

RENDIMENTOS E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA PLANTA DE MILHO (*Zea mays L.*) PARA SILAGEM, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA

MIKAEL NEUMANN¹, ITACIR ELOI SANDINI² SEBASTIÃO BRASIL CAMPOS LUSTOSA³ PAULO
ROBERTO OST⁴ MARCO AURÉLIO ROMANO⁵ MARGARETE KIMIE FALBO⁶ EDSON RODRIGO
PANSERA⁷

¹ Engenheiro Agrônomo, MSc., Doutorando em Zootecnia na UFRGS, Professor do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Rua Simeão Camargo Varela de Sá, nº 03, CEP: 85.040-080, Guarapuava-PR. E mail: mikaelneumann@hotmail.com - Autor para correspondência.

² Engenheiro Agrônomo, MSc., Professor do Departamento de Agronomia da UNICENTRO.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Agronomia da UNICENTRO.

⁴ Zootecnista, Dr., Professor do Departamento de Medicina Veterinária da UNICENTRO.

⁵ Médico Veterinário, Dr., Professor do Departamento de Medicina Veterinária da UNICENTRO.

⁶ Médica Veterinária, MSc., Professora do Departamento de Medicina Veterinária da UNICENTRO.

⁷ Estagiário do Núcleo de Produção Animal, Graduando do Curso de Medicina Veterinária da UNICENTRO.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.4, n.3, p.418-427, 2005

RESUMO - O experimento teve por objetivo avaliar o efeito de níveis de adubação nitrogenada em cobertura sobre os rendimentos e componentes da produção de forragem da planta de milho (*Zea mays*, L.) para silagem. Foram avaliados os seguintes tratamentos: T₁: 0 kg ha⁻¹ de N; T₂: 45 kg ha⁻¹ de N; T₃: 90 kg ha⁻¹ de N; T₄: 135 kg ha⁻¹ de N. As equações de regressão para os teores de matéria seca (MS) dos componentes brácteas ($35,0633 + 0,15667N - 0,00098N^2$) e sabugo ($35,8133 + 0,15778N - 0,00084N^2$) mostraram pontos de máxima MS com a aplicação de 79,9 e 93,9 kg ha⁻¹ de N, respectivamente; já nas equações de regressão para os componentes colmo ($24,2100 + 0,0240N$) e planta inteira ($38,2000 + 0,0289N$), houve incrementos nos teores de MS (0,024 e 0,029%, respectivamente), enquanto que, nos grãos ($52,7267 - 0,0380N$) verificaram-se decréscimos nos teores de MS (-0,038%) a cada kg de N aplicado em cobertura. Observou-se comportamento linear ($24,3967 + 0,0422N$) crescente de 0,042% na participação do componente grãos na estrutura da planta, para cada kg de N aplicado. A participação de grãos na estrutura da planta aumentou significativamente, de 23,7% (0 kg ha⁻¹ de N) para 29,9% (135 kg ha⁻¹ de N). Os dados, quando submetidos à análise de regressão ajustaram-se linearmente até o nível de 135 kg ha⁻¹ de N para produção de matéria seca ($15,219 + 58,9493N$) e produção matéria verde ($39,979 + 112,9629N$), indicando que, para cada kg de uréia aplicado em cobertura no milho para silagem, incrementa-se a produção em 58,95 e 112,96 kg ha⁻¹, respectivamente.

Palavras-chave: composição da planta, fertilização, produção de matéria verde, teores de matéria seca

YIELD AND PRODUCTION COMPONENTS OF CORN (*Zea mays L.*) FOR SILAGE AS A RESULT OF NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT - The experiment was conducted to evaluate the effect of forage nitrogen fertilization levels on the yield and components of corn (*Zea mays*) for silage. The

treatments were: T₁: 0 kg ha⁻¹ of N; T₂: 45 kg ha⁻¹ of N; T₃: 90 kg ha⁻¹ of N and T₄: 135 kg ha⁻¹ of N. The regression equations for dry matter contents (DM) of bract components ($35,0633 + 0,15667N - 0,00098N^2$) and corncob ($35,8133 + 0,15778N - 0,00084N^2$) showed points of maximum DM with the application of 79.9 and 93.9 kg ha⁻¹ of N, respectively. For the components stem ($24.2100 + 0.0240N$) and plant ($38.2000 + 0.0289N$) there was an increase in the levels of dry matter (0.024% and 0.029% respectively) whereas for grains ($52,7267 - 0,0380N$) there was a decrease in DM contents (-0,038%) for each kg of nitrogen applied. It was observed a linear behavior ($24.3967 + 0.0422N$) rising in 0,042% the participation of grains in the plant structure for each kg of N applied. The participation of grains increased significantly, from 23,7% (0 kg ha⁻¹ of N) to 29,9% (135 kg ha⁻¹ of N). The data, when submitted to the regression analysis, adjusted linearly to the level of 135 kg ha⁻¹ of N for dry matter production ($15219 + 58.9493N$) and green matter production ($39979 + 112.9629N$) demonstrated that each kg of fertilizer increased the production by 58.95 and 112.96 kg ha⁻¹, respectively.

Key words: dry matter contents, green matter production, fertilization, plant composition

A cultura do milho para silagem requer uma fertilidade diferenciada daquela para a produção de grãos. O nitrogênio (N) é o nutriente mais exportado na cultura do milho; cerca de 75% do nitrogênio do solo é translocado para o grão, concentrando aproximadamente 15 kg de N/t de grãos colhidos.

No processo de produção de silagem de milho, em que toda a parte aérea da cultura é colhida, a exportação de nitrogênio é mais acentuada. Também são extraídos do solo elementos como enxofre, potássio, cálcio, magnésio e micro elementos como zinco, cobre, manganês, entre outros, o que justifica maiores investimentos em adubação de base e/ou cobertura para o milho destinados à silagem.

Segundo Nussio (1992), a contribuição do grão na composição da silagem de milho não só assegura o valor nutritivo do material original, mas proporciona também maiores teores de matéria seca à silagem.

A demanda de nitrogênio pela planta ocorre desde a elongação (estágio V6) até o florescimento, influenciando diretamente os processos vitais da fotossíntese, respiração, multi-

plicação e diferenciação celular. É também constituinte essencial dos aminoácidos (Malavolta *et al.*, 1997) e moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos. Além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila, o nitrogênio é um dos nutrientes que apresentam os efeitos mais relevantes no aumento da produção de grãos na cultura do milho (Bull & Cantarella, 1993).

A formação de grãos na cultura do milho está estreitamente relacionada com a translocação de açúcar (Crawford *et al.*, 1982) e de nitrogênio (Karlen *et al.*, 1988) de órgãos vegetativos, principalmente das folhas para os grãos, assim como é evidente a relação entre área foliar verde e produção de grãos, visto que folhas bem supridas em nitrogênio têm maior capacidade de assimilar CO₂ e sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando em maior acúmulo de biomassa. Sob condições de deficiência de nitrogênio, a divisão celular é retardada nos pontos de crescimento, o que resulta em redução da área foliar e no tamanho da planta (Arnon, 1975). O aumento de produtividade proporcionado pelo nitrogênio pode ser atribuído, também, aos seus

efeitos sobre o crescimento do sistema radicular, sobre o aumento do comprimento da espiga (Balko & Russel, 1980) e do número de espigas por planta (Balko & Russel, 1980; Ebelhar *et al.*, 1987). Segundo Amado *et al.* (2002), o nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas gramíneas e, em anos nos quais as condições climáticas são favoráveis à cultura do milho, a quantidade de N exigida para otimizar a produtividade de grãos pode alcançar valores superiores a 150 kg ha⁻¹; quantidade esta que dificilmente será suprida somente pelo solo, havendo necessidade de usar outras fontes suplementares desse nutriente.

A deficiência de nitrogênio influencia vários aspectos fisiológicos e morfológicos de gramíneas, tais como número de perfilhos, desenvolvimento de folhas individuais e sua capacidade fotossintética. Segundo Carambula (1977), de forma geral, o fator que mais influencia a produtividade das forragens é o nitrogênio, por ser esse o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de adubação nitrogenada em cobertura quanto às características agrônomicas quantitativas da planta de milho para produção de silagem.

Material e Métodos

Foram utilizadas áreas com boas características de aptidão e uso para o cultivo do milho, no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná (UNICENTRO).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Típico. A área experimental vinha sendo utilizada, nos últimos anos,

com pastagens de ciclo anual, na estação de inverno, e lavouras de milho e soja, na estação de verão, recebendo, a cada estação de cultivo, adubações de fósforo e potássio, conforme as Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1995). O clima da região de Guarapuava-PR é o Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado, conforme a classificação de Köppen, em altitude de aproximadamente 1.100 m, precipitação média anual de 1.944 mm, temperatura média mínima anual de 12,7 °C, temperatura média máxima anual de 23,5 °C e umidade relativa do ar de 77,9%. O solo da área experimental, em outubro de 2003, apresentou as seguintes características químicas (perfil de 0 a 20 cm): pH CaCl₂ 0,01M: 4,7; P: 1,1 mg dm⁻³; K⁺: 0,2 cmol_c dm⁻³; MO: 2,62 dag kg⁻¹ %; Al³⁺: 0,0 cmol_c dm⁻³; H⁺ + Al³⁺: 5,2 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺: 5,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 5,0 cmol_c dm⁻³ e saturação de bases: 67,3%.

Foram avaliadas as características agrônomicas quantitativas da planta de milho sob o efeito de diferentes níveis de adubação nitrogenada: T₁: 0 kg ha⁻¹ de N; T₂: 45 kg ha⁻¹ de N; T₃: 90 kg ha⁻¹ de N; T₄: 135 kg ha⁻¹ de N.

As lavouras de milho (*Zea mays*, L.) foram implantadas em 04/11/2003, em sistema de plantio direto, em sucessão à mistura forrageira aveia preta comum (*Avena strigosa*) e azevém comum (*Lolium multiflorum*), a qual foi dessecada com herbicida a base de *Glyfosate*. Na semeadura do híbrido DOW 766, de ciclo precoce, utilizou-se espaçamento entre linhas de 80 cm, profundidade de semeadura de 4 cm e densidade de cinco plantas por metro linear, conforme a recomendação da empresa de melhoramento. O plantio do milho foi realizado em parcelas com área total de 28,8 m² (4,8 m x 6,0 m), sendo utilizada para avaliação a área útil de 16 m² (3,2 m

x 5,0 m). A adubação de base foi constituída de 350 kg ha⁻¹ da formulação 08-30-20 (N-P₂O₅-K₂O), conforme as Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1995), e, em cobertura, 35 dias após o plantio, foram aplicados os diferentes níveis de N na forma de uréia (45-00-00). Com exceção do N da semeadura, todo o N aplicado teve como fonte a uréia. O manejo da cultura de milho, até 30 dias após a emergência das plantas, envolveu práticas de controle de plantas daninhas pelo método químico, utilizando o herbicida a base de Atrazine (produto comercial Atrasina: 4 l ha⁻¹) + óleo mineral (produto comercial Assist: 1,0 l ha⁻¹), e de controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), com o inseticida a base de Lambda-cyhalothrin (produto comercial Karate: 150 ml ha⁻¹), mediante laudo técnico das lavouras. O desbaste de plantas de milho foi realizado 15 dias após a semeadura, ajustando a população final de plantas.

As plantas de milho foram colhidas em 05/03/2004, entre os estádios reprodutivos de grão pastoso a farináceo, para produção de silagem da planta inteira. Na colheita, procedeu-se à avaliação agrônômica, coletando-se plantas inteiras da área útil da parcela, cortadas manualmente a 20 cm do solo, para estimar o potencial produtivo das lavouras. Posteriormente, as plantas amostradas foram pesadas e medidas. A adoção desse método permitiu determinar o peso seco do colmo, folhas e espiga. A produção de grãos também foi avaliada.

As amostras foram pesadas e pré-secadas em estufa de ar forçado, a 55 °C. Após 72 horas de secagem, foram pesadas novamente, para determinação do teor de matéria seca (MS), conforme WILLIAMS (1984).

Foi também avaliada a severidade das doenças *Puccinia sorghi* e *Phaeosphaeria*

maydis, utilizando escala diagramática, pelo método proposto por Agrocere (1996). O “stay green” foi determinado por meio contagem do número folhas senescentes na estrutura física das plantas de milho.

A análise econômica constou da determinação do custo de estabelecimento e manejo de lavoura (R\$ ha⁻¹) e custo médio de produção de silagem (R\$ t⁻¹). No custo total de produção da silagem (R\$ ha⁻¹), foram considerados semente de milho (R\$160,13 sc⁻¹), fertilizante químico NPK (820,00 R\$ t⁻¹), herbicida para dessecção (R\$11,69 l⁻¹), herbicida seletivo a cultura pós-emergente (18,50 R\$ l⁻¹), inseticida (75,13 R\$ l⁻¹) e uréia (880,00 R\$ t⁻¹). Obteve-se a estimativa do custo total do processo dos diferentes níveis de adubação nitrogenada pela relação entre resposta agrônômica das plantas de milho, custo dos insumos utilizados e produtividade por unidade de área e valor nutritivo resultante sob a forma de silagem.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, composto por quatro tratamentos e três repetições. Os dados coletados para cada parâmetro foram submetidos à análise de variância e à análise de regressão polinomial, considerando a variável nível de adubação nitrogenada, através do procedimento “proc reg” do programa SAS (1993).

O modelo estatístico utilizado foi o seguinte: $Y_{ijk} = \mu + N_i + B_j + B_j(N)_i + E_{ijk}$; em que Y_{ijk} = variáveis dependentes; μ = média das observações; N_i = efeito do nível de adubação nitrogenada de ordem “i”; B_j = efeito do bloco de ordem “j”; $B_j(N)_i$ = efeito aleatório baseado no bloco dentro do tratamento (Erro a); $i = 1 \dots 4$ (índice dos tratamentos); $j = 1 \dots 3$ (índices de repetições); e E_{ij} = erro aleatório residual, assumindo distribuição normal média igual a zero e variância σ^2 (Erro b).

Resultados e Discussão

Os teores de MS dos componentes colmo, grãos e planta inteira frente ao nível de adubação nitrogenada mostraram uma relação linear crescente; já nos componentes brácteas e sabugo, uma relação quadrática (Tabela 1).

Conforme as equações de regressão para os teores de MS no momento de colheita dos componentes brácteas ($35,0633 + 0,15667N - 0,00098N^2$) e sabugo ($35,8133 + 0,15778N - 0,00084N^2$), observaram-se pontos de máximo acúmulo no teor de MS com a aplicação de 79,9 e 93,9 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Já nas equações de regressão para os componentes colmo ($24,2100 + 0,0240N$) e planta inteira ($38,2000 + 0,0289N$), verificou-se que, a cada kg de N aplicado em cobertura na cultura do milho, incrementaram-se os teores de MS em 0,024 e 0,029%, respectivamente, mostrando que o ciclo da cultura de milho para silagem pode ser antecipado com o aumento do nível de adubação nitrogenada, enquanto que, no componente grãos,

observaram-se decréscimos lineares nos teores de MS ($52,7267 - 0,0380N$) para cada kg de N aplicado em cobertura na cultura do milho.

Os incrementos lineares nos teores de MS da planta inteira de milho obtidos com o aumento do nível de adubação nitrogenada até o nível de 135 kg ha⁻¹ são justificados pelas mudanças da composição física estrutural da planta (Tabela 2).

A composição física percentual estrutural da planta de milho, com base na matéria seca, consta na Tabela 2. Não houve diferença ($P > 0,05$) na participação percentual dos componentes colmo inferior, folhas inferiores, folhas superiores, brácteas e sabugo na estrutura física da planta de milho, em função dos níveis de adubação nitrogenada testados, apresentando valores médios de 17,0; 11,7; 13,6; 12,0 e 13,0%, respectivamente. Já na participação percentual do componente colmo superior, observou-se uma relação quadrática na estrutura da planta e, do componente grãos, uma relação linear crescente em função do nível de adubação nitrogenada.

TABELA 1. Teores de matéria seca da planta inteira e dos componentes estruturais da planta de milho, no momento da colheita, sob diferentes níveis de adubação nitrogenada.

Nível de N	Teores de matéria seca (%)					
	Colmo ¹	Folhas	Brácteas ²	Sabugo ³	Grãos ⁴	Planta inteira ⁵
0	24,7	34,7	35,3	36,5	52,2	38,7
45	24,0	33,3	39,3	39,0	52,5	39,2
90	27,6	35,0	41,9	45,3	47,8	39,8
135	27,0	31,3	37,9	40,9	48,1	42,8
Média	25,8	33,6	38,6	40,5	50,2	40,15
CV (%)	4,50	7,50	4,96	4,15	3,02	2,69
P > F	0,0202	0,5663	0,0438	0,0098	0,0140	0,0243

¹% MS do componente colmo = $24,2100 + 0,0240N$ (CV = 7,24%; R² = 0,3319; P > F = 0,0499), em que N = nível de adubação nitrogenada variando de 0 a 135 kg ha⁻¹ de N).

²% MS do componente brácteas = $35,0633 + 0,15667N - 0,00098N^2$ (CV = 5,69%; R² = 0,5973; P > F = 0,0167).

³% MS do componente sabugo = $35,8133 + 0,15778N - 0,00084N^2$ (CV = 5,79%; R² = 0,6514; P > F = 0,0087).

⁴% MS do componente grãos = $52,7267 - 0,0380N$ (CV = 4,78%; R² = 0,4318; P > F = 0,0202).

⁵% MS da planta inteira = $38,2000 + 0,0289N$ (CV = 3,25%; R² = 0,5980; P > F = 0,0032).

Na análise da composição física estrutural da planta, observa-se que a proporção do componente colmo superior diminuiu de 8% para 4%, quando se aumentou o nível de adubação nitrogenada de 0 para 90 kg ha⁻¹ de N, voltando a aumentar para 6% com a adubação de 135 kg ha⁻¹ de N, mostrando, conforme equação de regressão ($7,9686 - 0,1100N + 0,00069N^2$), ponto de mínima participação do colmo superior na planta de milho com adubação nitrogenada na quantidade de 79,7 kg ha⁻¹ de N.

TABELA 2. Composição física percentual estrutural da planta (base seca, %) de milho, no momento da colheita, sob diferentes níveis de adubação nitrogenada.

Nível de N	Composição física estrutural da planta (base seca) %						
	Colmo inferior	Colmo superior ¹	Folhas inferior	Folhas superior	Brácteas	Sabugo	Grãos ²
0	18,7	8,0	11,1	14,7	11,6	12,1	23,7
45	16,0	4,3	11,7	14,4	12,2	13,8	27,6
90	18,3	4,0	12,2	12,7	12,0	12,9	27,8
135	14,8	6,0	11,7	12,6	12,0	13,0	29,9
Média	17,0	5,6	11,7	13,6	12,0	13,0	27,2
CV (%)	9,30	17,36	12,50	13,47	4,96	5,62	8,23
P > F	0,0602	0,0075	0,8469	0,4144	0,6408	0,1539	0,0590

¹% do componente colmo superior na planta = $7,9686 - 0,1100N + 0,00069N^2$ (CV = 14,53%; R² = 0,8382; P > F = 0,0003), onde N = nível de adubação nitrogenada variando de 0 a 135 kg ha⁻¹ de N).

² % do componente grãos na planta = $24,3967 + 0,0422N$ (CV = 11,64%; R² = 0,3491; P > F = 0,0431).

Comportamento linear ($24,3967 + 0,0422N$) crescente de 0,04% foi observado na participação do componente grãos na estrutura da planta, para cada kg de N aplicado. Na análise da participação de grãos na estrutura da planta, verifica-se que houve aumento significativo, de 23,7% (0 kg ha⁻¹ de N) para 29,9% (135 kg ha⁻¹ de N), aspecto importante quando se deseja produzir silagem de alta qualidade, visto que o componente grãos, segundo Nússio (1992) e Almeida Filho *et al.* (1999), é o principal responsável pela qualidade final da silagem.

Conforme dados apresentados na Tabela 3, verifica-se que houve diferença (P < 0,05) no desempenho agrônômico das plantas de milho,

sob os parâmetros altura de espiga, altura de planta, produção de matéria verde, matéria seca, *stay green* e sanidade. Nos parâmetros produtivos altura de inserção de primeira espiga, altura de planta e sanidade, não houve diferença (P > 0,05) entre os níveis de adubação nitrogenada, apresentando valores médios de 1,13 m, 2,03 m e 26,3% de área foliar afetada, respectivamente.

Os dados de produção de matéria seca ($15.219 + 58,9493N$) e produção de matéria verde ($39.979 + 112,9629N$), quando submetidos à análise de regressão, ajustaram-se linearmente, indicando que, para cada kg de N aplicado em cobertura na cultura do milho para silagem, incrementou-se a produção em 58,95 e 112,96

kg ha⁻¹ de matéria seca e verde, respectivamente. Oliveira *et al.* (2003), trabalhando com milho pipoca, observou respostas positivas para produção de matéria seca sob doses residuais de 100 e 150 kg ha⁻¹ de N em relação a testemunha.

Maiores diferenças quanto à composição física da planta e produção de massa seca não se concretizaram, devido à baixa taxa de absorção de N pelas plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento e ao nível adequado de disponibilidade hídrica durante o desenvolvimento da cultura, pelo fato de, em todos os tratamentos, terem sido aplicados 28 kg ha⁻¹ de N na semeadura, quantidade suficiente para eliminar possíveis condições de deficiência de N, especialmente quando em sucessão a gramíneas hibernais e devido ao não parcelamento das doses de N aplica-

das em cobertura, atribuindo-se a nessa situação de manejo, provavelmente, maior ocorrência de perdas de N por lixiviação e/ou volatilização frente ao potencial de absorção das plantas de milho.

A avaliação do efeito da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho é uma prática importante no contexto da fertilização de plantas, contribuindo para a minimização dos custos de produção. Contudo, ressalva-se que a eficiência da adubação depende, entre outros fatores, das condições climáticas, do tipo de solo, bem como da capacidade de extração de nutrientes pelas plantas durante o cultivo.

França *et al.* (2000), avaliando o rendimento de grãos de milho em função de diferentes disponibilidades de água e nitrogênio, verificaram que, tanto em condições de estresse hídrico como em

TABELA 3. Altura de espiga, altura de planta, produção de matéria verde e seca, *stay green* e sanidade da planta de milho, no momento da colheita, sob diferentes níveis de adubação nitrogenada.

Nível de N	Altura (m)		Produção (kg ha ⁻¹)		<i>Stay green</i> ¹ nº de folhas secas/planta ⁵	Sanidade ² % da AFA
	Espiga	Planta	Matéria verde ³	Matéria seca ⁴		
0	1,05	1,94	37.083	14.385	6,6	24,3
45	1,10	2,01	49.250	19.327	4,4	27,3
90	1,27	2,14	50.458	20.118	3,7	25,0
135	1,10	2,03	53.625	22.963	3,5	28,3
Média	1,13	2,03	47.604	19.198	4,4	26,3
CV (%)	9,53	4,98	7,04	7,59	19,99	13,15
P > F	0,2895	0,1161	0,0040	0,0044	0,0429	0,4932

¹ Escala de avaliação do “stay green”: Alto = presença de 1 a 3 folhas senescentes; Médio = presença de 4 a 5 folhas senescentes; Baixo = presença de 6 a 7 folhas senescentes.

² Escala de avaliação de severidade das doenças *Puccinia sorghi* e *Phaeosphaeria maydis*, variando de 1 a 9, em que 1 = 0% da área foliar afetada (AFA); 2 = 1%; 3 = 2,5%; 4 = 5%; 5 = 10%; 6 = 25%; 7 = 50%; 8 = 75% e 9 = > 75% (Agrocères, 1996).

³ Produção de matéria verde = 39.979 + 112,9629N (CV = 9,40%; R² = 0,6592; P > F = 0,0013), em que N = nível de adubação nitrogenada variando de 0 a 135 kg ha⁻¹ de N).

⁴ Produção de matéria seca = 15.219 + 58,9493N (CV = 9,71%; R² = 0,7522; P > F = 0,0003).

⁵ N° de folhas secas/planta = 5,6633 - 0,01867N (CV = 26,56%; R² = 0,43,37; P > F = 0,0199).

condições adequadas de disponibilidade de água às plantas de milho, a produção de grãos sempre foi superior sob adubação de 160 kg ha⁻¹ de N em relação a 40 kg ha⁻¹ de N. Bortolini *et al.* (2002) verificaram produções de MS, no espigamento, de 118,5; 148,0 e 157,2 g planta⁻¹ e produções de grãos de 6,41; 8,18 e 9,44 t ha⁻¹, respectivamente, com aplicações de N sob cobertura de 0, 60 e 150 kg ha⁻¹.

A variável número de folhas secas no momento da colheita sofreu decréscimo (5,6633 - 0,01867N) com o aumento no nível de adubação nitrogenada. Argenta *et al.* (2004), em estudos avaliando o teor de clorofila na folha da planta de milho, em diferentes estádios de desenvolvimento, concluíram que existe alta correlação entre teor de clorofila na folha e concentração de N na planta, assim como entre o "status" de N na planta e produção de grãos. Sugere-se, segundo Maizlish *et al.* (1980), que as doses crescentes de nitrogênio aplicadas ao milho determinaram aumento de área foliar na planta e maior acúmulo de massa seca de raízes, que, conseqüentemente, promoveram aumentos significativo de integridade dos tecidos foliares em função da maior síntese de fotoassimilados e/ou da maior capacidade de absorção de nutrientes do solo pelas raízes.

A equação de regressão para o parâmetro custo de implantação de lavoura (R\$ ha⁻¹) mostrou comportamento linear (555,35 + 1,9556N), mostrando que, a cada kg de N aplicado na cultura de milho para produção de silagem, incrementa-se o custo em R\$1,96 (Tabela 4). As equações de regressão para os parâmetros custo de produção de matéria verde (0,014805 - 0,000040N + 0,00000034N²) e custo de produção de matéria seca (0,038297 - 0,000096N + 0,00000059N²), em R\$ kg⁻¹, mostraram comportamento quadrático, com pontos de mínima na relação custo de implantação e benefício na produção de matéria verde e seca, com aplicação de 58,8 e 81,4 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Considera-se que a produtividade de massa possa ser modificada, segundo Rambo *et al.* (2004), devido à variabilidade de condições meteorológicas e de solo, associada aos múltiplos processos que interferem na complexa dinâmica do N no solo (lixiviação, volatilização, imobilização, mobilização, nitrificação, desnitrificação, mineralização) e na sua relação com a planta, que podem ocasionar grandes modificações na disponibilidade e na necessidade desse nutriente durante a ontogenia da cultura.

TABELA 4. Custo de implantação e manejo da lavoura (R\$ ha⁻¹), custo de produção de matéria verde e custo de produção de matéria seca das lavouras de milho, sob diferentes níveis de adubação nitrogenada.

Nível de N	Investimento (R\$ ha ⁻¹)	Custo de Produção, R\$ kg ⁻¹	
		Matéria verde ²	Matéria seca ³
0	555,35	0,01502	0,03891
45	643,35	0,01309	0,03338
90	731,35	0,01451	0,03644
135	819,35	0,02974	0,03747
Média	687,35	0,01809	0,03655
CV (%)	3,3	8,07	9,23
P > F	0,0001	0,1391	0,3841

¹Custo de implantação e manejo = 555,35 + 1,9556N (CV = 3,3%; R² = 0,9574; P > F = 0,0001), em que N = nível de adubação nitrogenada variando de 0 a 135 kg ha⁻¹ de N).

² Custo por kg de matéria verde = 0,014805 - 0,000040N + 0,00000034N² (CV = 8,07%; R² = 0,3549; P > F = 0,1391).

³ Custo por kg de matéria seca = 0,038297 - 0,000096N + 0,00000059N² (CV = 9,26%; R² = 0,1916; P > F = 0,3841).

Este trabalho evidenciou que, com a cultivar de milho utilizada, os parâmetros agronômicos produtivos e qualitativos diferenciaram-se sob distintos meios de adubação nitrogenada, mostrando que a viabilização econômica do nutriente nitrogênio é correta em propriedades com limitação de área destinada à produção de forragem conservada, em função do acréscimo linear na produção de matéria seca por unidade de área ou em situações de redução de preços e/ou agregação de valor na aquisição de fertilizantes nitrogenados. Segundo Rambo *et al.* (2004), o manejo correto da adubação nitrogenada é fundamental nos princípios da agricultura de precisão, visando aumentar a eficiência de uso do N, reduzir o custo de produção da lavoura, otimizar a margem de lucro do produtor e minimizar a contaminação ambiental do solo e da água.

Conclusões

A dose de 135 kg ha⁻¹ de N, aplicada na cultura do milho, foi a que possibilitou melhor na produção de grãos, maior rendimento de matéria verde e de matéria seca e no menor número de folhas secas na planta para ensilagem.

A participação do componente grãos na estrutura física da planta de milho é aumentada linearmente até o nível de adubação nitrogenada em cobertura de 135 kg ha⁻¹. Entretanto, com esse mesmo nível de adubação, a participação do colmo inferior, folhas, brácteas e sabugo permaneceu inalterada.

Literatura Citada

AGROCERES. **Guia Agroceres de sanidade**. 2. ed. São Paulo, 1996. 72 p.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in

maize. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1379-1387, 2004.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 425 p.

ALMEIDA FILHO, S. L.; FONSECA, D. M.; GARCIA, R. et al. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays*) e qualidade dos componetes e da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n.1, p. 7-13, 1999.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 241-248, 2002.

BALKO, L. G.; RUSSEL, W. A. Response of maize inbred lines to fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 5, p. 32-723, 1980.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. et al. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 361-366, 2002.

BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho** - Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1993. p. 73-79.

CARAMBULA, M. Verdeos de inverno. In: PRODUCCIÓN y manejo de pasturas sembradas. Montevideo: Ed. Hemisfério Sur, 1977. p. 217-242.

CRAWFORD, T. W.; RENDING, V. V.; BROADBENT, F. E. Sources, fluxes, and sinks of nitrogen during early reproductive growth of maize (*Zea mays* L.). **Plant Physiology**. Lancaster, v. 70, n. 1, p. 654-660, 1982.

- EBELHAR, S. A.; KAMPRATH, E. J.; MOLL, R. H. Effects of nitrogen and potassium on growth and cation composition of corn genotypes differing average ear number. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 5, p. 81-875, 1987.
- FRANÇA, S.; PEREIRA, P. G.; BERGAMASCHI, H.; et al. Rendimento de grãos de milho em função de diferentes disponibilidades de água e nitrogênio. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 28; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45., 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 620-625.
- KARLEN, D. L.; FRANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 2, p. 232-242, 1988.
- MAIZLISH, N. A.; FRITTON, D. D.; KENDALL, W. A. Root morphology and early development of maize at varying levels of nitrogen. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 1, p. 25-31, 1980.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional da planta - princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para o Estudo da Potassa e do Fosfato, 1997. p. 58-67.
- NUSSIO, L. G. Produção de silagem de alta qualidade. In: REUNIÃO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., 1992, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1992. p. 155-175.
- OLIVEIRA, A. R. H.; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, A. C. et al. Rendimento e componentes de produção de milho pipoca em função de resíduos de adubação e densidade populacional. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 12, n. 1, p. 89-102, 2003.
- RECOMENDAÇÕES de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3 ed. Passo Fundo: Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC, 1995. 224 p.
- RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. et al. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, 2004.
- SAS INSTITUTE. **SAS Language reference**. Version 6. Cary, 1993. 1042 p.
- WILLIAMS, S. (Ed.). **Official methods of analysis**. 14. ed. Arlington: AOAC International 1984. 1141p.