

RENDIMENTO DE MILHO EM ÁREA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB O SISTEMA PLANTIO DIRETO, EM PRESENÇA E AUSÊNCIA DE TREVO BRANCO, PASTEJO E NITROGÊNIO⁽¹⁾

T. S. ASSMANN⁽²⁾, P. RONZELLI JÚNIOR⁽³⁾, A. MORAES⁽³⁾,
A. L. ASSMANN⁽⁴⁾, H. S. KOEHLER⁽³⁾ & I. SANDINI⁽⁵⁾

RESUMO

O trabalho experimental foi realizado no campo, na Estação Experimental da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), em Guarapuava (PR), Brasil, nos anos agrícolas de 1999 e 2000, com o objetivo de verificar a influência da adubação nitrogenada residual na cultura do milho, em Sistema Plantio Direto, cultivado em seqüência, em áreas que no inverno tinham presença e ausência de trevo branco e de animais em pastejo. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas. No inverno, nas parcelas, foram aplicados quatro doses de nitrogênio (N-TI = 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N) e, nas subparcelas, a combinação de presença e ausência de trevo branco e de pastejo (CT = com trevo; ST = sem trevo; CP = com pastejo e SP = sem pastejo). No verão, em cada subparcela proveniente do inverno, foram aplicadas cinco doses de N (N-TV = 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de N), em cobertura, e cultivado o milho. A máxima eficiência técnica de rebrote da cultura de inverno, avaliada dezoito dias após a retirada dos animais, foi obtida com a aplicação de 231 kg ha⁻¹ de N (N-TI). As áreas CP/N-TI apresentaram maiores produtividades do milho que as áreas SP; contudo, estes resultados não foram estatisticamente significativos. As áreas sem N-TI produziram mais milho em subparcelas SP. As parcelas que receberam 300 kg ha⁻¹ de N N-TI não mostraram resposta do milho ao N-TV, comprovando o efeito residual do N-TI. Conclui-se que a interação entre pastejo e N-TI contribui para a nutrição nitrogenada da cultura do milho.

Termos de indexação: rotação de culturas, pastagem anual, aveia, azevém, nitrato, nitrogênio mineral.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado apresentada pela primeira autora ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná – UFPR. Financiada pelo CNPq. Recebido para publicação em abril de 2002 e aprovada em abril de 2003.

⁽²⁾ Professora Adjunta do Departamento de Agronomia de Centro Federal de Educação Tecnológico – CEFET. Caixa Postal 571, CEP 85503-390 Pato Branco (PR). E-mail: tangri@mail.crea-pr.org.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná – UFPR. Rua dos Funcionários 1540, CEP 80035-050 Curitiba (PR). Bolsista do CNPq. E-mail: prjmack@mackenzie.com.br; anibalm@agrarias.ufpr.br; koehler@agrarias.ufpr.br

⁽⁴⁾ Pesquisador do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Caixa Postal 510, CEP 85505-970 Pato Branco (PR). E-mail: assmann@pr.gov.br

⁽⁵⁾ Professor da Fundação Educacional de Guarapuava – FEG. Guarapuava (PR). E-mail: itacir@almix.com.br

SUMMARY: *CORN YIELD ON NO TILLAGE CROP-PASTURE ROTATION IN PRESENCE AND ABSENCE OF WHITE CLOVER, GRAZING AND NITROGEN*

This field experiment was carried out at the Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária [Agrarian Foundation for Agricultural and Cattle Research] (FAPA), in Guarapuava, State of Paraná, Brazil, during the growing seasons of 1999 and 2000. The objective was to verify residual effects of nitrogen fertilization on maize crop under a no tillage system, in presence and absence of white clover and grazing animals. The experimental layout was a completely randomized block design with three replications. The treatments were arranged in split-plots. Four N rates (N-TI = 0, 100, 200, and 300 kg ha⁻¹ of N) were previously applied on the main plots during the winter season, while the treatments of the sub-plots consisted in combinations of presence and absence of white clover and grazing (CT = with clover; ST = without clover; CP = with grazing, and SP = without grazing). During the summer each sub-plot that had been prepared during the winter was cultivated with corn which received five N rates (N-TV = 0, 60, 120, 180, and 240 kg ha⁻¹ of N) top dressed. The maximum re-growth efficiency of winter culture plants occurred eighteen days after the animals had been removed from the plots, obtained with 231 kg ha⁻¹ of N (N-TI). The areas CP/N-TI presented higher corn yields than the SP plots, although these differences were not statistically significant. The areas without N-TI produced most in the SP subplots. On plots that had received 300 kg ha⁻¹ of N N-TI there was no response of corn to the N-TV, confirming the residual effect of N-TI. The conclusion was drawn that the interaction between grazing and N-TI contributes to nitrogen nutrition in maize.

Index terms: crop rotation, annual pasture, oat, ryegrass, nitrate, mineral nitrogen.

INTRODUÇÃO

A aplicação em larga escala de fertilizantes, muitas vezes exigida pelos sistemas agrícolas intensivos, vem-se tornando impraticável por motivos econômicos e, ou, ambientais. É necessário o estudo de modelos agrícolas menos dependentes do uso de insumos e que reduzam o custo de produção tornando-os mais eficientes. O N é responsável por grande parte do gasto com as adubações, além de ser um dos elementos que mais contribui para a contaminação de lençóis freáticos. A utilização de fabáceas (leguminosas) em arranjos espaciais (consórcios) ou temporais (rotações) pode colaborar para reduzir ou até mesmo eliminar estes gastos. Contudo, apenas o plantio de leguminosas, sem que estas apresentem retorno econômico imediato, desestimula a adoção desta prática pelos agricultores. Por outro lado, atualmente, são poucas as opções agrícolas de inverno e estas, muitas vezes, estão sujeitas a grandes variações de comercialização.

Na safra 1996/97, aproximadamente quatro milhões de hectares da área de basalto, no terceiro planalto paranaense, foram utilizados no verão para produção de grãos, especialmente de soja e milho. Em razão da baixa rentabilidade da exploração de cereais de inverno e da ausência de outras alternativas, apenas 28 % desta mesma área foi utilizada no inverno com culturas rentáveis. Nos

72 % restantes, foram plantadas, apenas, culturas protetoras de solo ou, então, os solos foram deixados em pousio (SEAB, 1997).

Igual situação tem sido empiricamente observada nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Além disso, nos casos dos sistemas exclusivamente agrícolas, cujas áreas durante o inverno são destinadas ao pousio, são grandes as perdas de N, pelo menos por volatilização, lixiviação, desnitrificação e erosão. Já em áreas em que, no inverno, são utilizadas poáceas (gramíneas) ou consórcios de gramíneas/leguminosas, ocorrem reduções na taxa de perdas de N e aumentos na eficiência de ciclagem deste nutriente.

A integração lavoura-pecuária aparece como uma das estratégias mais promissoras para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e, por sua vez, mais sustentáveis no tempo. Existe grande quantidade de trabalhos realizados que mostram o efeito depressor acarretado por vários anos de agricultura contínua sobre várias propriedades do solo. O efeito é invertido à medida que aumenta o número de anos sucessivos com pastagens (Diaz Rossello, 1992).

Os herbívoros são um componente das pastagens e seus efeitos no ecossistema podem incluir transformação de formas de nutrientes, de taxas de ciclagem e de disponibilidade de nutrientes, decorrentes de respostas das plantas ao pastejo e à

ciclagem de N. O pastejo pode influenciar os processos de mineralização/imobilização de N, facilitar a rápida decomposição de substratos (Singh et al., 1991) e aumentar a taxa de reciclagem de N resultante da deposição de urina e fezes (Bauer et al., 1987). O pastejo também pode aumentar a disponibilidade de nutrientes por meio da manutenção, na superfície do solo, de uma fração de nutrientes orgânicos facilmente mineralizáveis, onde são mais acessíveis às plantas e aos microorganismos (Archer & Smeins, 1991).

Em sistemas de corte de forrageiras, a eficiência de utilização do N oriundo de fertilizantes é geralmente alta e mesmo com elevadas taxas de aplicação de adubos (400 kg ha⁻¹ de N) pouco N resta no campo (Prins, 1980). Conseqüentemente, a lixiviação de nitratos, após o corte de forrageiras, é freqüentemente baixa (Simmelsgaard, 1998).

O pastejo por vacas leiteiras tem efeito marcante na ciclagem de N e aumenta o potencial de perdas do nutriente, visto que os ruminantes excretam 75 a 95 % do N por eles ingerido, criando um considerável estoque de N na pastagem; a extensão disto dependerá das taxas de fertilização do solo, da ingestão ou não de concentrados, da taxa de lotação da área, do tempo de pastejo e da composição botânica da pastagem (Cuttle & Scholefield, 1995).

A despeito de terem sido observados aumentos nos níveis de fertilidade dos solos, quando da utilização da rotação lavoura-pecuária e do plantio direto, isso não tem reduzido a quantidade de adubos utilizados. Neste aspecto, torna-se vital que a pesquisa e a extensão produzam e popularizem informações que assegurem tomadas de decisão precisas por parte de técnicos e agricultores. O conhecimento de alterações, em condições específicas de solo e clima, é importante no entendimento da potencialidade dos sistemas de manejo, em relação à produtividade de culturas e da adoção de práticas, com vistas em contornar possíveis limitações advindas da sua utilização (Bayer & Mielniczuk, 1997).

No Paraná, até o presente, são poucos os estudos do efeito do animal sobre as condições edafológicas, conhecimento de fundamental importância para entender as interações entre solo, planta e animal e para estabelecer os sistemas de produção mais sustentáveis. Esta pesquisa baseou-se em três hipóteses: (a) a presença de uma fabácea (trevo branco) contribui com aporte de N, o que dispensaria, parcial ou totalmente, a adubação nitrogenada; (b) o pastejo altera, favoravelmente, a dinâmica de ciclagem do N para o cultivo de milho, e (c) o N residual, resultante da aplicação na pastagem de inverno, poderia influenciar a cultura de milho cultivada posteriormente.

Assim, objetivou-se verificar o efeito residual do N no milho cultivado em áreas onde houve a combinação dos fatores: (a) doses de N; (b) presença

ou não de animais pastejando, e (c) presença ou não de trevo branco.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado, nos anos agrícolas de 1999 (inverno) e 1999/2000 (verão), em área pertencente à Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., Colônia Vitória, distrito de Entre Rios no município de Guarapuava (PR). A área experimental está localizada na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense. Encontra-se entre as coordenadas de 25 ° 33 ' latitude Sul e 51 ° 29 ' longitude Oeste e tem altitude média de 1.095 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (Maak, 1968). A precipitação anual varia de 1.400 a 1.800 mm e os meses de abril e maio são os mais secos (IAPAR, 1994). O solo onde o experimento foi desenvolvido é classificado como uma associação Latossolo Bruno álico relevo suave ondulado + Cambissolo álico Tb relevo ondulado de vertentes curtas, substrato de rochas do derrame de Trapp ambos com A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical (EMBRAPA, 1984).

Na área experimental utilizada em Sistema Plantio Direto há mais de 10 anos, antes de 1995, no verão, eram usualmente cultivados milho ou soja e, no inverno, rotação com cereais e nabo forrageiro. A partir de 1996, começou o pastejo no período de inverno. A rotação de cultura utilizada desde então encontra-se descrita no quadro 1. Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0,0-5,0; 5,0-10,0 e de 10,0-20,0 cm, antes da entrada dos animais, para caracterização química da área (Quadro 2).

Fase I - Inverno

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas. Nas parcelas, foram aplicadas quatro doses de N (N-TI = 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) e, nas quatro subparcelas, a combinação de presença ou ausência de trevo branco (*Trifolium repens*) e pastejo (CT-com trevo; ST-sem trevo; CP-com pastejo e SP-sem pastejo), perfazendo 16 tratamentos.

No dia 04 de abril de 1999, em Sistema Plantio Direto, foram semeados 80 kg ha⁻¹ de aveia branca (*Avena strigosa*) da mistura de 50 % da variedade FAPA 2, 37,5 % da variedade FAPA 1 e 12,5 % da linhagem ER 93152 e 20 kg ha⁻¹ de azevém (*Lolium multiflorum*), com espaçamento entre linhas de 17 cm. Sendo assim, a pastagem hibernal foi constituída por um consórcio de azevém, trevo branco (*Trifolium repens*) originário da ressemeadura (nos tratamentos em que este deveria estar presente) e aveia. Foram aplicados 250 kg ha⁻¹ do formulado

Quadro 1. Rotação de culturas utilizada na área experimental desde o inverno de 1995, Guarapuava (PR) 1995/2001

Período	Cultura
Inverno 1995	Centeio (<i>Secale cereale</i>) + Aveia branca (<i>Avena sativa</i>) + Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>)
Verão 1995/1996	Soja (<i>Glycine max</i>)
Inverno 1996	Aveia branca + Azevém + Trevo Branco (<i>Trifolium repens</i>) + Trevo vermelho (<i>Trifolium pratense</i>)
Verão 1996/1997	Milho
Inverno 1997	Aveia branca + Azevém + Trevo Branco + Trevo vermelho
Verão 1997/1998	Soja
Inverno 1998	Aveia branca + Azevém + Trevo Branco
Verão 1998/1999	Soja

Quadro 2. Características químicas do solo antes do início do trabalho experimental (Fase I), Guarapuava (PR) 1999/2000

Profundidade	pH CaCl ₂	MO	Al	H + Al	Ca	Mg	K	P	V	N-min
cm		g dm ⁻³	cmolc dm ⁻³			g dm ⁻³		mg dm ⁻³	%	mg dm ⁻³
0,0- 5,0	5,1	74,0	0,06	6,1	7,2	3,6	0,5	16,7	64,7	12,1
5,0-10,0	4,9	63,4	0,19	7,0	6,0	3,1	0,3	14,1	57,3	7,6
10,0-20,0	4,7	58,6	0,63	8,5	5,0	2,1	0,3	7,6	46,5	8,0

MO = Matéria orgânica V = Saturação por bases N-min = N mineral (N-NO₃ + N-NH₄).

0-25-25 + 1 % Zn como adubação de semente e, 25 dias após a emergência (DAE), no início do perfilhamento, foi aplicado 1/3 do N-TI (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N). Passados 122 dias da primeira aplicação, no dia 08/09/1999, foram aplicados os 2/3 restantes das doses de N.

O pastejo foi iniciado no dia 13 de julho e prolongou-se até o dia 14 de outubro, totalizando 93 dias de pastejo. Para melhor desenvolvimento da leguminosa nas parcelas sem pastejo (SP), foram feitos três cortes na cobertura vegetal destas parcelas deixando os resíduos no local. Os animais utilizados foram novilhas da raça Charolês, desmamadas e com idade entre 9 e 10 meses. O método de pastejo empregado foi o contínuo, sendo mantida uma altura de pastejo de 14 cm (Lustosa, 1998) com a técnica do controle da altura da vegetação, usando lotações variáveis [*put-and-take*]. A quantidade de massa seca e a percentagem de solo descoberto foram estimadas pelo método BOTANAL (Tothill et al., 1978) no dia 28/10/99 (18 dias após a retirada dos animais).

Fase II - Verão

Os animais foram retirados 18 dias antes da dessecação da pastagem (29/10/99), que foi feita com

1,5 L ha⁻¹ de glifosate, para eliminar as gramíneas e apenas causar estresse do trevo branco. No dia 30/10/99, o milho foi semeado, em Sistema Plantio Direto, com espaçamento de 80 cm entrelinhas, apresentando uma população final de aproximadamente 62.000 plantas ha⁻¹. Utilizou-se o híbrido P30F33. A área foi adubada, no sulco, com 250 kg ha⁻¹ do formulado 00-25-25.

O delineamento foi o de blocos ao acaso e, nas 16 subparcelas resultantes da combinação dos tratamentos na Fase I do experimento (Parcela: N-TI e Subparcela: combinação de presença ou ausência de trevo e pastejo), foram alocadas subsubparcelas com cinco doses crescentes de N em cobertura na forma de uréia (N-TV = 0; 60; 120; 180 e 240 kg ha⁻¹ de N), em duas etapas. A primeira aplicação, metade da dose, foi feita no estádio V5-V6 da cultura (03/12/99) e a segunda no estádio V9-V10 (24/12/99). Cada subsubparcela apresentava uma área de 22,4 m² (3,2 x 7,0 m). A produtividade de grãos do milho foi determinada em área útil de 8 m² e, depois da correção de umidade para 13 %, o valor obtido foi convertido em kg ha⁻¹. A amostragem de solo foi realizada quando a cultura do milho encontrava-se no estádio V5-V6 (01/12/99), antes da aplicação da adubação nitrogenada. Os teores de nitrato foram determinados pelo método

espectrofotométrico, utilizando-se dois comprimentos de onda na região ultravioleta (Miyazawa et al., 1985).

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância. As variâncias foram avaliadas pelo Teste de Bartlett quanto à homogeneidade. As variáveis que se mostraram homogêneas tiveram os tratamentos avaliados pelo Teste F. Quando os resultados revelaram significância a 5 % (*) ou 1 % (**) de probabilidade, foram ajustadas regressões polinomiais entre os níveis de N (variável independente) e as demais variáveis dependentes, buscando o modelo que melhor expressasse esta relação.

Foram testados os coeficientes linear e quadrático dos modelos e a escolha foi baseada na significância (menor que 7 %) e no coeficiente de determinação. Quando alguma interação foi significativa, analisou-se o comportamento das doses crescentes de N-TI ou de N-TV dentro de cada situação (ST, CT, ou SP, CP), individualmente. Quando a interação não foi significativa, os fatores foram analisados separadamente. Em razão disso, de acordo com a variável analisada e a significância, ou não, de cada fator, o número de observações que compõem a média pode ser diferente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fitomassa seca do rebrote

Observou-se influência do N aplicado no inverno (N-TI) sobre a quantidade de fitomassa seca acumulada após a retirada dos animais. Constatou-se que, mesmo após 54 dias da aplicação da última parcela de N, este continuou a influenciar a quantidade de fitomassa seca acumulada (Figura 1). As parcelas que receberam N-TI produziram, em média, 86 % mais fitomassa seca que aquelas áreas que não receberam adubação nitrogenada. A máxima eficiência técnica (MET) para recuperação da pastagem foi estimada como sendo a dose de 231 kg ha⁻¹ de N.

Não se constatou influência do fator trevo sobre a quantidade de fitomassa seca produzida. Contudo, Assmann et al. (2000) observaram em uma avaliação realizada na mesma área, cinco meses após o plantio da pastagem, que as parcelas com trevo apresentaram um resíduo de fitomassa seca de 1.030 kg ha⁻¹, o que corresponde a uma produtividade 30 % superior àquela observada nas parcelas sem trevo. Isso se deveu, provavelmente, à liberação do N prontamente assimilável encontrado nos tecidos mortos das plantas. Essa reciclagem foi mais acentuada nesse período do ano (8/1999), em razão da estiagem havida, que aumentou o índice de mortalidade de plantas e acelerou o processo de sua senescência. Por outro lado, nas avaliações posteriores, não foi observado o mesmo efeito,

evidenciando o esgotamento das reservas de N oriundas da leguminosa.

Tanto as parcelas pastejadas quanto as não pastejadas acumularam a mesma quantidade de fitomassa seca, em média, 1.962 kg ha⁻¹, durante o período de recuperação da pastagem. A baixa produtividade de fitomassa seca da área não pastejada, quando comparada às produtividades obtidas em áreas cultivadas no inverno com adubação verde (aveia), é justificada pelos cortes realizados durante o inverno para possibilitar o desenvolvimento do trevo nas áreas não pastejadas. Não obstante, a igualdade de acúmulo de fitomassa seca também indica que o pastejo não causou compactação superficial da área suficiente para limitar o desenvolvimento das plantas. Moraes & Lustosa (1997) mostraram que os efeitos negativos do pisoteio são rapidamente revertidos após o cultivo da lavoura do milho, quando este vem em seqüência na área de pastejo.

Ocorrência de trevo

Para analisar a ocorrência de trevo na composição botânica, consideraram-se apenas as parcelas que continham a leguminosa (CT), uma vez que, no tratamento sem trevo (ST), a aplicação de herbicida eliminou-a completamente. Ao contrário do que foi observado por Laidlaw (1984) e Frame & Newbould (1986), as doses de N aplicadas não influenciaram a percentagem de trevo na pastagem. Provavelmente, isso se deveu ao curto período transcorrido entre a aplicação de uréia e a última avaliação ou ao efeito da seca, o qual, provavelmente, foi preponderante sobre o efeito das doses de N aplicadas.

Solo descoberto

Constatou-se a influência altamente significativa (1 %) da interação doses de N aplicadas no inverno

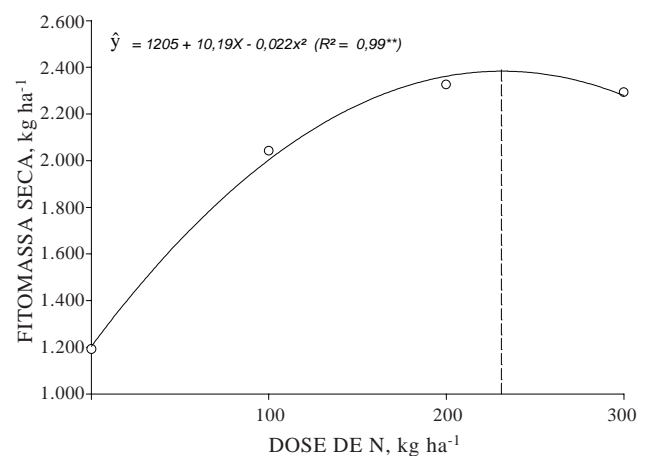


Figura 1. Produção de fitomassa seca de acordo com as doses de N aplicadas no inverno (N-TI) e dose de N (231 kg ha⁻¹) que gerou a Máxima Eficiência Técnica, Guarapuava (PR) 1999/2000.

(N-TI) x trevo sobre a área de solo descoberto, apresentando tanto o aumento das doses de N, quanto a presença de trevo, um efeito positivo, fazendo com que a porcentagem de solo descoberto diminuísse. Contudo, nas áreas com trevo, a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N foi suficiente para diminuir 22,3 % da área de solo descoberto, enquanto, nas áreas sem trevo, ocorreu uma diminuição de 12 %, mostrando que nas parcelas em que o N não foi aplicado, a superfície do solo apresentou vários espaços vazios, mas, mesmo assim, o trevo não os preencheu (Figura 2), talvez em decorrência da seca. A aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, além de ter beneficiado o crescimento das gramíneas, estimulou o desenvolvimento do trevo, em razão dos baixos índices de fixação biológica de N causados pelo estresse hídrico.

Nitrato

A interação tripla entre o N aplicado no inverno (N-TI) x trevo x pastejo teve influência significativa sobre os teores de N-NO₃⁻. Quando o N não foi aplicado, não foram observadas diferenças entre presença e ausência de trevo e, ou, pastejo (Figura 3). Por outro lado, conforme as doses de N eram aplicadas no inverno (N-TI), as diferenças provocadas pelos tratamentos aumentaram, tendo sido a maior disponibilidade de N-NO₃⁻ atingida nas áreas com trevo, pastejadas anteriormente (CTCP) e que receberam 300 kg ha⁻¹ de N. Isso evidencia que a presença de trevo e pastejo simultaneamente estabilizou a permanência de teores N-NO₃⁻, os quais foram 3,1 vezes maiores que naquelas áreas que apenas receberam a mais alta dose de N, mas não foram pastejadas nem apresentavam trevo em sua composição botânica (STSP).

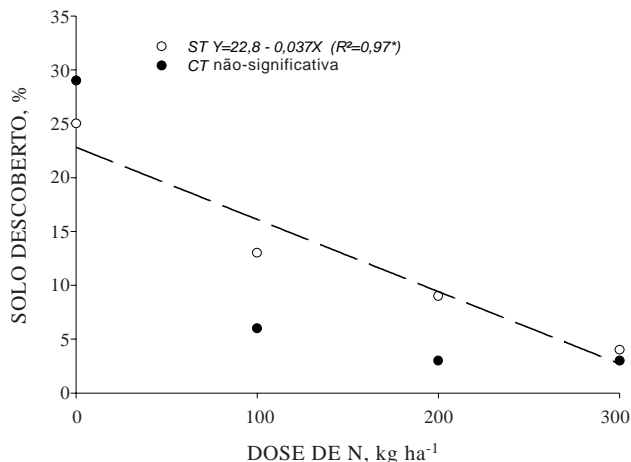


Figura 2. Solo descoberto de acordo com as doses de N aplicadas no inverno (N-TI) em presença (CT) ou ausência (ST) de trevo, 18 dias após a retirada dos animais, Guarapuava (PR) 1999/2000.

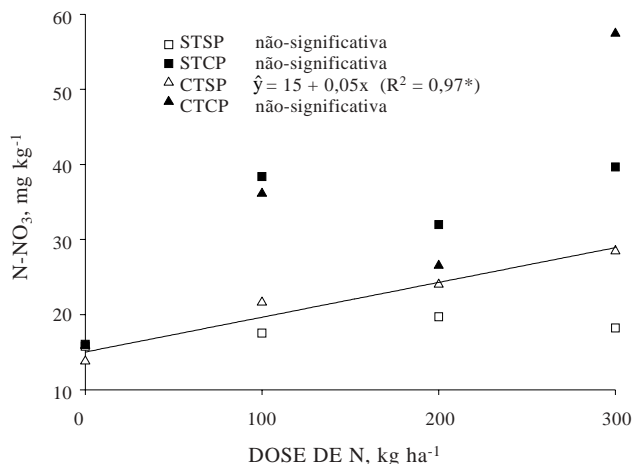


Figura 3. Teores de N-NO₃⁻ no solo de acordo com as doses de N aplicadas no inverno, nas áreas Sem Trevo e Sem Pastejo (STSP), nas áreas Sem Trevo e Com Pastejo (STCP), nas áreas Com Trevo e Sem Pastejo (CTSP) e nas áreas Com Trevo e Com Pastejo (CTCP), Guarapuava (PR) 1999/2000.

Assim, admite-se que tanto o fator pastejo quanto o fator trevo foram determinantes para a manutenção e, ou, elevação do N no solo, oriundo da aplicação do elemento, feita anteriormente no sistema. Heenan & Chan (1992), Williams & Haynes (1994) e Shariff et al. (1994) obtiveram resultados semelhantes.

Segundo Unkovich et al. (1998), uma alta intensidade de pastejo pode aumentar a disponibilidade de N, principalmente para cultivos nos anos subseqüentes. A distribuição do N-NO₃⁻ no perfil do solo se deu de forma diferenciada, conforme a profundidade amostrada, sem que a presença ou ausência de pastejo ou trevo tivesse efeito significativo sobre esta distribuição.

Produtividade de grãos de milho

A produtividade de grãos de milho foi influenciada pela interação entre as doses de N aplicadas no inverno (N-TI) e o pastejo e pela interação entre N-TI e as doses de N aplicadas no verão (N-TV). As áreas que não receberam N no inverno (N-TI) e foram pastejadas apresentaram produtividades inferiores às áreas sem pastejo (SP), e, inversamente, em presença das doses de N no inverno, a presença de pastejo (CP) resultou em produtividades de milho superiores às de áreas SP (Figura 4).

O pastejo feito anteriormente parece ter favorecido a ciclagem mais rápida do N aplicado, estimulando a absorção de N pelas plantas, possibilitando, desta forma, maior aproveitamento do nutriente aplicado, quando comparado às áreas que não receberam pastejo. Resultados semelhantes foram observados por Høglund & Brock, (1985) e Parsons et al., (1991).

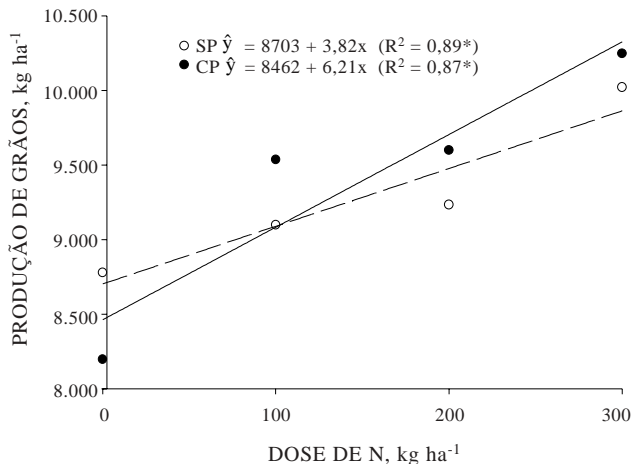


Figura 4. Produtividade de grãos de milho de acordo com as doses de nitrogênio aplicadas no inverno (N-TI), nas áreas Sem Pastejo (SP) e Com Pastejo (CP), Guarapuava (PR) 1999/2000.

Esta tendência é confirmada pelos teores de N-NO₃, analisados no estádio V5 da cultura do milho, que eram significativamente superiores nas áreas que foram pastejadas anteriormente e que receberam N-TI (Figura 3).

Nas áreas que não receberam N no inverno e foram pastejadas, o consumo animal passa a ser mais um fator de degradação do sistema integração lavoura-pecuária que um fator de intensificação de uso de N, uma vez que, conforme observado na figura 1, as áreas com N-TI apresentaram acúmulo de fitomassa seca de pastagem duas vezes maior que as parcelas que não receberam N no inverno (N-TI), indicando carência de N nestas, o que, posteriormente, continuou a se manifestar na cultura do milho.

Observa-se, na figura 5, o efeito residual do N aplicado no inverno (N-TI). As parcelas que receberam 300 kg ha⁻¹ de N no inverno (N-TI) não responderam à adição de N no milho (N-TV) e, em média, apresentaram elevadas produtividades de grãos de milho (10.006 kg ha⁻¹), comprovando, desta forma, que grande parte do N aplicado no inverno estava disponível para o cultivo posterior e, conseqüentemente, não necessitaria de adubações nitrogenadas.

A manutenção da disponibilidade do N-TI aplicado foi favorecida pela baixa intensidade de chuvas que ocorreu no período entre a segunda parcela de aplicação de N-TI e a última aplicação de N-TV no milho, que totalizou 487 mm em 100 dias, o que pode ter diminuído as quantidades de N lixiviadas.

Se o N não fosse aplicado na cultura do milho no verão (N-TV), a produtividade média do tratamento que recebeu 300 kg ha⁻¹ de N-TI seria de 10.167 kg ha⁻¹ de grãos de milho. Isso corresponde a uma produção

de 34 kg ha⁻¹ de grãos de milho para cada quilograma de N-TI aplicado.

O N aplicado no verão sobre a cultura do milho (N-TV) passa a ser mais eficiente quando aplicado sobre parcelas que não receberam N-TI. Para atingir os mesmos 10.167 kg ha⁻¹ de grãos de milho do caso anterior, tendo como base a equação constante da figura 5, seriam necessários 205 kg ha⁻¹ de N-TV, o que corresponde a aproximadamente 50 kg ha⁻¹ de grãos de milho por hectare de N por hectare aplicado no verão (N-TV) na cultura do milho. Isso significa que este tipo de aplicação foi 1,5 vez mais eficiente que quando o adubo foi utilizado no inverno. É provável que o efeito residual do N aplicado no inverno (N-TI) sobre a produtividade de grãos de milho seja resultante da quantidade de massa seca produzida no período de descanso da pastagem, uma vez que esta variável foi fortemente influenciada pela adubação nitrogenada de inverno (Figura 1).

A relação entre a produtividade de fitomassa seca da pastagem e a produtividade de grãos de milho foi estudada. Contudo, como a adubação nitrogenada de verão (N-TV) teria apenas influência sobre a produtividade do milho, a relação foi avaliada para as parcelas referentes a cada dose de N-TV isoladamente. Equações significativas foram encontradas apenas para as parcelas que não receberam N (N-TV) e para aquelas que receberam 60 kg ha⁻¹ de N (Figura 6).

A partir da aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, em N-TV, não se constataram valores significativos nas equações de regressão entre produtividade de grãos de milho e produção de fitomassa seca no rebrote da pastagem. A adição desta dose de N na cultura do milho, ou de maiores doses, poderia corrigir a carência de N deixado anteriormente, em razão, provavelmente, da baixa quantidade de resíduo

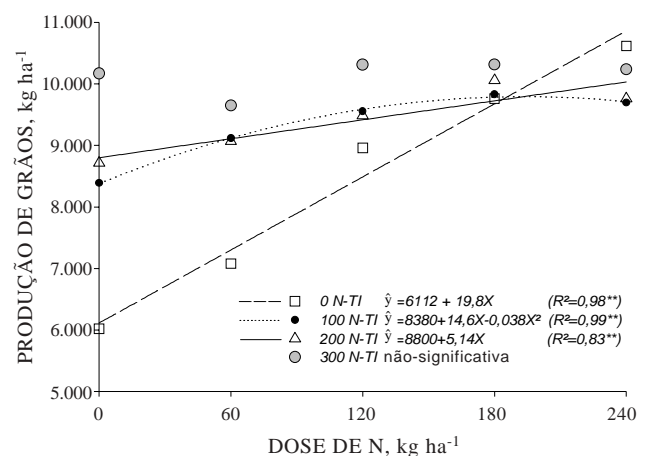


Figura 5. Produtividade de grãos de milho de acordo com as doses crescentes de N aplicadas no verão (N-TV) e no inverno (N-TI), Guarapuava (PR) 1999/2000.

restante para o plantio da cultura em sistema de semeadura direta. Quando o N não foi adicionado, ou foi feita adubação com pequenas quantidades (60 kg ha^{-1} de N) na cultura do milho (N-TV), a produtividade de milho ficou dependente do N existente no resíduo do rebrote da pastagem de inverno. O ponto de máxima produtividade de milho nas parcelas que receberam 60 kg ha^{-1} de N-TV foi de 9.586 kg ha^{-1} e foi obtido quando o resíduo da pastagem era de 2.066 kg ha^{-1} (Figura 6).

Para o caso da não-adição de N na cultura do milho (N-TV), a produtividade aumenta linearmente de acordo com a quantidade de fitomassa seca deixada como resíduo. Para atingir o mesmo nível de produtividade máxima constatada para as parcelas adubadas com 60 kg ha^{-1} de N-TV, seria necessário um resíduo de 2.403 kg ha^{-1} de massa seca. Conforme a equação constante na figura 1, observa-se que a máxima produção de fitomassa seca resultante da brotação da pastagem é estimada quando 231 kg ha^{-1} de N são adicionados na pastagem (N-TI) e corresponde a uma produção de 2.383 kg ha^{-1} de massa seca.

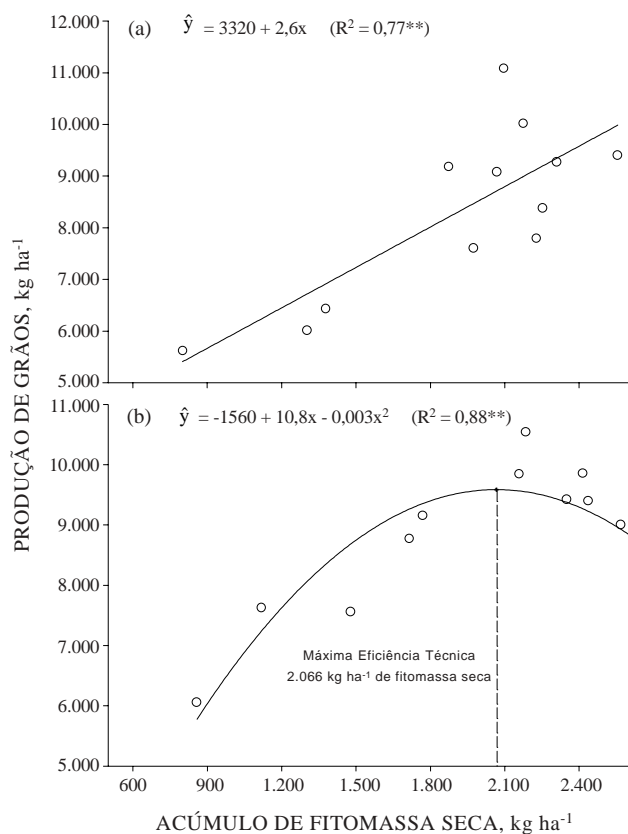


Figura 6. Produtividade de grãos de milho para as parcelas que receberam 0 kg ha^{-1} (a) e 60 kg ha^{-1} (b) de N como adubação de verão (N-TV) de acordo com o acúmulo de fitomassa seca resultante do rebrote da cultura de inverno, Guarapuava (PR) 1999/2000.

Sendo assim, pode-se afirmar que a adição de 231 kg ha^{-1} de N-TI assegurou o rebrote da pastagem e os elevados patamares de produtividade de milho, comprovando, desta forma, o efeito residual da adubação nitrogenada de inverno sobre a cultura de verão.

CONCLUSÕES

1. As plantas de milho que receberam a mais alta dose de N como adubação de inverno não responderam à aplicação de adubação nitrogenada de verão, evidenciando, desta forma, o efeito residual da adubação nitrogenada de inverno.
2. O pastejo, nas áreas que receberam adubação nitrogenada no inverno, não prejudicou a produtividade da cultura do milho.
3. Quando o N não foi adicionado ou foi adicionado em pequenas quantidades como adubação de verão, tornou-se necessário o acúmulo de grande quantidade de resíduos vegetais da cultura de inverno para assegurar altas produtividades de milho (em áreas pastejadas no inverno).
4. A inclusão do trevo branco no inverno não gerou N residual para a cultura do milho.
5. Na fase V5 da cultura do milho, maiores quantidades de NO_3^- , originário do N aplicado como tratamento de inverno, foram encontradas nas áreas pastejadas e com trevo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPA (Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária), pelo apoio e financiamento, que possibilitaram a execução deste projeto.

LITERATURA CITADA

- ARCHER, S. & SMEINS, F.E. Ecosystem-level processes. In: HEITSCHMIDT, R.K. & STUTH, J.W., eds. *Grazing management: an ecological perspective*. Portland, Timber Press, 1991. p.109-139.
- ASSMANN, A.L.; ASSMANN, T.S.; MORAES, A.; SANDINI, I.; PELISSARI, A. & CARVALHO, P.C.F. Efeito de nitrogênio na composição botânica e no resíduo de matéria seca de uma pastagem de azevém e aveia associados ou não ao trevo branco em rotação lavoura-pecuária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000. Anais. Viçosa, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM
- BAUER, A.; COLE, C.V. & BLACK, A.L. Soil property comparisons in virgin grassland between grazed and nongrazed management systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:176-182, 1987.

- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:105-112, 1997.
- CUTTLE, S.P. & SCHOLEFIELD, D. Management options to limit leaching from grassland. *J. Cont. Hydrol.*, 20:299-312, 1995.
- DIAZ ROSSELO, R. Evolucion del nitrogeno total en rotaciones con pasturas. *R. Inves. Agron.*, 1:27-35, 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná. Curitiba, SUDESUL/IAPAR, 1984. 2v. (Boletim Técnico, 27)
- FRAME, J. & NEWBOULD, P. Agronomy of white clover. *Adv. Agron.*, 40:1-88, 1986.
- HEENAN, D.P. & CHAN, K.Y. The long-term effects of rotation, tillage and stubble management on soil mineral nitrogen supply to wheat. *Aust. J. Soil Res.*, 30:77-988, 1992.
- HOGLUND, J.H. & BROCK, J.L. Nitrogen fixation in managed grasslands. In: SANAYDON, R.W., ed. *Managed grasslands: analytical studies*. Amsterdam, Elsevier, 1987. p.187-196.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cartas climáticas do estado do Paraná 1994. Londrina, IAPAR, 1994. 49p.
- LAILAW, A.S. Quantifying the effect of nitrogen fertilizer application in spring on white clover content in perennial ryegrass-white clover swards. *Grass Forage Sci.*, 39:317-321, 1984.
- LUSTOSA, S.B.C. Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema plantio direto. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1998. 84p. (Tese de Mestrado)
- MAAK, R. Geografia física do estado do Paraná. Curitiba, Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 350p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & BLOCK, M.F. Determinação espectrofotométrica de nitrato em extratos de solo sem redução química. *Pesq. Agropec. Bras.*, 20:129-133, 1985.
- MORAES, A. & LUSTOSA, S.B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 2., Maringá, 1997. Anais. Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.129-149.
- PARSONS, A.J.; ORR, P.D.; PENNING, P.D. & LOCKYER, D.R. Uptake, cycling, and fate of nitrogen in grass-clover swards continuously grazed by sheep. *J. Agric. Sci.*, 116:47-61, 1991.
- PRINS, W.H. Changes in quantity of mineral nitrogen in three grassland soils as affected by intensity of nitrogen fertilization. *Fert. Res.*, 1:51-63, 1980.
- SEAB Calendário Agrícola do Paraná Safra 1995/1996. Curitiba, 1997.
- SHARIFF, A.R.; BIONDINI, M.E. & GRYGIEL, C.E. Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. *J. Range Manag.*, 47:444-449, 1994.
- SIMMELSGAARD, W.H. The effect of crop, N-level, soil type and drainage on nitrate leaching from Danish soil. *Soil Use Manag.*, 14:30-36, 1998.
- SINGH, R.S.; RAGHUBANSHI, A.S. & SINGH, J.S. Nitrogen mineralization in dry tropical savanna: Effects of burning and grazing. *Soil Biol. Biochem.*, 23:269-273, 1991.
- TOTHILL, J.C.; HARGREAVES, J.N.G. & JONES, R.M. BOTANAL: a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. I. Field sampling. *Trop. Agron. Techn. Memor.*, 8:1-20, 1978.
- UNKOVICH, M.; SANFORD, P.; PATE, J. & HYDER, M. Effects of grazing on plant and soil nitrogen relations of pasture-crop rotations. *Aust. J. Agric. Res.*, 49:475-485, 1998.
- WILLIAMS, P.H. & HAYNES, R.J. Comparison of initial wetting pattern, nutrient concentrations in soil solution and the fate of N-15-labelled urine in sheep and cattle urine patch areas of pasture soil. *Plant Soil*, 162:49-59, 1994.