

***Boletim de Pesquisa
e Desenvolvimento 35***

versão
ON-LINE

***Manejo da adubação
nitrogenada para o milho
em sucessão a culturas de
cobertura de solo: efeito
sobre o estado nutricional***

***Walkyria Bueno Scivittaro
Cláudio Alberto Souza da Silva***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275-8199

Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

Membros: Claudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Luís Antônio Suita de Castro

Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper/Antônio Luiz Oliveira Heberlê

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica: Oscar Castro

Fotos da capa: Claudio Alberto Souza da Silva/Walkyria Bueno Scivittaro/Maria Laura Turino Mattos

Composição e impressão: Embrapa Clima Temperado

1ª edição

1ª impressão (2006): 50 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Scivittaro, Walkyria Bueno.

Manejo da adubação nitrogenada para o milho em sucessão a culturas de cobertura de solo: efeito sobre o estado nutricional / Walkyria Bueno Scivittaro, Cláudio Alberto Souza da Silva. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006.

32 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).

ISSN 1678-2518

Cobertura do solo - Inverno - Sucessão de cultura - Adubo verde - Fertilizante - Nitrogênio - Estado nutricional - Solo - Várzea - Plantio direto. I. Silva, Cláudio Alberto Souza da. II. Título. III. Série.

CDD 631.452

Sumário

<i>Resumo</i>	5
<i>Abstract</i>	7
<i>Introdução</i>	9
<i>Material e Métodos</i>	10
<i>Resultados e Discussão</i>	13
<i>Conclusões</i>	30
<i>Referências Bibliográficas</i>	30

Manejo da adubação nitrogenada para o milho em sucessão a culturas de cobertura de solo: efeito sobre o estado nutricional

***Walkyria Bueno Scivittaro¹
Cláudio Alberto Souza da Silva²***

Resumo

O milho tem sido utilizado como alternativa de cultivo ao arroz irrigado nas áreas de várzea do Rio Grande do Sul. A expansão da cultura requer, porém, a adequação de algumas práticas de manejo, cuja eficiência pode ser mensurada pela avaliação do estado nutricional da cultura. Realizou-se, em solo de várzea, um experimento para avaliar o efeito de níveis de adubação nitrogenada sobre o estado nutricional do milho, cultivado em sucessão a culturas de cobertura de solo, no inverno. Avaliaram-se, em duas safras agrícolas consecutivas (2000/01 e 2001/02), seis coberturas de solo (vegetação espontânea; azevém (*Lolium multiflorum*); trevo-branco (*Trifolium repens*); trevo-persa (*Trifolium resupinatum*); e as consorciações de azevém com trevo-branco e com trevo-persa) e quatro doses de nitrogênio aplicadas ao milho cultivado em sucessão (0; 80; 160 e 240 kg ha⁻¹). Os tratamentos foram delineados em blocos ao acaso em parcelas subdivididas com quatro repetições. Tanto as culturas de cobertura de solo quanto as doses de nitrogênio

¹Eng. Agrôn., Dra., Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78 Cx. Postal 403 CEP 96001-970 - Pelotas, RS. (wbscivit@cpact.embrapa.br)

²Eng. Agrôn., MSc. Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78 Cx. Postal 403 - 96001-970-Pelotas, RS. (claudio@cpact.embrapa.br)

influenciaram o estado nutricional do milho. A adubação nitrogenada favoreceu a absorção de nutrientes pelo milho, sendo esse efeito diretamente proporcional à dose do nutriente. O efeito de culturas de cobertura do solo sobre o estado nutricional do milho esteve associado à sua composição química.

Termos para indexação: *Zea mays* L., estado nutricional, cobertura de solo no inverno, nitrogênio, dose, solo de várzea.

Nitrogen fertilization management to corn grown in succession to winter cover crops: effect on nutritional state of the culture

Abstract

Corn has been grown as an alternative culture to flooded rice in lowland areas of Rio Grande do Sul State, Brazil. Otherwise, corn establishment in lowlands requests the adequacy of some management practices, which efficiency can be measured by the evaluation of nutritional state of the Culture. An experiment was carried out, in a lowland soil, to evaluate the effect of nitrogen rates on the nutritional state of corn grown in succession to winter cover crops. Treatments were performed by residues of native vegetation, ryegrass (*Lolium multiflorum*), white clover (*Trifolium repens*), persian clover (*Trifolium resupinatum*), and the combinations of ryegrass/white clover and ryegrass/persian clover. Subtreatments were arranged with four rates of nitrogen (0; 80; 160 and 240 kg ha⁻¹) applied to corn. These treatments were arranged in a split-plot with completely randomized block design, during growing seasons of 2000/01 and 2001/02. Both, winter cover crops and nitrogen rates affected corn nutritional state. Nitrogen fertilization benefited N, P, Ca, Mg, B, Cu, Mn and Zn uptaken by corn. The effect of nitrogen fertilization was proportional to nitrogen rate. On the other hand, winter cover crops effects on corn nutritional state were related to their chemical composition.

Index terms: *Zea mays* L., nutritional state, winter cover crop, nitrogen, rate, lowland soil.

Introdução

No Rio Grande do Sul, as áreas com solos de várzea ocupam aproximadamente 5,4 milhões de hectares. Esses solos, também conhecidos como de terras baixas, apresentam como característica marcante a drenagem deficiente. Por essa razão, o cultivo de arroz irrigado constitui-se na principal aptidão agrícola das terras baixas. Tradicionalmente, o arroz irrigado é cultivado em rotação com pastagens, nativas ou cultivadas, utilizadas para a criação extensiva de bovinos e de ovinos. Nesse sistema, é comum, prescindir-se de práticas de manejo adequadas, afetando a qualidade do solo, promovendo a infestação das áreas por plantas daninhas e diminuindo a rentabilidade econômica, ao longo dos anos.

O panorama descrito tem estimulado a busca de alternativas ao modelo de exploração agropecuária vigente, destacando-se como promissora a rotação com culturas de grãos, como o milho (Silva & Parfitt, 2000). No entanto, a expansão desse cultivo em terras baixas ainda requer a adequação de algumas práticas de manejo, em especial do solo e da água. Neste sentido, assume particular importância a nutrição mineral adequada da cultura, uma vez que essa é bastante exigente em fertilidade do solo e tem seu rendimento afetado pela deficiência de nutrientes.

O nutriente mais afetado por esse processo é o nitrogênio, sendo, freqüentemente, o principal elemento limitante à produtividade do milho (Basso, 1999). Em geral, o fornecimento do nutriente à cultura se dá pela aplicação de fertilizantes minerais, os quais apresentam custo elevado, onerando o custo de produção, e representam um risco potencial de contaminação do meio ambiente. A pesquisa tem proposto alternativas para suprir a demanda de nitrogênio para o milho e manter a capacidade produtiva dos solos. Essas se baseiam, fundamentalmente, no aumento da matéria orgânica, pela adição de fitomassa e redução na taxa de decomposição, via redução no

grau de revolvimento do solo, e na adição de nitrogênio ao solo, pelo uso de leguminosas como coberturas de solo (Aita, 1997).

Considerando que nas áreas de várzea do Rio Grande do Sul, a semeadura do milho é realizada apenas a partir da segunda quinzena de novembro, existe a possibilidade de cultivar espécies de outono/inverno, ou mesmo, de primavera antecedendo ao milho. Em terras baixas, as iniciativas nesse sentido são restritas. Porém, os resultados promissores obtidos em outros agroecossistemas (Muzilli et al., 1983; Kanthack et al., 1991; Aita et al., 1994; Pavinato et al., 1994, Da Ros & Aita, 1996) sinalizam para a necessidade de realizar estudos semelhantes em solos de várzea.

A disponibilização de informações relativas ao efeito de resíduos culturais sobre a resposta do milho a nitrogênio em solos de várzea é fundamental ao estabelecimento de recomendação de adubação nitrogenada para a cultura específica para esse ambiente.

A avaliação do estado nutricional das culturas constitui-se em uma forma eficiente de determinar a adequação do manejo da adubação praticado, possibilitando, em alguns casos, a correção de problemas nutricionais ainda durante o ciclo de cultivo, minimizando, ou mesmo evitando, prejuízos em produtividade.

Pelo exposto, realizou-se, em solo de várzea, um experimento para avaliar o efeito de níveis de adubação nitrogenada sobre o estado nutricional do milho, cultivado em sucessão a culturas de cobertura de solo, no inverno.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em duas safras agrícolas consecutivas, a partir de 2000/01, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, sobre um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico solódico (Embrapa, 1999), com as seguintes características: 220 mg dm⁻³ de argila; pH em água = 4,9; índice SMP = 5,5; 18,5 g dm⁻³ de M.O.; 14,0 mg dm⁻³ de P; 74 mg dm⁻³ de K; 18,0 mmol_c dm⁻³ de Al; 16,0

$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca e $9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg.

No primeiro ano, as culturas de cobertura de solo foram implantadas em sistema convencional cultivo, o qual compreendeu uma aração e duas gradagens. Na ocasião, procedeu-se à correção do solo, seguindo recomendação para a cultura do milho (Comissão, 1995), aplicando-se $6,1 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico (PRNT=100%). Os demais cultivos de inverno e verão foram implantados em sistema plantio direto. Após a calagem, realizou-se a adequação da área experimental, com a implantação de sistema de drenagem superficial e de taipas, visando garantir a drenagem e irrigação por inundação intermitente, respectivamente.

Os tratamentos compreenderam seis coberturas de solo no inverno: vegetação espontânea; azevém cv. comum (*Lolium multiflorum*); trevo-persa cv. Kyambro (*Trifolium resupinatum* var. *resupinatum*); trevo-branco cv. Estanzuela Zapican (*Trifolium repens*) e as consorciações de azevém com trevo-persa e com trevo-branco e quatro doses de nitrogênio em cobertura para a cultura do milho (0; 80; 160 e 240 kg ha^{-1}). Utilizou-se um delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as coberturas de solo dispostas nas parcelas (96 m^2) e as doses de nitrogênio, nas subparcelas (24 m^2).

As culturas de cobertura de solo foram semeadas em junho de 2000 e maio de 2001. Em ambas as safras, a semeadura foi realizada a lanço, utilizando-se as seguintes densidades nos cultivos solteiros: 40 kg ha^{-1} de azevém; 5 kg ha^{-1} de trevo-persa e 4 kg ha^{-1} de trevo-branco. Já para as consorciações, reduziram-se as quantidades de cada espécie a 50% da utilizada no cultivo solteiro. Visando favorecer a fixação biológica de N, as sementes das leguminosas foram previamente inoculadas com inóculo específico.

Em ambas as safras, as adubações básicas de semeadura para as culturas de coberturas de solo foram definidas de acordo com os resultados da análise de solo e seguindo as recomendações de Comissão (1995), considerando-as como primeiro cultivo. Estas consistiram na aplicação, a lanço, de fontes de fósforo

(superfosfato triplo) e de potássio (cloreto de potássio). Apenas para as parcelas com cultivo solteiro de azevém, realizou-se, por ocasião do perfilhamento, cobertura nitrogenada, na dose de 60 kg ha⁻¹ de N (uréia), parcelada em duas aplicações.

As espécies de cobertura de solo foram cultivadas até o final do mês de novembro, quando procedeu-se ao dessecamento químico com Glyfosate (5 L ha⁻¹).

A semeadura do milho cv. AG5011 foi realizada em 11/12/2000 e 20/12/2001, na primeira e segunda safra, respectivamente. Utilizou-se um espaçamento entre linhas de 70 cm e uma densidade de semeadura que garantisse atingir uma população de 60.000 plantas ha⁻¹. Utilizaram-se sementes tratadas com Furasin (2,25 L 100 kg⁻¹ de sementes).

As adubações de semeadura para o milho consistiram na aplicação de 200 e 400 kg ha⁻¹ da fórmula 0-20-30 (Comissão, 1995), no primeiro e segundo anos, respectivamente. Para os tratamentos que previam o uso de nitrogênio mineral, realizou-se uma complementação da adubação de semeadura, com a aplicação, a lanço, de 20 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia. Para os tratamentos com doses de 80 e 160 kg ha⁻¹ de N, o restante da adubação nitrogenada foi aplicado em cobertura, parcelado metade no estádio de 4 a 5 folhas e metade, no estádio de 8 a 9 folhas. Por sua vez, para os tratamentos com dose de 240 kg ha⁻¹ de N, parcelou-se a cobertura nitrogenada em três aplicações de quantidades iguais, nos estádios de 4 a 5 folhas, 8 a 9 folhas e 11 a 12 folhas. Como fonte de N, utilizou-se uréia.

Os tratos culturais realizados consistiram no controle químico de plantas daninhas e de insetos praga, especialmente a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (Recomendações, 1998), e na irrigação das parcelas por aspersão e por inundação intermitente, respectivamente nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura ou em fases mais adiantadas, para garantir o suprimento adequado de água à cultura. Em ambos os anos agrícolas, especialmente na fase posterior ao florescimento, ocorreram períodos de excesso de chuva, provocando o encharcamento do solo, a despeito da presença de sistema de drenagem superficial do terreno.

A avaliação do estado nutricional do milho consistiu na determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn (Freire, 1998) em amostras da folha oposta e abaixo da espiga, coletadas por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (Malavolta et al., 1997).

Resultados e Discussão

Safra agrícola 2000/01

Nesta safra, verificou-se efeito dos tratamentos sobre o estado nutricional do milho para os nutrientes N, P, Ca, Mg, B, Cu e Zn. As diferenças observadas foram devidas à dose de nitrogênio utilizada ou à interação entre os fatores cultura de cobertura de solo e dose de nitrogênio aplicada ao milho. Os teores de potássio, ferro e manganês não sofreram influência dos tratamentos, tendo apresentado, respectivamente, os seguintes valores médios no experimento: 16,2 g kg⁻¹; 208 mg kg⁻¹ e 71 mg kg⁻¹.

O teor de N na planta aumentou com a dose do nutriente; o comportamento observado foi ajustado ao modelo linear crescente $y = 14,350 + 0,036x$; $R^2 = 0,99^{**}$, o qual indica que não se atingiu valor máximo para essa variável dentro do intervalo de doses testado (Figura 1). Para os macronutrientes P, Ca e Mg, a interação cobertura de solo x dose de N foi significativa (Tabelas 1, 2 e 3); as variações devidas às coberturas de solo nos teores desses nutrientes no milho restringiram-se à aplicação da dose mais alta de N (240 kg ha⁻¹). Para o P, maior conteúdo do nutriente no milho foi determinado quando cultivado em sucessão à vegetação espontânea, seguida pelas coberturas em cultivo solteiro e, finalmente, pelas consorciações, cujo teor na planta equiparou-se, apenas, ao do trevo-persa. Da mesma forma, os teores de Ca e de Mg no milho foram maiores quando cultivado sobre a vegetação espontânea. Para o Ca, o pior desempenho ocorreu quando em sucessão à consorciação azevém/trevo-persa, que não diferiu de azevém/trevo-branco, com teor intermediário. Já para o magnésio, todos os demais tratamentos foram semelhantes entre si.

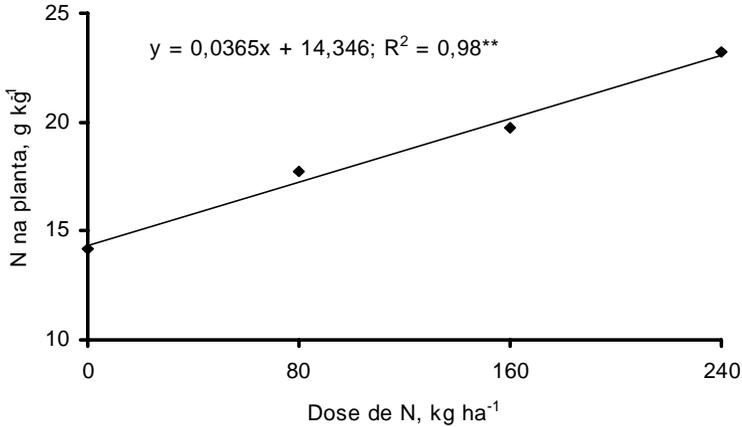


Figura 1. Teor de nitrogênio no milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, 2001.

Tabela 1. Teor de fósforo nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, 2001.

Cobertura de solo	Dose de N, kg ha ⁻¹			
	0	80	160	240
	g kg ⁻¹			
Vegetação espontânea	1,6a	2,0a	2,5a	3,3a
A zevém	1,8a	2,3a	2,1a	2,8b
Trevo-branco	1,9a	2,0a	2,2a	2,8b
Trevo-persa	1,7a	2,2a	2,0a	2,5bc
A zevém /trevo-branco	1,7a	2,0a	2,1a	2,2c
A zevém /trevo-persa	1,8a	1,9a	2,2a	2,2c
CV (Cobertura de solo) = 8%	CV (Dose de N) = 15%			

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si (Duncan 5%).

Tabela 2. Teor de cálcio nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, 2001.

Cobertura de solo	Dose de N, kg ha ⁻¹			
	0	80	160	240
	g kg ⁻¹			
Vegetação espontânea	2,5a	2,9a	3,2a	4,5a
Azevém	2,3a	3,2a	2,9a	3,4b
Trevo-branco	2,8a	3,0a	3,0a	3,3b
Trevo-persa	2,8a	3,0a	3,0a	3,3b
Azevém /trevo-branco	2,2a	2,9a	3,1a	3,1bc
Azevém /trevo-persa	2,5a	2,7a	2,8a	2,4c
CV (Cobertura de solo) = 10%	CV (Dose de N) = 16%			

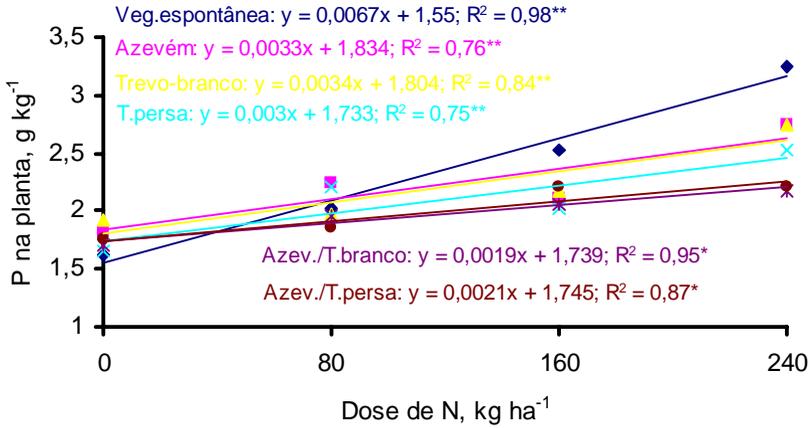
Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si (Duncan 5%).

Tabela 3. Teor de magnésio nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, 2001.

Cobertura de solo	Dose de N, kg ha ⁻¹			
	0	80	160	240
	g kg ⁻¹			
Vegetação espontânea	1,6a	2,1a	2,4a	3,7a
Azevém	1,3a	2,1a	2,0a	2,3b
Trevo-branco	1,7a	1,9a	2,2a	2,1b
Trevo-persa	1,8a	2,1a	2,2a	2,2b
Azevém /trevo-branco	1,4a	2,0a	2,2a	2,0b
Azevém /trevo-persa	1,6a	1,6a	1,9a	1,7b
CV (Cobertura de solo) = 16%	CV (Dose de N) = 25%			

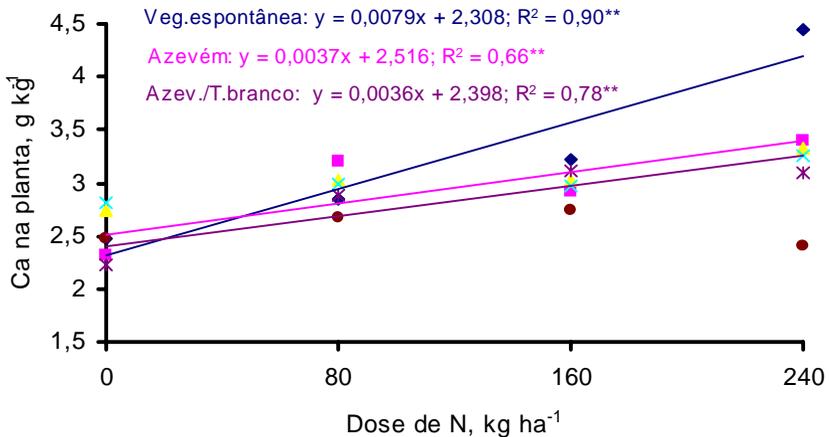
Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si (Duncan 5%).

Independentemente da cultura antecedente ao milho, o teor de fósforo na planta de milho aumentou proporcionalmente à dose de N aplicada (Figura 2), indicando que a maior disponibilidade de nitrogênio no meio de cultivo favorece a absorção de fósforo pelo milho. Efeito semelhante foi determinado para os teores de cálcio no milho, quando do cultivo em sucessão à vegetação espontânea, ao azevém e à consorciação azevém/trevo-branco (Figura 3).



◆ Veg.espontânea ■ Azevém ▲ T.branco × T.persa ✖ Azev./T.branco ● Azev./T.persa

Figura 2. Teor de fósforo nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de N. Capão do Leão, RS, 2001.



◆ Veg.espontânea ■ Azevém ▲ T.branco × T.persa ✖ Azev./T.branco ● Azev./T.persa

Figura 3. Teor de cálcio nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de N. Capão do Leão, RS, 2001.

O efeito da variação da dose de N aplicada ao milho sobre o teor de magnésio na planta independeu da cultura de cobertura de solo, ajustando-se ao modelo linear crescente: $y = 0,0031x + 1,624$; $R^2 = 0,95^{**}$ (Figura 4), também demonstrando efeito sinérgico do nitrogênio presente no meio de cultivo sobre a absorção de Mg pelo milho.

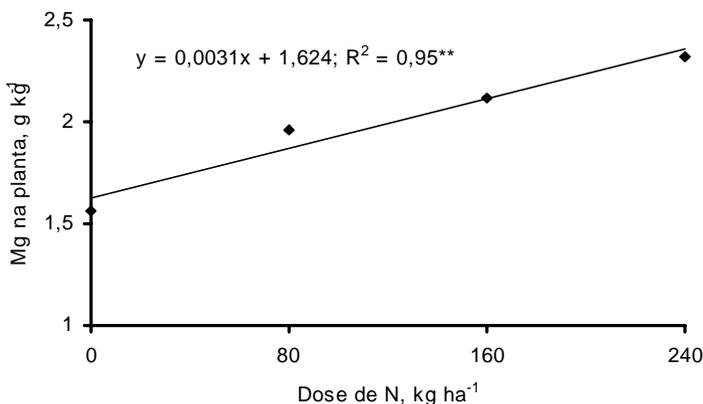


Figura 4. Teor de magnésio nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da dose de N. Capão do Leão, RS, 2001.

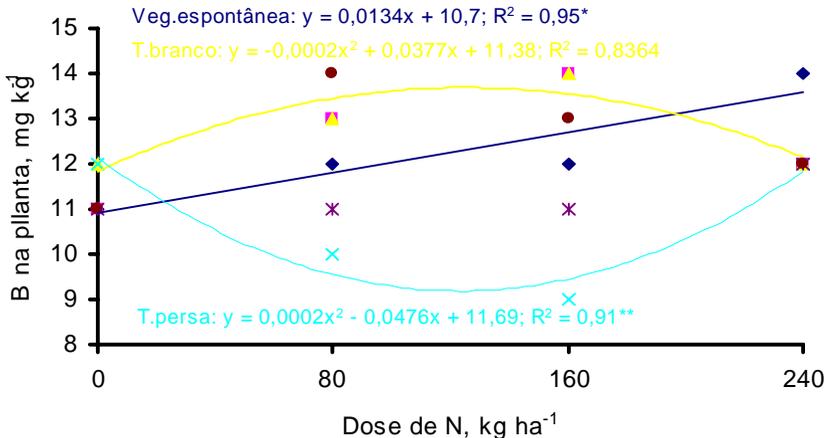
Entre os micronutrientes, efeito significativo da interação cobertura de solo x dose de N foi observado apenas para o conteúdo de boro no milho, observando-se variações entre as coberturas de solo em todos os tratamentos com aplicação de nitrogênio. Para a dose de 80 kg ha⁻¹ de N, maior teor de B no milho foi determinado quando do cultivo em sucessão à consorciação azevém/trevo-persa; o efeito desta cobertura não diferiu, porém, do proporcionado pelas demais, exceção feita para o trevo-persa, que condicionou menor teor de B na planta de milho. Também para a dose de 160 kg ha⁻¹ de N, menor teor de B no milho foi condicionado pelo cultivo em sucessão ao trevo-persa, cujo efeito não diferiu, apenas, da consorciação azevém/trevo-branco, que apresentou desempenho intermediário e estatisticamente semelhante ao das demais culturas de cobertura, com teor de boro no milho. Já para a aplicação de 240 kg ha⁻¹ de N, a vegetação espontânea determinou maior teor de B no milho, sendo equiparada pelas demais espécies de cobertura de solo, com exceção do trevo-branco (Tabela 4). Com relação ao

efeito da dose de N, este se manifestou para a vegetação espontânea, ajustando-se a modelo linear crescente, e para as leguminosas trevo-branco e trevo-persa, cujos dados foram descritos por modelos quadráticos (Figura 5)

Tabela 4. Teor de boro nas plantas de milho avaliadas por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, 2001.

Cobertura de solo	Dose de N ,kg ha ⁻¹			
	0	80	160	240
	—————m g kg ⁻¹ —————			
Vegetação espontânea	11a	12ab	12a	14a
Azevém	11a	13ab	14a	13ab
Trevo-branco	12a	13ab	14a	11b
Trevo-persa	12a	10b	9b	12ab
Azevém /trevo-branco	11a	11ab	11ab	12ab
Azevém /trevo-persa	11a	14a	13a	12ab
CV (Cobertura de solo) = 12%	CV (Dose de N) = 15%			

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si (Duncan 5%).



◆ Veg. espontânea ■ Azevém ▲ T.branco × T.persa ✖ Azev./T.branco ● Azev./T.persa

Figura 5. Teor de boro nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de N. Capão do Leão, RS, 2001.

Os teores de cobre e de zinco no milho variaram, apenas, com a dose de N aplicada, ambos ajustando-se a modelos lineares crescentes (Figuras 6 e 7), confirmando efeito benéfico do aumento da disponibilidade de nitrogênio no meio de cultivo sobre a absorção de nutrientes pelo milho.

Os resultados obtidos demonstram a importância da suplementação mineral com N, no solo em estudo, para a absorção de nutrientes e nutrição adequada do milho. Indicam, ainda, que, apenas para os nutrientes P, Ca, Mg e B, o efeito da adubação nitrogenada sofreu influência da cultura de cobertura. Os teores médios de Ca, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas de milho encontram-se dentro das faixas de suficiência propostas por Malavolta et al. (1997). No entanto, para os nutrientes N, P, K, Mg e B, estes foram inferiores aos considerados adequados por esses autores.

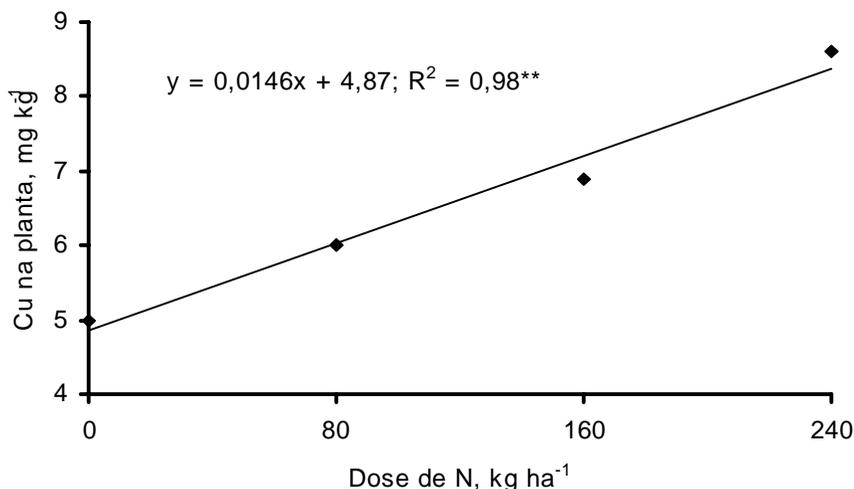


Figura 6. Teor de cobre nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da dose de N. Capão do Leão, RS, 2001.

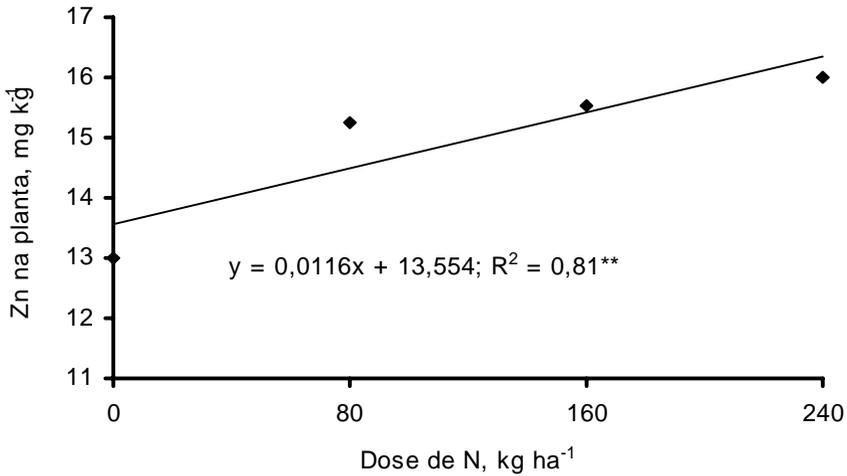


Figura 7. Teor de zinco nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da dose de N. Capão do Leão, RS, 2001.

Safra agrícola 2001/02

Na segunda safra, apenas os teores de potássio e de ferro no tecido foliar do milho não sofreram efeito dos tratamentos, tendo apresentado, respectivamente, os seguintes valores médios no experimento: 17,2 g kg⁻¹ e 171 mg kg⁻¹. Os teores de cálcio e de cobre foram influenciados, exclusivamente, pela dose de N aplicada ao milho; os de nitrogênio, magnésio e zinco, pela cultura de cobertura de solo e pela dose de N e os demais nutrientes avaliados pela interação desses dois fatores.

Maior teor de N no milho foi determinado quando cultivado em sucessão às leguminosas trevo-branco e trevo-persa, cujo efeito foi equiparado pela vegetação espontânea e pela consorciação azevém/trevo-persa, que proporcionaram desempenho intermediário, não diferindo, porém, do efeito propiciado pelo azevém em cultivo solteiro ou associado ao trevo-branco (Tabela 5). Estes resultados estão relacionados, principalmente, ao conteúdo de N da cultura antecedente, aumentando proporcionalmente à quantidade do nutriente aportada ao sistema (Scivittaro et al., 2006). Adicionalmente, confirmam dados obtidos por Pöttker & Roman (1994), os quais mostram

que a composição química da cultura de cobertura de solo define a disponibilidade de N no meio de cultivo e, conseqüentemente, em sua absorção pelo milho.

Tabela 5. Teores de nitrogênio, magnésio e zinco na folha índice do milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo. Capão do Leão, RS, 2002.

Cobertura de solo	N	Mg	Zn
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Veget. Espontânea	19,6ab	2,08ab	9,6ab
Azevém	17,0b	2,08ab	7,4bc
Trevo-branco	20,3a	2,08ab	10,9a
Trevo-persa	21,0a	2,51a	10,2a
Azevém /trevo-branco	17,1b	1,78b	6,6c
Azevém /trevo-persa	19,4ab	2,14ab	8,6abc
CV, %	9,2	12,6	17,4

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si (Duncan 5%).

À semelhança do verificado na safra anterior, independentemente da cultura de antecedente, o teor de N no milho aumentou em resposta ao incremento da adubação nitrogenada (Figura 8), ratificando a carência do nutriente no solo trabalhado, visto que a resposta da cultura à adição de N superou a recomendação de adubação para a cultura (Sociedade, 2004).

Com relação ao teor de P no milho, efeito das culturas de cobertura de solo foi determinado quando da omissão da adubação nitrogenada e para as doses de 80 e 160 kg ha⁻¹ de N. Na omissão de N, maior teor de P na planta de milho foi determinado quando cultivado em sucessão ao azevém, trevo-branco e à vegetação espontânea, sendo o efeito destas duas últimas coberturas equiparado, também, ao das demais. Por sua vez, para os tratamentos com aplicação de N, as coberturas trevo-persa, trevo-branco, vegetação espontânea e azevém/trevo-branco propiciaram maior teor de P no milho, sendo que apenas a primeira teve efeito superior ao do azevém e da consorciação azevém/trevo-persa, as quais proporcionaram menor teor foliar de fósforo (Tabela 6).

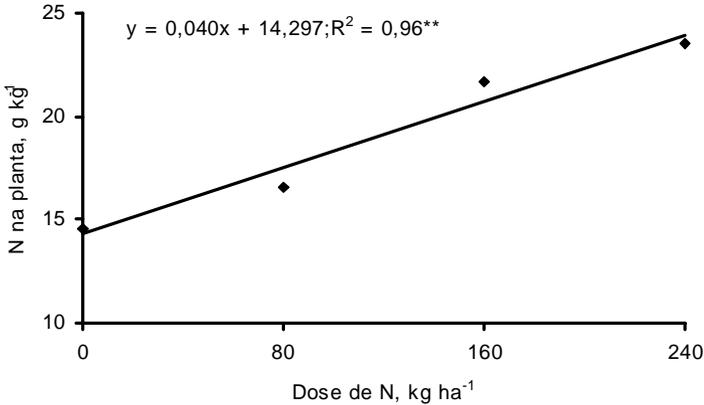


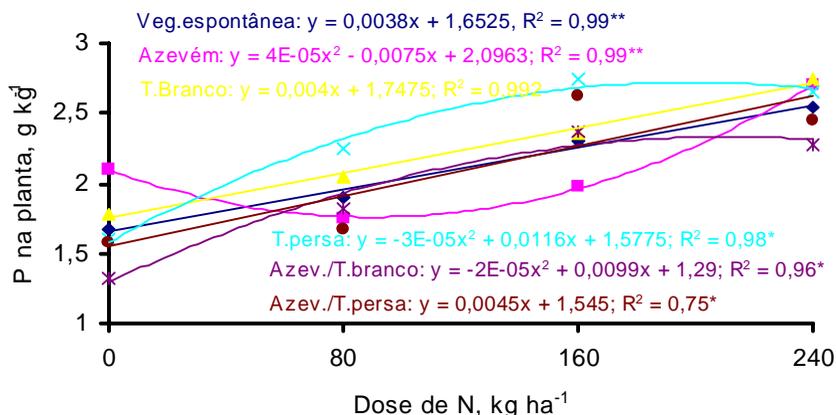
Figura 8. Teor de nitrogênio nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da dose de N. Capão do Leão, RS, 2002.

Tabela 6. Teor de fósforo na folha índice do milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, 2002.

Cobertura de solo	Dose de N, kg ha ⁻¹			
	0	80	160	240
	g kg ⁻¹			
Vegetação espontânea	1,7ab	1,9ab	2,3ab	2,6a
Azevém	2,1a	1,8b	2,0b	2,7a
Trevo-branco	1,8ab	2,0ab	2,4ab	2,8a
Trevo-persa	1,6b	2,2a	2,8a	2,6a
Azevém + trevo-branco	1,3b	1,8ab	2,4ab	2,3a
Azevém + trevo-persa	1,6b	1,7b	2,6a	2,4a
CV (Cobertura de solo) = 8,1%	CV (Dose de N) = 13,4%			

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si (Duncan 5%).

O efeito da dose de nitrogênio sobre o teor de P variou em função da cultura antecedente ao milho. Quando cultivado em sucessão à vegetação espontânea, ao trevo-branco e à consorciação azevém/trevo-persa, os dados ajustaram-se a modelos lineares crescentes, segundos os quais o aumento da adubação nitrogenada proporcionou incremento no teor foliar de P no milho, não se tendo atingido valores máximos para a variável dentro do intervalo de doses testado. Por sua vez, o cultivo em sucessão ao azevém, trevo-persa e à consorciação azevém/trevo branco propiciou respostas quadráticas à adição de N ao milho (Figura 9).



◆ Veg. espontânea ■ Azevém ▲ T. branco × T. persa ✖ Azev./T. branco ● Azev./T. persa

Figura 9. Teor de fósforo nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de N. Capão do Leão, RS, 2002.

Os teores de cálcio, magnésio, cobre e zinco no milho, independentemente da cultura antecedente, aumentaram proporcionalmente à dose de N aplicada à cultura (Figuras 10, 11, 12 e 13), demonstrando efeito sinérgico do nitrogênio sobre a absorção desses nutrientes. Os teores de Mg e Zn foram influenciados, ainda, pela cultura de cobertura de solo. No caso do magnésio, maior e menor teor do nutriente no milho foram determinados, respectivamente, quando do cultivo em sucessão ao trevo-persa e à sucessão azevém/trevo-persa; as demais coberturas proporcionaram teores intermediários, não diferindo de ambas as anteriores. Para o zinco, as coberturas trevo-branco, trevo-persa, vegetação espontânea e azevém/trevo-persa condicionaram maior teor foliar do nutriente, sendo o efeito desta última semelhante, ainda, ao da consorciação azevém/trevo-branco, que proporcionou menor teor de Zn no milho e ao do azevém, com efeito intermediário e estatisticamente semelhante ao da vegetação espontânea e de azevém/trevo-persa (Tabela 5).

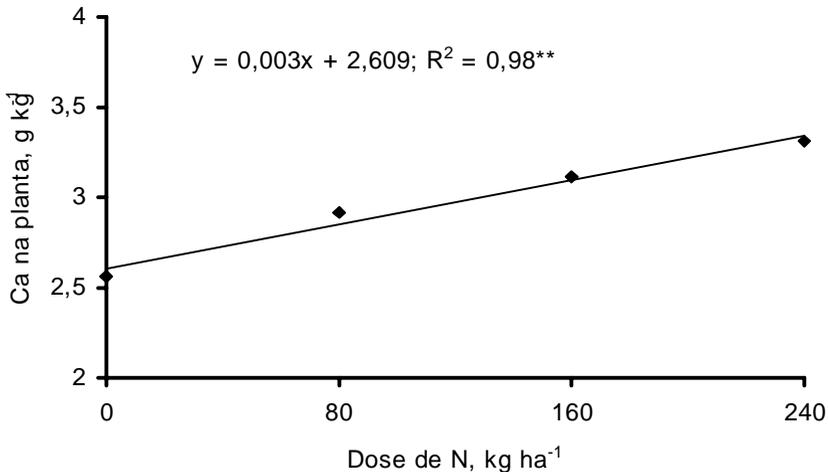


Figura 10. Teor de cálcio nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da dose de N. Capão do Leão, RS, 2002.

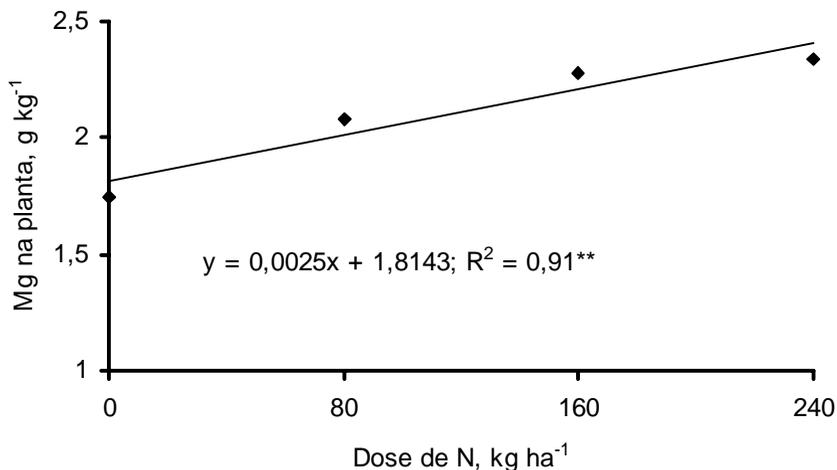


Figura 11. Teor de magnésio nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da dose de N. Capão do Leão, RS, 2002.

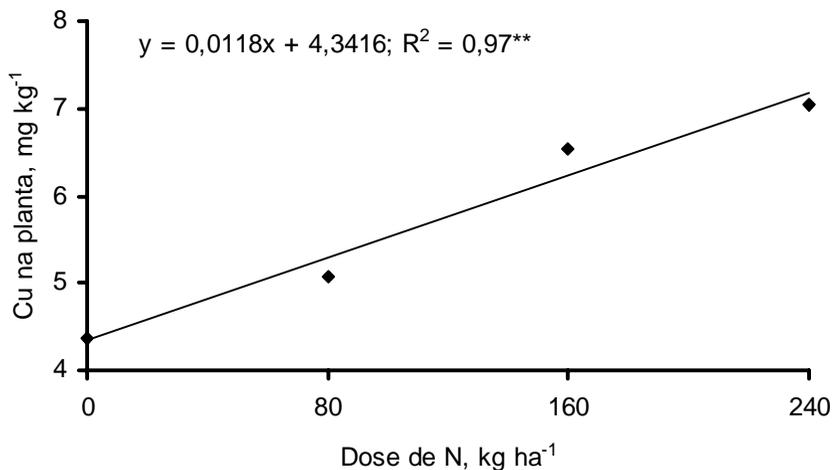


Figura 12. Teor de cobre nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da dose de N. Capão do Leão, RS, 2002.

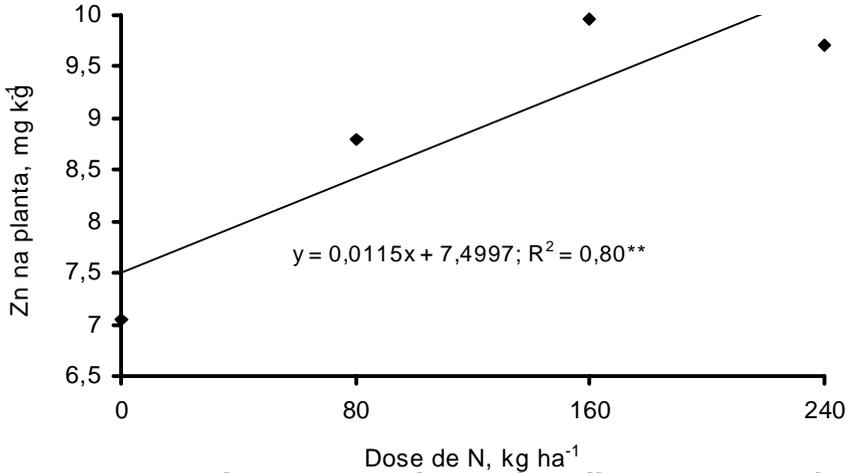


Figura 13. Teor de zinco nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da dose de N. Capão do Leão, RS, 2002.

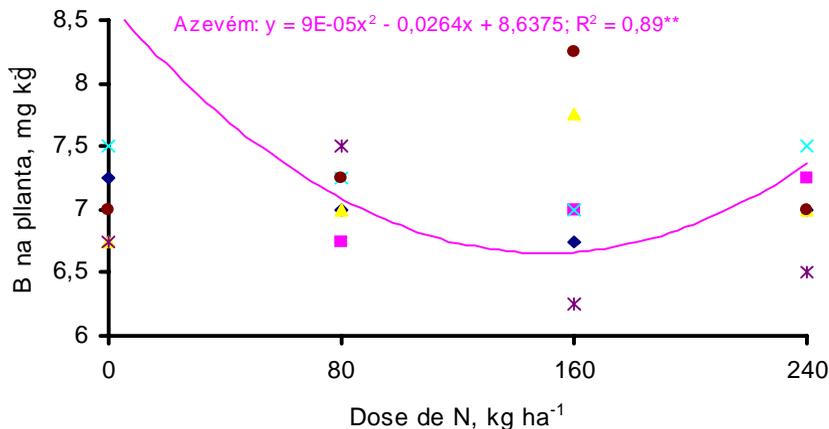
O efeito da cultura antecedente sobre o teor de boro no milho manifestou-se, apenas, para os tratamentos sem adubação nitrogenada e com a aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N. Para o primeiro, as coberturas azevém, vegetação espontânea e trevo-branco proporcionaram maior teor de B; as duas últimas não diferiram, porém, das demais, que determinaram menor teor do nutriente no milho. Já com a aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N ao milho, o trevo-persa em cultivo solteiro ou consorciado ao azevém proporcionou maior teor de B no milho. Estas coberturas foram equiparadas pela consorciação azevém/trevo-branco e vegetação espontânea, com efeito intermediário e semelhante ao do azevém, que proporcionou menor teor de B na planta (Tabela 7).

Tabela 7. Teor de boro na folha índice do milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, 2002.

Cobertura de solo	Dose de N, kg ha ⁻¹			
	0	80	160	240
	— m g kg ⁻¹ —			
Veget. espontânea	7,2ab	7,0a	6,8ab	7,0a
Azevém	8,8a	6,8a	7,0ab	7,2a
Trevo-branco	6,8b	7,0a	7,8ab	7,0a
Trevo-persa	7,5ab	7,2a	7,0ab	7,5a
Azevém /trevo-branco	6,8b	7,5a	6,2b	6,5a
Azevém /trevo-persa	7,0ab	7,2a	8,2a	7,0a
CV (cultura antecessora) = 13,3%	CV (dose de N) = 11,6%			

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si (Duncan 5%).

O efeito da dose de N sobre o teor foliar de boro no milho restringiu-se ao cultivo em sucessão ao azevém. Os dados obtidos foram ajustados a um modelo quadrático, com valor mínimo correspondente à dose de 147 kg ha⁻¹ de N (Figura 14).



◆ Veg. espontânea ■ Azevém ▲ T.branco × T.persa ✖ Azev./T.branco ● Azev./T.persa

Figura 14. Teor de boro nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de N. Capão do Leão, RS, 2002.

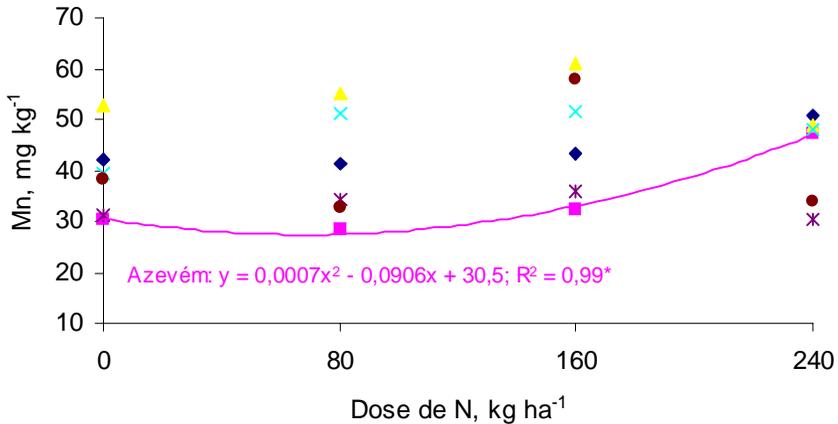
Quanto ao efeito das coberturas de solo sobre o teor de manganês, este variou em função da dose de N. Na omissão do nutriente, maior teor de Mn foi determinado para o milho cultivado em sucessão ao trevo-branco, vegetação espontânea, trevo-persa e azevém/trevo-persa; o teor determinado pelas três últimas não diferiu, porém, daquele proporcionado pela consorciação azevém/trevo-branco e azevém, que proporcionou menor conteúdo de Mn no milho. Para a menor dose de N (80 kg ha⁻¹), destacou-se o efeito do trevo-persa, que foi equiparado, apenas, pela vegetação espontânea, a qual não diferiu também das demais coberturas. Na dose intermediária de N, maior teor de Mn no milho foi determinado para os cultivos em sucessão ao trevo-branco, trevo-persa e azevém/trevo-persa; as duas últimas não diferiram da vegetação espontânea, cujo efeito foi semelhante, ainda, ao da consorciação azevém/trevo-branco e azevém, que proporcionaram menor teor do nutriente no milho. Por sua vez, para a dose de 240 kg ha⁻¹ de N, maior teor de Mn foi determinado para o cultivo em sucessão à vegetação espontânea e aos cultivos solteiros; estes não diferiram da consorciação azevém/trevo-persa, cujo desempenho equiparou-se, também, ao da consorciação azevém/trevo-branco, com menor teor foliar de Mn (Tabela 8).

Tabela 8. Teor de manganês na folha índice do milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de nitrogênio. Capão do Leão, RS, 2002.

Cobertura de solo	Dose de N, kg ha ⁻¹			
	0	80	160	240
	m g kg ⁻¹			
Veget. espontânea	42,2ab	41,5ab	43,5bc	50,8a
Azevém	30,2b	28,2b	32,2c	47,2ab
Trevo-branco	52,8a	55,0b	61,0a	48,8ab
Trevo-persa	39,5ab	51,2a	51,8ab	48,0ab
Azevém /trevo-branco	31,2b	34,2b	35,8c	30,2c
Azevém /trevo-persa	38,2ab	32,8b	57,8ab	33,8bc
CV (cultura antecessora) = 16,1%	CV (dose de N) = 21,1%			

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si (Duncan 5%).

Assim como verificado para o boro, também o efeito da dose de N sobre o teor do manganês no milho restringiu-se ao cultivo em sucessão ao azevém, sendo os dados descritos por modelo quadrático, com valor mínimo correspondente à aplicação de 65 kg ha⁻¹ de N (Figura 14).



◆ Veg. espontânea ■ Azevém ▲ T. branco × T. persa * Azev./T. branco ● Azev./T. persa

Figura 14. Teor de manganês nas plantas de milho por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina, em função da cobertura de solo e da dose de N. Capão do Leão, RS, 2002.

A análise global dos dados obtidos na segunda safra reafirmam o comportamento verificado na safra anterior, que evidencia efeito sinérgico do nitrogênio sobre a absorção dos macro e micronutrientes analisados. O efeito das culturas antecedentes foi mais restrito e esteve associado, principalmente, ao aporte de nutrientes, em especial o nitrogênio, ao meio de cultivo, que interfere nos processos de decomposição e mineralização do material orgânico e na liberação de nutrientes no meio de cultivo. Ademais, é importante considerar a magnitude do efeito de diluição envolvido nos processos verificados, com diluições variáveis nos teores dos nutrientes no milho em função da magnitude de seu crescimento em resposta a variações na dose de N e na cultura de cobertura de solo.

A comparação dos valores médios dos nutrientes determinados no experimento com as faixas de suficiência indicadas na literatura revela que apenas os teores de Ca, Cu e Fe no milho não foram inferiores aos recomendados (Malavolta et al., 1997), demonstrando a baixa fertilidade do solo de várzea utilizado.

Conclusões

A adubação nitrogenada favorece a absorção de nutrientes e o estado nutricional do milho, sendo esse efeito diretamente proporcional à dose do nutriente.

O efeito de culturas de cobertura do solo sobre o estado nutricional do milho está associado à sua composição química.

Referências Bibliográficas

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeitos sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Coord.). ***Atualização em recomendação de adubação e calagem***: ênfase em plantio direto. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 76-111.

AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L. *et al.* Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para 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.

BASSO, C.J. ***Épocas de aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto***. Santa Maria, 1999. 76 p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. ***Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina***. 3.ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo

Regional Sul, 1995. 224 p.

DA ROS, A.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura de solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 135-140, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FREIRE, C.J. da S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1998. 208 p.

KANTHACK, R.A.D.; MASCARENHAS, H.A.A.; CASTRO, O.M. de; TANAKA, R.T. Nitrogênio aplicado em cobertura no milho após tremoço. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 99-104, 1991.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

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, 1983.

PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, A.A. *et al.* Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29 n. 9, p. 427-432, 1983.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 763-770, 1994.

RECOMENDAÇÕES técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS, 1998. 148 p. (Boletim Técnico, 5).

SCIVITTARO, W.B.; SILVA, C.A.S. da; REIS, J.C.L. Adubação nitrogenada para o milho em sucessão a culturas de cobertura de solo no sistema plantio direto. Embrapa Clima Temperado: Pelotas, 2006. 24 p. (Embrapa Clima Temperado, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 36).

SILVA, C.A.S. da; PARFITT, J.M.B. Drenagem e irrigação para milho e sorgo cultivados em rotação com arroz irrigado. In: PARFITT, J.M.B. (Coord.). ***Produção de milho e sorgo em várzea***. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 61-72. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 74).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. ***Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina***. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.