

Teores de Nutrientes nos Componentes Estruturais da Planta de Milho e Exportação de Nutrientes do Solo a Partir da Colheita como Forragem ou Grãos

Felipe de Lima Wrobel¹, Mikael Neumann², Robson Kyoshi Ueno¹, Flávia Nesi Maria³, Antonio Serafini Filho³ e Rodrigo Amaro Costa Silva³

¹Médico Veterinário, Mestrando em Agronomia na Área de Produção Vegetal da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava – Pr. E-mail: felipewrobel@yahoo.com.br

²Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do curso de Mestrado em Produção Vegetal da UNICENTRO, Guarapuava - PR. e-mail: mikaelneumann@hotmail.com

³Graduando em Medicina Veterinária, Estagiário do núcleo de produção animal (NUPRAN) da UNICENTRO, Guarapuava – Pr.

RESUMO - O milho, quando cultivado para produção de forragem requer cuidados especiais com relação ao manejo do solo. Com a colheita total da parte aérea, grandes quantidades de nutrientes são removidas, podendo causar rápido empobrecimento do solo, queda de produtividade e baixa qualidade da silagem em cultivos posteriores. O objetivo foi avaliar o comportamento agrônômico, teores de macronutrientes na planta e em seus constituintes, exportação dos nutrientes do solo pela cultura do milho colhida como forragem ou grãos. No momento da ensilagem os teores de N, P, K, Ca e Mg nos componentes da planta foram, respectivamente: colmo: 0,83; 0,18; 1,46; 0,2 e 0,27%; folhas: 2,19; 0,30; 0,88; 0,43 e 0,45%; brácteas+sabugo: 0,83; 0,18; 0,69; 0,11 e 0,09%; grãos: 1,49; 0,28; 0,35; 0,10 e 0,11%; e na forragem: 1,37; 0,24; 0,81; 0,2 e 0,22%; já para os grãos colhidos na maturidade foram: 1,8; 0,28; 0,34; 0,12; 0,11%. A colheita da forragem resultou em maior exportação dos macronutrientes na ordem de 56% de N, 74% de P, 384% de K, 228% de Ca e 322% de Mg a mais quando comparada a exportação dos nutrientes pela colheita apenas dos grãos.

Palavras-chave: Fluxo de nutrientes, macronutrientes, nitrogênio, potássio, silagem de milho, *Zea mays* L.

Introdução

O aumento mundial no consumo de alimentos em decorrência da pressão do crescimento da população tem gerado estímulos para ampliação da área plantada e aumento nos índices de produção.

A produção de forrageiras conservadas e grãos para produção de carne e leite estão em franca expansão, principalmente por sua aplicabilidade em determinados sistemas produtivos que permitem maior controle e intensificação da produção.

Produções intensivas de leite e carne tornam a dieta dos animais mais dependente de altos níveis de energia, sendo a silagem de milho um alimento volumoso com características energéticas, fundamental na maximização da produtividade, o que acarreta redução de custos sem penalizações no desempenho (NEUMANN et al., 2011).

O cultivo de grãos demanda grande quantidade de nutrientes do solo, mesmo avaliando a posterior decomposição da palhada. Esse retorno é desconsiderado quando se colhe o milho

para produção de silagem. Por consequência, transtornos ligados a fertilidade ocorreram primeiro em áreas com objetivo de produção de silagem do que áreas para produção de grãos, acentuando-se o problema em áreas com plantios consecutivos, fertilização inadequada e falhas no manejo do solo (MARTIN et al., 2011).

Aumento dos níveis de fertilização pode ser insuficiente para repor a exportação de nutrientes gerada tanto pela colheita de grãos quanto pela colheita do milho planta-inteira.

O objetivo foi avaliar a diferença de exportação de macronutrientes do solo quando se avalia o milho para produção de grãos ou silagem de milho e medir a reposição e o balanço final de macronutrientes pelo retorno da palha para o sistema de cultivo.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Núcleo de Produção Animal – NUPRAN da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO no município de Guarapuava – PR, situado na zona subtropical do Paraná (MAACK, 2002). O clima da região segundo a classificação de Köppen é o temperado de altitude – Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), com verões amenos e inverno moderado, sem estação seca definida e com geadas severas. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Típico (POTT et al., 2007).

O experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o comportamento agrônômico, teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na planta e em seus constituintes e exportação dos nutrientes do solo pela cultura do milho com a finalidade de ensilagem ou colheita de grãos, sendo os tratamentos: T₁: milho colhido como forragem para produção de silagem e T₂: milho para grãos na maturidade fisiológica.

Foram implantados 2 hectares de área experimental do híbrido simples SG-6010, de caráter granífero-silageiro, ciclo precoce, textura semiduro e de porte médio, onde 1 hectare foi destinado à produção de silagem de planta inteira e 1 hectare para colheita de grãos. A implantação da cultura foi realizada aos oito dias do mês de outubro, em sistema de plantio direto, com espaçamento entre linhas de 0,8 m, profundidade de semeadura de 4 cm e distribuição de 5 sementes por metro linear visando obter população final de 60.000 plantas ha⁻¹. Por ocasião do plantio, realizou-se a adubação de base com 350 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-30-20 (N-P₂O₅-K₂O). A adubação de cobertura com 120 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (45-00-00) foi realizada quando as plantas apresentaram quatro folhas expandidas.

Para efeito de coleta de dados, as plantas de milho dos diferentes tratamentos foram avaliadas no estágio R5 – grão farináceo a duro (35 a 42 dias após florescimento); e estágio R6 – maturidade fisiológica (55-65 dias após o florescimento).

As estruturas vegetais processadas foram secadas em estufa de circulação de ar forçado a 55°C até atingir peso constante, para determinação do teor de MS parcial (AOAC, 1995).

Para a determinação da população de plantas por hectare, na ocasião da colheita para ensilagem (estádio R5) e grãos (estádio R6), foi realizada a aferição do número de plantas em 50 metros lineares aleatórios de cada parcela (10 amostras aleatórias de 5 m). Na determinação da produção de grãos na maturidade fisiológica das plantas (R6), após as avaliações realizadas no último estágio de desenvolvimento e obtenção do peso médio de grãos por planta, os grãos debulhados foram levados à estufa de secagem de circulação de ar forçado a 55°C até atingir peso constante (AOAC, 1995), posteriormente os valores obtidos foram corrigidos para a umidade padrão de 13% e transformados em quilogramas de grãos por hectare para a determinação da produtividade. As amostras de cada parcela, coletadas nos estádios R5 e R6, sofreram moagem em moinho do tipo “Wiley”, com peneira de malha de 1 mm, e em seguida foram analisados os teores de N, P, K, Ca e Mg, realizadas de acordo com a metodologia descrita pelo manual de Análise de Solo, Planta e Outros Materiais (TEDESCO et al., 1995). A concentração dos nutrientes foram ponderadas pela produção de MS por hectare para o cálculo da quantidade de nutrientes exportados do solo conforme o tratamento.

O corte das parcelas para confecção das silagens ocorreu quando a lavoura encontrava-se em estágio fenológico de grão farináceo a duro (R5) aos 123 dias após a emergência das plantas. A colheita dos grãos foi realizada aos 134 dias após emergência das plantas, estando a lavoura em estágio fenológico de grãos plenamente duros (R6).

O delineamento experimental da etapa de lavoura foi em blocos casualizados, composto por 2 tratamentos com 3 repetições, onde cada repetição constou de uma faixa de cultivo. Os dados referentes ao comportamento agrônomo da lavoura foram submetidos à análise de regressão polinomial, considerando a variável período de avaliação (134 dias), pelo procedimento PROC REG do programa estatístico SAS (1993). As variáveis referentes à exportação de nutrientes do solo foram submetidas ao teste de comparação de médias “TESTE T” de Student (unilateral) a 5% de significância por intermédio do programa estatístico SAS (1993).

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os teores encontrados de macronutrientes na forragem (planta inteira) e nos componentes estruturais da planta, fragmentados em colmo, folhas, brácteas e sabugo, e grãos no momento em que as plantas foram colhidas para ensilagem (R5); e o teor dos macronutrientes contidos nos grãos colhidos na maturidade fisiológica. Dos componentes

da planta, as folhas são as que apresentam maiores concentrações dos macronutrientes, exceto K que apresentou maior concentração no colmo, com teores de 2,19; 0,30; 0,88; 0,43 e 0,45 % de N, P, K, Ca e Mg respectivamente.

Porém, proporcionalmente a massa produzida na ensilagem, os grãos são responsáveis em quantidade pela maior exportação de nutrientes do solo de N e P. O teor de nutrientes nos grãos em estágio R5 foi de 1,49; 0,28; 0,35; 0,10 e 0,11% de N, P, K, Ca e Mg respectivamente. Para os componentes colmo e brácteas mais sabugo os respectivos teores foram de 1,46 e 0,69% de K, 0,20 e 0,11% de Ca, 0,27 e 0,09% de Mg, os teores de N (0,83%) e P (0,18%) foram iguais entre os componentes, (Tabela 1).

Ritchie et al. (2003) descrevem que com relação ao N total absorvido pelas plantas, na fase de maturidade fisiológica, aproximadamente 65% encontram-se nos grãos, 20% nas folhas, 6% no colmo, 3% em sabugo, haste e cabelo, 3% nas bainhas das folhas e 3% em palhas e bonecas de inserção mais baixa. Quanto ao P, aproximadamente 75% ficam concentrados nos grãos, 10% nas folhas, 7% no colmo, 3% em sabugo, haste e cabelo, 3% nas bainhas das folhas e 2% em palhas e bonecas de inserção mais baixa. Já o K, diferentemente dos outros elementos, a maior concentração está presente na estrutura vegetativa da planta, onde aproximadamente 35% concentram-se nos grãos, 5% nas folhas, 30% no colmo, 10% em sabugo, haste e cabelo, 10% nas bainhas das folhas e 10% em palhas e bonecas de inserção mais baixa.

Por ocasião do corte para ensilagem, a planta inteira (Tabela 1) apresentou teores de 1,37% de N, 0,24% de P, 0,81% de K, 0,20% de Ca e 0,22% de Mg. Pauletti (2004), encontrou concentrações de nutrientes na MS da forragem, medida ao final do ciclo da cultura de 2,03% de N, 0,43% de P, 1,63% de K, 0,31% de Ca e 0,30% de Mg. Computando a média de 5 trabalhos de pesquisa levantados por Von Pinho et al. (2009) que permitiram o cálculo das concentrações de nutrientes na MS da forragem ao final do ciclo da cultura, foi possível encontrar teores de 1,08% para N; 0,87% de K; 0,19% de P; 0,18% para Ca e Mg; e 0,11% de S, valores semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Para França e Coelho (2001) os nutrientes são absorvidos durante todo o ciclo e, as diferenças verificadas nas velocidades de absorção ocorrem em função do ciclo do genótipo e estágio em que se encontra, e na translocação das folhas e dos colmos para os órgãos reprodutivos. O comparativo de teores de nutrientes da planta em estágio de ensilagem (R4 e R5) não reflete fielmente os valores encontrados quando os teores são analisados em na fase de maturação fisiológica, pois ainda existe um intervalo de tempo entre os estádios em que as plantas possivelmente possam absorver mais nutrientes do solo.

Os teores de nutrientes encontrados nos grãos em fase de maturação fisiológica (Tabela 1) foram de 1,80% de N, 0,28% de P, 0,34% de K, 0,12% de Ca e 0,11% de Mg. Já os teores encontrados por Pauletti (2004), foram de 1,58% de N, 0,38% de P, 0,48% de K, 0,05% de Ca e 0,15% de Mg.

Com relação à extração de nutrientes do solo (Tabela 1), os valores obtidos das análises no momento da ensilagem demonstram que os nutrientes extraídos em maior grandeza seguiram a ordem decrescente de $N > K > P > Mg > Ca$. Ferreira (2009) em experimento avaliando diferentes genótipos por duas safras consecutivas encontrou concentrações de macronutrientes extraídos na seguinte ordem: $N > K > Mg > Ca > P$ para a maioria dos híbridos avaliados no primeiro ano de avaliação; $K > N > Ca = Mg > P$ para todas as variedades melhoradas e regionais no primeiro ano de avaliação; $N > K > P > Mg > Ca$ para a maioria dos híbridos avaliados no segundo ano; $K > N > P > Mg > Ca$ para todas as variedades melhoradas e regionais, também no segundo ano de avaliação. O autor ressalta que as alterações morfofisiológicas dos híbridos modernos de milho são responsáveis pelas alterações na dinâmica de absorção do N, e a baixa extração de P no primeiro ano de cultivo pode estar relacionada à baixa disponibilidade de água ocorrida.

Em comparativo da exportação de nutrientes do solo (Tabela 1) entre a colheita de forragem para silagem ou apenas colheita de grãos na maturidade, de acordo com as respectivas produções de MS, foi possível ilustrar a quantidade de nutrientes a mais que foram exportados pela colheita da forragem, obtendo os valores expressos em $kg\ ha^{-1}$ de 241,31 vs 154,80 de N; 42,14 vs 24,17 de P; 141,99 vs 29,37 de K; 34,87 vs 10,64 de Ca e 38,40 vs 9,11 de Mg. Com isso, foi observado que a colheita de forragem exportou do solo 86,51; 17,97; 112,62; 24,23 e 29,29 $kg\ ha^{-1}$ de N, P, K, Ca, Mg a mais que a colheita de grãos.

Do total de nutrientes encontrados na forragem (Tabela 1), os grãos maduros exportaram 64,15% do N, 57,36% do P, 20,68% do K, 30,51% do Ca e 23,72% do Mg, demonstrando que grande parte do K, Ca e Mg extraído pela cultura retorna ao solo pela decomposição palhada quando se colhe apenas os grãos, porém, a maior parte do N e P absorvidos são exportados com a colheita dos grãos.

Quanto à exportação dos nutrientes, quando a finalidade é produzir grãos (total de nutrientes nos grãos/total de nutrientes extraídos pela planta) o P é quase todo translocado para os grãos (77 a 86 %), seguindo-se o N (70 a 77 %), o S (60 %), o Mg (47 a 69 %), o K (26 a 43 %) e o Ca (3 a 7 %), (COELHO, 2006). Com base nessas taxas de exportação, nota-se que apesar do componente grão possuir grande concentração da maioria dos elementos retirados do

solo, ainda sim, a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente K, Mg e Ca contidos na palhada.

A divergência de teores e exportação de nutrientes encontrados neste trabalho comparados com o de outros autores pode ser explicada por Ferreira (2009), ao inferir que a disponibilidade de nutrientes no solo é uma das principais causas das variações da concentração de nutrientes e capacidade de absorção pelas plantas, seguido de alterações climáticas durante o período de desenvolvimento da cultura e nível tecnológico. Também, as variações encontradas no estado nutricional de plantas podem estar associadas à grande diversidade genética presente nos genótipos atualmente comercializados.

Conclusão

A colheita de milho para forragem promoveu maior exportação de nutrientes do solo, exportando das glebas de cultivo 56% de N, 74% de P, 384% de K, 228% de Ca e 322% de Mg a mais, quando comparada à exportação promovida pela colheita somente dos grãos. A adubação mineral realizada no manejo da lavoura foi suficiente quando se colheu apenas grãos, porém, gerou déficits ao solo de N e K quando o milho foi colhido como forragem.

Literatura Citada

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. 1995. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, D.C.: AOAC, 1995. 2000p.

COELHO, A.M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica,78).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

FERREIRA, C.F. **Diagnose nutricional de diferentes cultivares de milho (*Zea mays* L.) de diferentes níveis tecnológicos**. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

FRANÇA, G.E.; COELHO, A.M. Adubação do milho para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.; FERREIRA, J.J. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.53-83.

IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná. **Avaliação Estadual de Cultivares de Milho Safra 2008/2009**. Londrina: IAPAR, 2009. (Informe da Pesquisa, n.157).

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MARTIN, T.N.; PAVINATO, P.S.; SILVA, M.R. ORTIZ, S.; BERTONCELI, P. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO:

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4, 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: Sthampa, 2011. p.173-220.

NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M.R.; ZANETTE, P.M.; UENO, R.K.; MARAFON, F.; SOUZA, M.P. Aplicação de procedimentos técnicos na ensilagem do milho visando maior desempenho animal. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4, 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: Sthampa, 2011. p.95-130.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2.ed. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, 2004. 86p.

POTT, C.A.; MÜLLER, M.M.L.; BERTELLI, P.B. Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo. **Revista Ambiência**, v.3, p.51-63, 2007.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. **Potafós: Arquivo do Agrônomo**, n.15, 2003. 20p. (Informações Agronômicas, n.103).

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide: statistics**. 4.ed. Version 6. Cary, North Caroline, v.2, 1993. 943p.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, 174p. (Boletim técnico, n.5).

Tabela 1. Teores de nutrientes nos componentes estruturais colmo, folhas, brácteas e sabugo (B+S) e grãos na ensilagem, teores de nutrientes na forragem e grãos, exportação de nutrientes do solo com a colheita da forragem ou grãos, quantidade de nutrientes exportados a mais pela forragem e porcentual de exportação pelos grãos de milho.

VARIÁVEIS	TRATAMENTO	NUTRIENTES					
		N	P	K	Ca	Mg	
Teor (%)	Componente s da planta, R5	Colmo	0,83	0,18	1,46	0,20	0,27
		Folhas	2,19	0,30	0,88	0,43	0,45
		B+S	0,83	0,18	0,69	0,11	0,09
		Grãos	1,49	0,28	0,35	0,10	0,11
	Forragem, R5	1,37	0,24	0,81	0,20	0,22	
	Grãos, R6	1,80	0,28	0,34	0,12	0,11	
Exportação (kg ha ⁻¹)	Forragem, R5 ¹	241,31 a	42,14 a	141,99 a	34,87 a	38,40 a	
	Grãos, R6 ¹	154,80 b	24,17 b	29,37 b	10,64 b	9,11 b	
Diferença de Exportação (kg ha ⁻¹)		86,51	17,97	112,62	24,23	29,29	
Exportação pelo grãos (%)		64,15	57,36	20,68	30,51	23,72	

Médias, seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo Teste t a 5%.

¹Para converter P em P₂O₅; K em K₂O; Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66; respectivamente. Obs.: Resultados obtidos, conforme o tipo de colheita, de lavouras cultivadas sob mesmas condições de manejo.