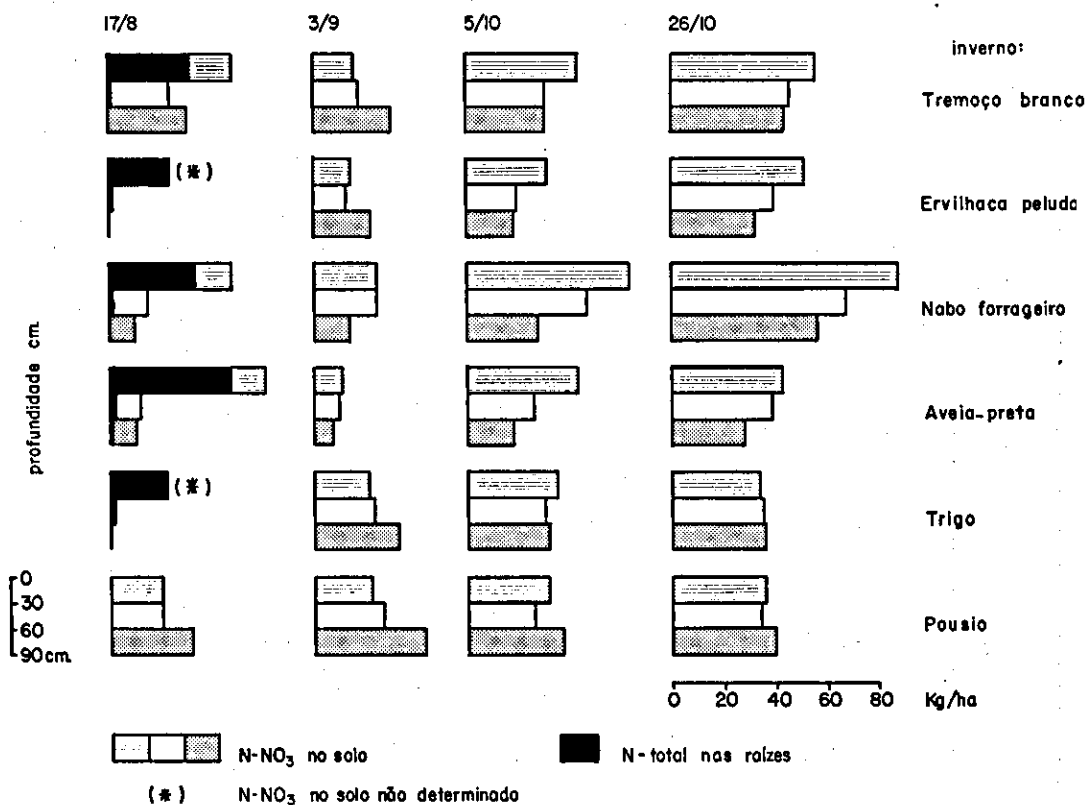


FIG. 1. N total nas raízes das culturas de inverno e NO₃-N no solo na profundidade de 0 cm - 90 cm.

tremoço e ervilhaca, foram determinados teores de nitrato bem acima do limite de esgotamento, em todas as fases de crescimento.

A Fig. 3 mostra a evolução dos teores de NO₃-N no solo na profundidade de 0 cm - 90 cm, no período compreendido entre o corte das coberturas verdes até o início do plantio das mesmas no ano seguinte. Durante os primeiros 54 dias após o

corde, os teores de NO₃-N no solo apresentaram um aumento, nos tratamentos, com nabo, de 149 kg/ha; com temoço e aveia, de 81 kg/ha; e com ervilhaca e trigo, de 74 e 28 kg/ha, respectivamente.

As diferenças entre o aumento no teor de NO₃-N observado nos vários tratamentos de cobertura verde de inverno com o aumento de

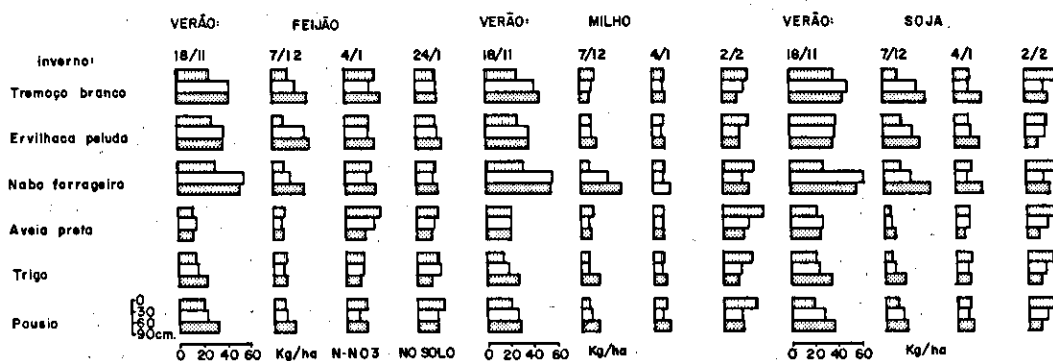


FIG. 2. Esgotamento do nitrato no solo nas camadas de 0 cm - 30 cm, 30 cm - 60 cm e 60 cm - 90 cm de profundidade pelas culturas de verão (feijão, milho e soja).

18 kg/ha verificado no tratamento com pousio, corresponderam a 104%, 97%, 70%, 43% e 21% do N encontrado nos resíduos de Ervilhaca, Nabo, Tremoço, Aveia e Trigo, respectivamente. Considerando-se que os resíduos não incorporados ao solo ainda não foram completamente decompostos, houve pelo menos, nos tratamentos com ervilhaca e nabo, uma mineralização mais alta do N de outras fontes em relação ao tratamento com pousio. Provavelmente, este fato pode ser atribuído à utilização do carbono das raízes das coberturas verdes pelos microorganismos heterotróficos como fonte de energia.

É importante mencionar que para o murcharamento da ervilhaca foi necessário pulverização com herbicidas (2,0 l/ha de Round-up) em 01.10.82, por causa do desenvolvimento rasteiro da cultura, o qual dificultava um bom trabalho da roçadeira. Este fato poderia explicar a mineralização retardada dos resíduos da ervilhaca apesar da baixa relação C/N.

Especialmente para o milho e soja, foi observado um aumento do teor de nitrato no solo a algumas semanas antes da colheita. Após a colheita da soja, foram obtidos, nos tratamentos de inverno, exceto com ervilhaca, teores mais elevados de nitrato no solo. Após as colheitas do milho e feijão (12.04.83) os teores de nitrato no solo encontravam-se em declínio, por causa da menor quantidade de resíduos e a alta relação C/N.

A Tabela 3 mostra os graus de significância e as diferenças mínimas significativas ao nível de 5%

com relação ao teor de nitrato no solo, a 0 cm - 90 cm de profundidade, para as várias causas de variação, a partir do dia do corte das coberturas verdes. As diferenças significativas observadas inicialmente entre os blocos desapareceram no final do período estudado. As diferenças significativas nos teores de nitrato no solo entre as culturas de verão foram observadas apenas a partir de 18.11.82, ou seja de 45 e 33 dias após o plantio dessas culturas.

Em 24.01.83, foram realizadas amostragens de solo na camada de 0 cm - 180 cm de profundidade nas parcelas com feijão; e em 12.04.83, em todos os tratamentos com as culturas de verão (Fig. 4). Comparações entre resultados obtidos nas duas datas de amostragem nos tratamentos com feijão mostraram perdas de nitrato por lixiviação além de 90 cm de profundidade. A rotação aveia-feijão proporcionou a maior diminuição no teor de nitrato entre 0 cm - 90 cm e o maior aumento entre 90 cm - 180 cm de profundidade. Neste tratamento, foi observado a menor infestação de ervas daninhas. Na rotação tremoço-feijão, o teor de nitrato a 0 cm - 90 cm de profundidade apresentou pouca variação no período de 24.01.83 a 12.04.83, apesar de alta infestação de ervas daninhas. Este resultado sugere um efeito persistente da cultura de tremoço sobre a liberação de nitrato. Em 12.04.83, observou-se, após a soja, em todos os tratamentos de inverno, teores de nitrato no solo mais elevados do que após milho e feijão.

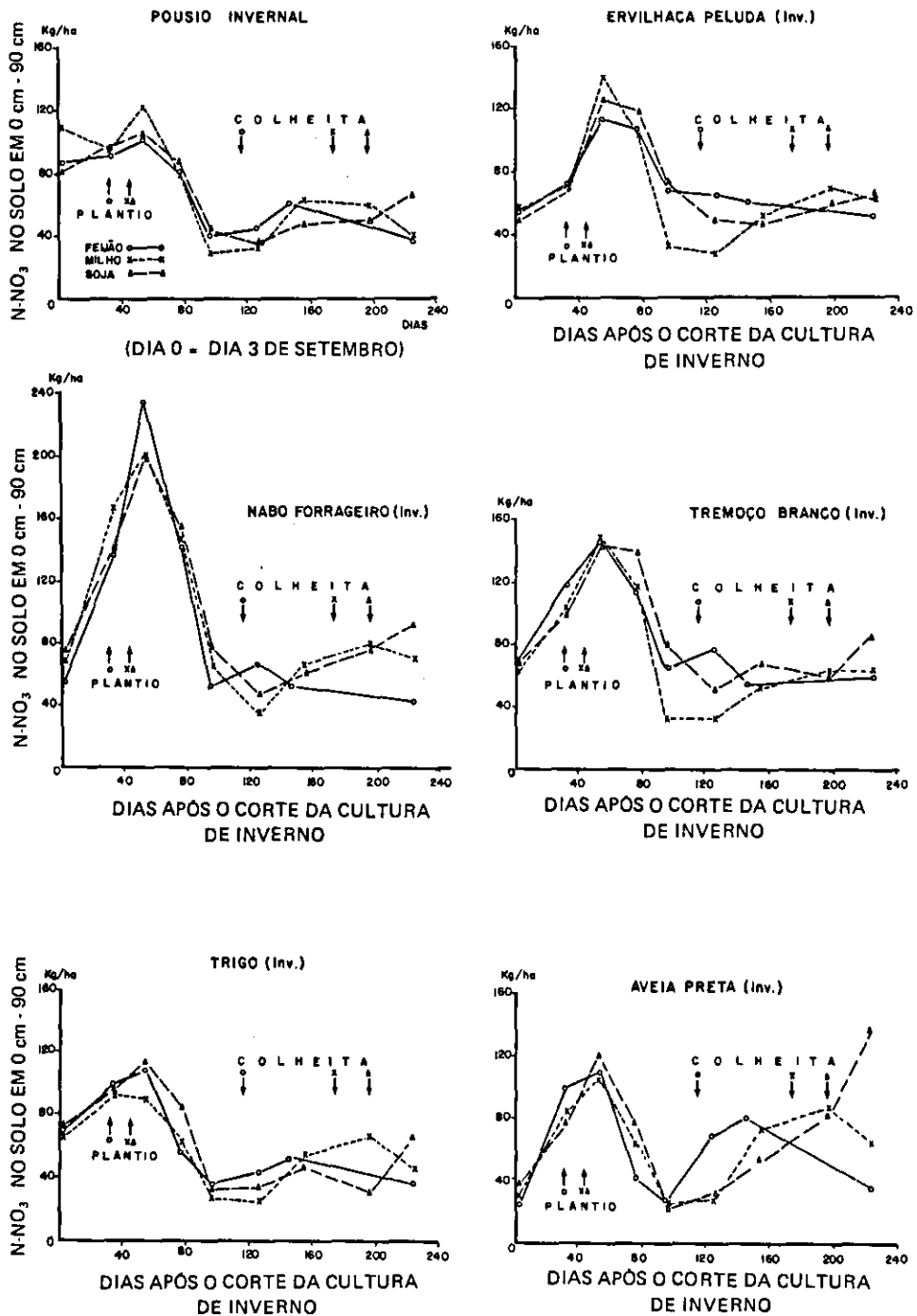


FIG. 3. Evolução do teor de nitrato no solo a 0 cm - 90 cm de profundidade com as culturas de feijão, milho e soja após coberturas verdes de inverno e pousio.

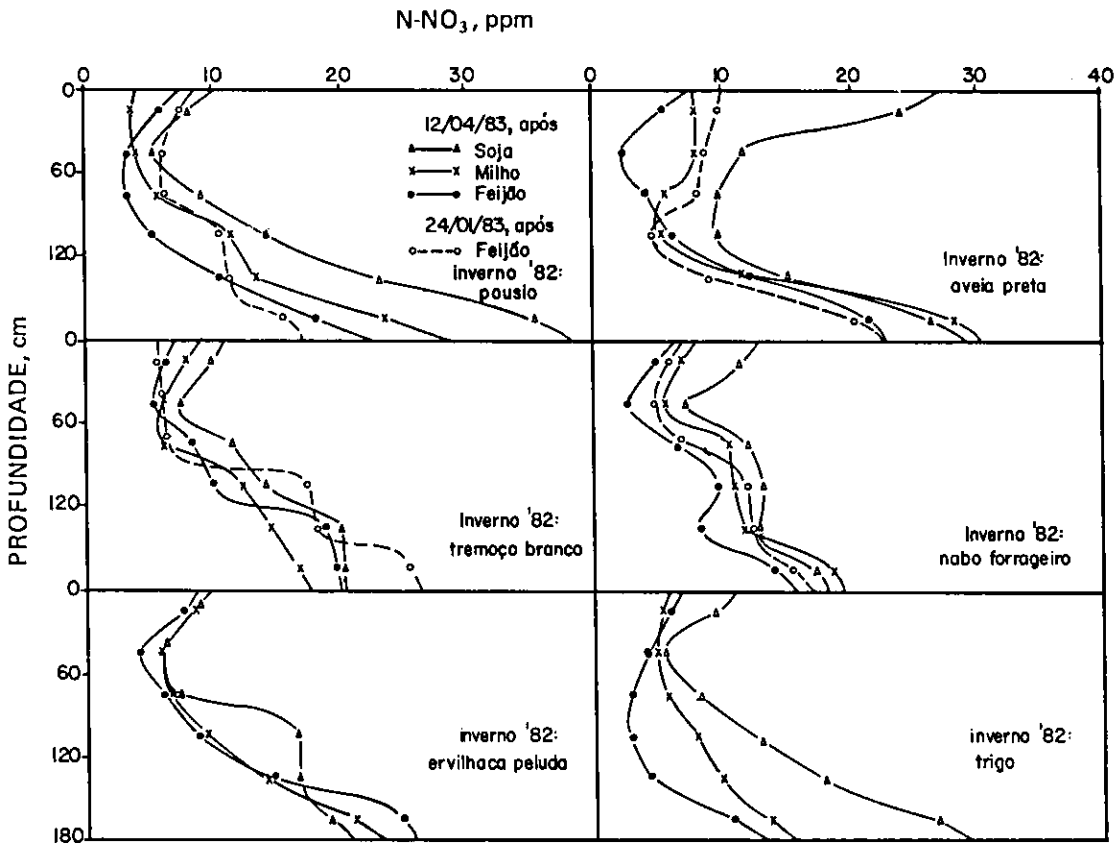


FIG. 4. Teores de NO₃-N no solo a 0 cm - 180 cm de profundidade após a colheita das culturas de verão (feijão, milho e soja), plantadas após as coberturas de inverno e pousio.

Assimilação de N pelas culturas de verão

As quantidades de N total na parte aérea das três culturas de verão no período vegetativo, e nos grãos no dia da colheita, são ilustradas na Fig. 5. Para elucidar o efeito das culturas de inverno e de verão sobre o suprimento de nitrogênio, foram representados os teores de nitrato no solo a 0 cm - 90 cm de profundidade no dia 12.04.83. Para o feijão e soja, nos vários tratamentos inverniais, as quantidades de N total na parte aérea em 22.11.82 e 16.12.82, respectivamente, correlacionaram-se positivamente com as quantidades de N total nos grãos dessas culturas no dia da colheita. Nota-se, também, uma relação positiva entre os valores de N total nos grãos da soja, no dia da colheita, com os valores de nitrato no solo em 12.04.83.

Uma correlação positiva entre o N total nos grãos e o teor de nitrato no solo, determinado quatro semanas após a colheita, foi também evidente para a cultura de feijão. A mesma correlação não foi observada para o feijão quando o nitrato do solo foi determinado em 12.04.83.

Apesar das marcantes diferenças nos teores de nitrato no solo, inicialmente o milho absorveu aproximadamente a mesma quantidade de nitrogênio após as várias culturas de inverno. As quantidades de N total obtidas nos grãos do milho no dia da colheita mostraram claramente um suprimento insuficiente de N após as culturas de inverno que apresentavam alta relação C/N (trigo e aveia-preta).

De modo geral, o rendimento de N na cultura de soja foi superior em comparação com o milho. Este fato não se deu por uma absorção mais inten-

T r a t a m e n t o s

inverno:

- 1 Tremoço branco
- 2 Ervilhaca peluda
- 3 Aveia preta
- 4 Trigo
- 5 Nabo forrageiro
- 6 Pousio

verão:

- F Feijão
- M Milho
- S Soja

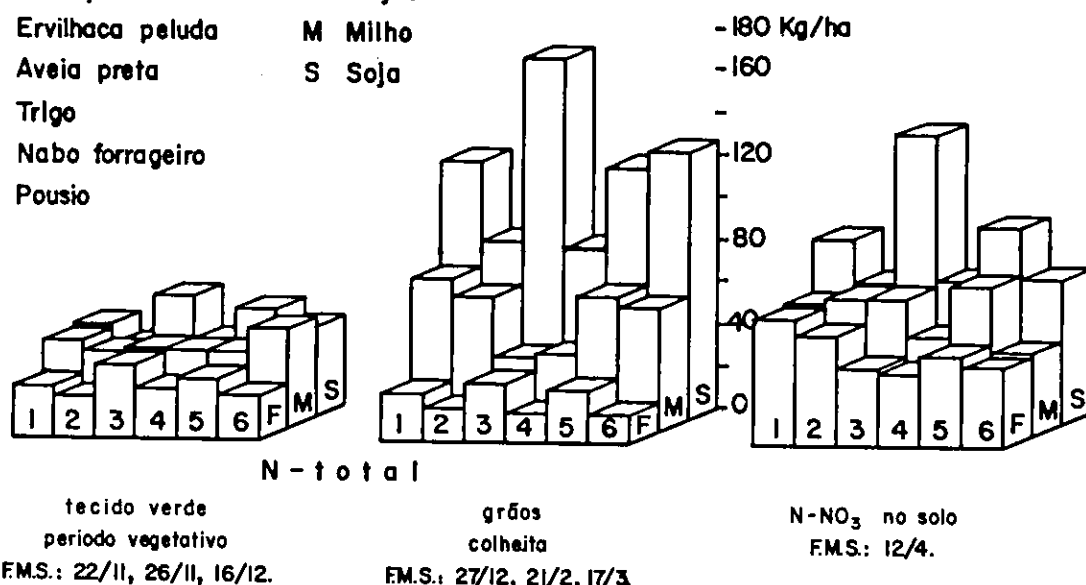


FIG. 5. Assimilação de N pelas culturas de verão (feijão, milho e soja) e teores de NO₃-N no solo na profundidade de 0 cm - 90 cm no início da época de plantio das culturas de inverno.

sa de nitrato das camadas mais profundas (Fig. 4), mas, evidentemente, por uma fixação simbiótica considerável de N₂:

Como era esperado, os teores percentuais mais elevados de N total na parte aérea das culturas de feijão, milho e soja, no período vegetativo, foram determinados após nabo e tremoço, os quais proporcionaram os mais altos teores de nitrato no solo (Tabela 4). Diferenças estatisticamente significativas no teor percentual de N total entre os tratamentos foram encontradas somente para grãos de milho na maturidade após nabo e tremoço. Entretanto, concentrações de N total nos grãos de milho (1,03% a 1,22%) foram inferiores às observadas nos grãos de soja (6,42% a 6,73%). Os teores percentuais de N total nos tecidos verdes e nos grãos das culturas de verão foram mais baixos na rotação com trigo.

A Tabela 5 mostra os coeficientes de correlação entre a quantidade de N total no produto colhido das culturas de verão e os teores de nitrato no solo na profundidade de 0 cm - 90 cm em 26.10.82 e

18.11.82. Apenas para a cultura do milho foi possível demonstrar uma relação positiva e estatisticamente significativa. No caso da soja, foram calculados coeficientes negativos de correlação, entretanto não significativos.

Os resultados apresentados na Tabela 4 sugerem que, para a soja, as coberturas verdes de inverno devem ser utilizadas não com a finalidade de fornecer N, mas para criar condições favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular, à formação dos nódulos das raízes, e portanto, à fixação simbiótica de N₂. Especificamente para a soja, as coberturas verdes de inverno devem apresentar uma cobertura morta estável (C/N > 25), contribuir para melhorar a estrutura do solo pelo sistema radicular, diminuir as amplitudes de temperatura das camadas superficiais do solo (Lindemann & Ham 1979, Munévar & Wollum 1981) e aumentar a retenção de água. Para as condições edafoclimáticas do presente estudo, onde a soja mostrou alta capacidade para fixação de N₂, não se recomendaria adubação nitrogenada.

TABELA 3. Níveis de significância e diferenças mínimas significativas (dms) ao nível de 5% de nitrato no solo em 0 cm - 90 cm de profundidade para as causas de variação bloco, culturas de inverno (CuI), cultura de verão (CuV) e interação CuI x CuV.

Causa de variação	Data de amostragem								
	3/9/82	5/10/82	26/10/82	18/11/82	7/12/82	4/1/83	24/1/83	10/3/83	12/4/83
bloco	*	*	**	***	ns	*	**	ns	ns
CuI	***	***	***	***	***	***	*	*	**
CuV	ns	ns	ns	***	***	***	ns	*	***
CuI x CuV	ns	ns	ns	ns	***	*	ns	ns	**
Blocos	14,6	15,9	8,1	8,4	ns	6,1	7,6	ns	ns
CuI	18,9	22,5	11,6	11,9	10,2	8,6	10,8	20,0	16,3
CuV	ns	ns	ns	8,4	7,2	6,1	ns	11,6	11,5
CuI x CuV	ns	ns	ns	ns	17,6	14,9	ns	ns	28,2

ns = não-significante;

* significante ao nível de 5%;

** significante ao nível de 1%;

*** significante ao nível de 0,1%.

TABELA 4. Percentagem de N total na matéria seca dos tecidos verdes no período vegetativo e nos grãos das culturas de feijão, milho e soja.

Tratamento de inverno	N total na matéria seca (%)					
	Tecidos verdes			Grãos		
	Feijão	Milho	Soja	Feijão	Milho	Soja
Tremoço-branco	3,76	2,13	2,57	3,89	1,22	6,66
Ervilhaca-peluda	3,58	1,80	2,11	3,62	1,18	6,64
Aveia-preta	3,41	1,80	2,46	3,79	1,13	6,65
Trigo	3,41	1,75	2,09	3,41	1,03	6,42
Nabo-forrageiro	3,73	2,13	2,74	3,56	1,22	6,65
Pousio	3,64	1,94	2,13	3,62	1,19	6,73
dms 5%	0,10	.

TABELA 5. Coeficiente de correlação entre o nitrato no solo a 0 cm - 90 cm de profundidade e o N total no produto colhido das culturas de milho, soja e feijão.

Data de amostragem do nitrato no solo	N total no produto colhido das culturas		
	Milho	Soja	Feijão
26.10.82	0,63**	-0,08 ns	0,30 ns
18.11.82	0,67**	-0,27 ns	0,27 ns

** significativo ao nível de 1%;

ns = não significativo.

CONCLUSÕES

1. As coberturas verdes de inverno não leguminosas podem deixar nos resíduos quantidades de N total iguais ou superiores às leguminosas.

2. A mineralização do N nos resíduos com relação C/N < 25, foi relativamente rápida, mesmo sem incorporação no solo. Neste caso, as perdas de nitrato por lixiviação podem ser consideráveis quando altas quantidades de resíduos vegetais são deixados sobre o solo.

3. Para resíduos com relação C/N < 25, o período entre o corte da cobertura verde de inverno e o plantio da cultura de verão deve ser realizado o mais breve possível, desde que os outros fatores agronômicos permitam.

4. Para as culturas não leguminosas utilizadas na rotação de verão, os resíduos das coberturas verdes de inverno devem apresentar a relação C/N em torno de 23-24, com a finalidade de se obter uma mineralização uniforme do N. Para as culturas leguminosas de verão, a relação C/N dos resíduos das coberturas verdes de inverno deve ser superior a 25 com o objetivo de se obter uma cobertura morta estável e criar condições favoráveis à fixação simbiótica de N₂.

5. Para os cálculos das perdas de nitrato por lixiviação em solos profundos com alta permeabili-

dade, recomenda-se realizar amostragens no perfil do solo a uma profundidade de 0 cm a 150 cm - 200 cm.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Dr. Marcos A. Pavan pelas sugestões e revisão do trabalho e ao Técnico Agrícola Alípio Rocha Menezes pela colaboração prestada na condução dos experimentos, assim como à Sra. Ma. Cristina L. Barros pelo trabalho de datilografia.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. Nitrification. In: BARTHOLOMEW, W.F. & CLARK, F.E., eds. Soil nitrogen. Madison, Am. Soc. Agron., 1965. p.307-43.
- BOEHM, W. Methods of studying root systems. Berlin, Springer Verlag, 1979. 188p.
- BROADBENT, F.E. Turnover of nitrogen in soil organic matter. Pontif. Acad. Sci. Scr. Varia, 32:61-88, 1968.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. & HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. Pesq. agropec. bras., Brasília, 20(7):761-73, 1985.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, PR. Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná. Londrina, IAPAR, 1978. 41p.
- HEINZMANN, F.X.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. Determinação de nitrato em extratos de solos ácidos por espectrofotometria de absorção ultravioleta. R. bras. Ci. Solo., Campinas, 8(1):159-63, 1984.
- LAL, R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. Ibadan, IITA, 1975. 38p. (Bull., 1).
- LINDEMANN, W.A. & HAM, G.E. Soybean plant growth, nodulation and nitrogen fixation as affected by root temperature. J. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 43: 1134-7, 1979.
- MUNÉVAR, F. & WOLLUM, A.G. Effect of high root temperatures and Rhizobium strain on nodulation, nitrogen fixation and growth of soybeans. J. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 45:1113-20, 1981.
- TRIPLETT JUNIOR, G.B.; DOREN JUNIOR, D.M. van & SCHMIDT, B.L. Effect of corn (*Zea mays* L.) stover mulch on no-tillage corn yield and water infiltration. Agron. J., Madison, 60: 236-9, 1968.
- WILSON, G.F. Potential for no-tillage in vegetable production in the tropics. Acta Hort., The Hague, 84:33-51, 1978.