

Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados

Export of soil macronutrients in area cultivated with maize to feeding feedlot steers

Robson Kyoshi Ueno^{1*}; Mikael Neumann²; Fabiano Marafon³;
Luan Lucas Reinehr⁴; Mailson Poczynek⁵; Leandro Michalovicz⁶

Resumo

O milho cultivado para forragem requer cuidados especiais de manejo do solo. A exportação de nutrientes pela silagem pode causar redução na fertilidade do solo, com consequente redução na produtividade e qualidade nutricional das culturas posteriores. O objetivo do trabalho foi avaliar os teores de macronutrientes nos fragmentos de plantas de milho (colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos) no estágio de ensilagem, na planta inteira (forragem na ensilagem) e nos grãos maduros; mensurar a exportação dos nutrientes do solo pela colheita da forragem ou pelos grãos. Posteriormente, foram empregadas duas dietas para bovinos confinados, uma a base de silagem e outra baseada em grãos, para mensurar o potencial de retorno dos nutrientes para o solo via esterco, e contabilizar o balanço final dos nutrientes. Os teores de N, P, K, Ca e Mg na forragem foram, respectivamente: 1,37; 0,24; 0,81; 0,2 e 0,22%; e nos grãos: 1,8; 0,28; 0,34; 0,12; e 0,11%. A adubação realizada foi suficiente para suprir a remoção de nutrientes quando se colheu somente grãos, gerando déficits ao solo de 93 kg ha⁻¹ de N e 84 kg ha⁻¹ de K quando se colheu a forragem. Os esterco de animais alimentados com silagem + concentrado, comparativamente à dieta sem volumoso (80% de grãos), reciclaram diferentes quantidades (kg ha⁻¹) de N (276,28 vs 59,37), P (128,12 vs 33,37), K (58,32 vs 5,38), Ca (177,7 vs 78,89) e Mg (43,64 vs 11,81) para a área cultivada. Os sistemas de produção avaliados apresentaram capacidade de manter os teores de nutrientes no solo com a reposição via esterco, podendo incrementar a fertilidade e reduzir custos com fertilizantes minerais nos cultivos sucessivos. O sistema que utilizou silagem apresentou déficit de 25 kg ha⁻¹ de K, provavelmente pela quantidade insuficiente aplicada, cuja recomendação normalmente é feita visando a produção de grãos.

Palavras-chave: Esterco bovino, dieta 100% concentrado, silagem, teor de macronutrientes, *Zea mays* L.

Abstract

The maize cultivated for forage requires special care with soil management. The nutrients exportation by silage might cause reducing of soil fertility, with consequent decrease of yield and nutritional quality of posterior crops. The aim of this work was assess levels of macronutrients in maize plant fragments (stem, leaves, bracts plus cob and grains), at stage of ensilage, in entire plant (silage forage) and in the

¹ Médico Veterinário, M.e em Agronomia pela Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: robsonueno@hotmail.com

² Engº Agrº, Prof. Dr. do Curso de Mestrado em Agronomia, UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: mikaelneumann@hotmail.com

³ Médico Veterinário, M.e em Agronomia, UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: fabiano_marafon@hotmail.com

⁴ Médico Veterinário, UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: reinehrllr@hotmail.com

⁵ Médico Veterinário, Discente de Mestrado em Agronomia, UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: mpczynek@hotmail.com

⁶ Engº Agrº, M.e em Agronomia, UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: leandromichalovicz@yahoo.com.br

* Autor para correspondência

mature grains; measure the nutrients exportation from soil by forage or grains. After, two diets were used in feedlot cattle, first was based on silage and other based in grains, to appraise the potential of nutrients to return into soil by manure and the final account of nutrients balance. The levels of N, P, K, Ca and Mg from forage were, respectively: 1,37; 0,24; 0,81; 0,2 and 0,22%; and in grains: 1,8; 0,28; 0,34; 0,12; and 0,11%. The fertilization performed was enough to supply extracted nutrients when was harvested only grains, promoting deficits in soil of 93 kg ha⁻¹ of N and 84 kg ha⁻¹ of K when was harvested forage. The manure of animals feed with silage+concentrated, compared to diet without roughage (80% grains and 20% protein core), cycled different amounts of N (276,28 vs 59,37), P (128,12 vs 33,37), K (58,32 vs 5,38), Ca (177,7 vs 78,89) and Mg (43,64 vs 11,81) in the cultivated area. The evaluated production systems presented capacity to maintain the levels of nutrients at soil through replacement via manure, and might contribute to the enrichment of fertility and reduce costs with mineral fertilizers in successive crops. The system which forage was used presented deficit of 25 kg ha⁻¹ de K, probably due to insufficient amount of K applied, which recommendation is frequently made to grain production.

Key words: 100% Concentrate diet, bovine manure, macronutrients level, silage, *Zea mays* L.

Introdução

A produção de forragens para alimentação de ruminantes na forma “in natura” ou como alimento conservado tem merecido grande destaque dentre as áreas destinadas à pecuária. Isto ocorre porque está relacionado com o maior controle da produção de energia para os animais. Quando se utiliza técnicas de conservação de forragem, é possível obter constância no fornecimento de volumoso de boa qualidade, suprimindo as exigências nutricionais dos animais ao longo do ano ou período de criação.

Balieiro Neto et al. (2011), ressaltaram que para se obter superávits financeiros na atividade pecuária é imprescindível manter eficiência e escala de produção, e para atender esses requisitos básicos devem-se adotar critérios de máxima produção de energia digestível por unidade de área.

Em sistemas de produção, tanto de carne como de leite, se faz necessário maior aporte de energia na dieta dos animais. E nestas situações, a silagem produzida com a planta inteira de milho é considerada como excelente alimento volumoso, imprescindível quando o objetivo é atingir máxima produtividade. A silagem de milho também possibilita redução nos custos de produção, por permitir menor incremento de alimentos concentrados na ração, sem comprometer o desempenho animal (NEUMANN et al., 2011).

Embora a produção de milho visando a colheita de grãos demande alta quantidade de nutrientes do solo, a ciclagem via decomposição da palhada remanescente reduz o déficit nutricional causado pela exportação de grãos, fato não observado quando se realiza a colheita da planta inteira para a produção de silagem. Dessa forma, a fertilidade do solo pode ser reduzida mais rapidamente em áreas utilizadas para produção de silagem do que em áreas de produção de grãos, caso não sejam tomados os devidos cuidados com o manejo do solo e reposição de nutrientes, principalmente, se uma mesma área for utilizada para produção de silagem por vários anos consecutivos com práticas inadequadas (MARTIN et al., 2011).

Ainda que existam recomendações de adubações específicas para o cultivo de milho e sorgo com a finalidade de produzir silagem (CQFS RS/SC, 2004), as doses de fertilizantes recomendadas são superiores quando comparadas ao cultivo para produção de grãos, e devido aos custos de produção, dificilmente se observa a adoção dessas recomendações por técnicos e forragicultores. Mesmo que a recomendação de adubação seja seguida, não há garantias de que um maior aporte de nutrientes via adubação proverá a ausência de déficits nutricionais no solo, devido às quantidades exportadas via forragem.

Nussio (1993) relatou que apenas uma pequena

fração dos produtores fazia uso da prática de ensilagem de milho de forma satisfatória, e que a maioria dos cultivos se dava de modo quase extrativista, com o uso de fertilizantes e corretivos em quantidades muito aquém das recomendações oficiais, ou até mesmo com ausência de adubação, utilizando-se somente a fertilidade natural dos solos.

Por outro lado, recentemente, em épocas de preços de alimentos concentrados mais acessíveis, é possível observar a utilização de dietas com pouca ou nenhuma participação de alimento volumoso na ração de bovinos de corte em fase de terminação em confinamento, onde o grão de milho normalmente compõe cerca de 70 a 90% da dieta (GRANDINI, 2009). A adoção desta prática pelos produtores tem trazido benefícios econômicos e no desempenho animal, podendo ser incorporada instantaneamente ao manejo alimentar e constituir mais uma alternativa ao sistema de produção de bovinos de corte.

A criação de animais em estábulo gera grande quantidade de dejetos. Ao fazer uso da adubação orgânica utilizando o esterco bovino, além do fornecimento de nutrientes pode-se contribuir para a agregação do solo, melhorando sua estrutura, aeração, drenagem e capacidade de armazenamento de água. A melhoria na fertilidade do solo e aumento na produtividade das culturas não são os únicos benefícios da reciclagem dos nutrientes contidos no esterco, mas também uma opção de descarte de resíduos, desde que aplicados em quantidades proporcionais à demanda de nutrientes das plantas (CQFS RS/SC, 2004).

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos de corte confinados.

Material e Métodos

Local experimental e dados meteorológicos

O trabalho foi realizado no Núcleo de Produção

Animal (NUPRAN) da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) no município de Guarapuava, situado na zona subtropical do estado do Paraná (MAACK, 2002), sob as coordenadas geográficas 25°23'02" de latitude sul e 51°29'43" de longitude oeste e 1.026 m de altitude. Pela classificação de Köppen, o clima da região é temperado de altitude – Cfb, caracterizado por 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% (IAPAR, 2000).

A precipitação, temperatura e insolação ocorrida no período de cultivo do milho foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura, de acordo com os dados coletados na estação meteorológica do IAPAR instalada no local do experimento.

Tratamentos efetuados e justificativa

Para mensurar as exportações dos nutrientes do solo pela cultura do milho, uma área de cultivo foi submetida a diferentes manejos de colheita, onde, o milho foi colhido como forragem para produção de silagem ou foi colhido como grãos na maturidade fisiológica.

Os alimentos produzidos (silagem de planta inteira ou grãos) foram fornecidos para novilhos de corte em fase de terminação em confinamento, tratados com diferentes sistemas de alimentação. Foram testados os seguintes tratamentos: T₁ – dieta com 100% de concentrado: grãos de milho inteiros (80%) + núcleo proteico, vitamínico e mineral (20%), “*ad libitum*”; e T₂ – dieta com 5,5 kg animal⁻¹dia⁻¹ de concentrado + silagem de milho “*ad libitum*”. As dietas visaram fornecer elevada quantidade dos derivados da cultura, porém sem restringir as exigências nutricionais dos animais.

A escolha dos tratamentos se deu a partir da visualização de duas maneiras de utilização da cultura do milho em sistemas de terminação confinada de bovinos de corte. Na maioria dos

casos, efetua-se a colheita das plantas inteiras (milho forragem) para confecção da silagem, que compõe parte da dieta (40-60% da ração), sistema amplamente praticado na região. Na outra situação, colhem-se apenas os grãos produzidos, os quais, neste sistema, podem representar cerca de 80% da ração caracterizada como dieta totalmente concentrada e que recentemente tem sido utilizada pelos produtores, principalmente em períodos de baixa remuneração do milho.

Condução e avaliações das lavouras de milho

Foram implantados dois hectares de lavoura utilizando o híbrido simples SG 6010, de caráter granífero-forrageiro, ciclo precoce, textura semiduro e de porte médio. Desta área um hectare foi destinado à produção de silagem de planta inteira e um hectare para produção de grãos. A área plantada foi subdividida em 6 parcelas com 40 linhas de cultivo cada, totalizando área de 2.880 m² (32 x 90 m) para cada parcela, mantendo-se 5 m de bordadura nas extremidades da área total.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Bruno Típico (POTT; MÜLLER; BERTELLI, 2007), e que antes da implantação da cultura apresentava 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%; 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 (V%): 67,3%.

A implantação da cultura foi efetuada uniformemente para ambos os tratamentos aos oito dias do mês de outubro, em sistema de plantio direto, com espaçamento entre linhas de 0,8 m, profundidade de semeadura média 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, conforme as recomendações de adubação para cultura do milho para colheita de grãos (CQFS RS/SC, 2004).

Os estádios de desenvolvimento das plantas foram determinados conforme Ritchie, Hanway e Benson (2003), nas datas: estágio R1 – pleno florescimento (até 10 dias após florescimento); R2 (24/01) – grão leitoso (10 a 14 dias após florescimento); R3 (04/02) – grão pastoso (18 a 22 dias após florescimento); R4 (15/02) – grão farináceo (24 a 28 dias após florescimento); R5 (26/02) – grão farináceo a duro (35 a 42 dias após florescimento); e R6 (08/03) – maturidade fisiológica (55-65 dias após o florescimento).

A determinação do estande de plantas foi realizada na ocasião da colheita para ensilagem e grãos, aferindo-se o número de plantas em 50 metros lineares aleatórios de cada parcela (10 amostras aleatórias de 5 m). As plantas foram cortadas manualmente a 20 cm do solo, sendo utilizadas para determinação do teor de matéria seca (MS) e para determinação da composição física (colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos). Nas mesmas plantas colhidas em cada parcela também se estimou a produção de matéria verde (MV) e de MS, além das alturas de planta e inserção de espiga, e número de folhas secas por planta.

A determinação da produtividade de grãos foi realizada na maturidade fisiológica da cultura (estádio 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 com circulação de ar forçado a 55 °C até atingir massa constante (AOAC, 1995). Posteriormente os valores obtidos foram corrigidos para umidade padrão de 13% para a determinação da produtividade.

As amostras pré-secas de cada parcela, coletadas nos estádios R5 e R6, foram moídas em moinho do tipo Wiley, com peneira de crivos de 1 mm, e em seguida foram analisados os teores de N, P, K, Ca e

Mg, utilizando a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Utilizando os teores de nutrientes e a produção de MS de cada parcela experimental, calculou-se a quantidade de nutrientes exportados do solo.

Colheita das plantas de milho e preparo da silagem

O corte das plantas para preparo das silagens ocorreu quando a lavoura encontrava-se em estágio de grão farináceo a duro (R5) aos 123 dias após a emergência das plantas. A forragem produzida foi colhida e processada com o auxílio de uma ensiladeira marca JF-Z10[®] regulada para picar as plantas em fragmentos de 8 a 12 mm em altura de corte entre 15 e 20 cm do solo. O material colhido foi transportado e depositado em três silos do tipo trincheira, construídos em local propício a ocorrência do processo fermentativo, com paredes e pisos de concreto, medindo 1,75 m de largura, 1,2 m de altura e 10 m de comprimento. Procedeu-se a compactação da massa com auxílio de um trator, e posteriormente os silos foram vedados e protegidos com uma lona de polietileno de dupla face com 150 µ de espessura.

Durante a compactação da massa foram colocados três “bags” em cada silo, os quais foram preenchidos com a forragem picada, e posteriormente foram lacrados. Estes “bags” foram utilizados para a determinação das perdas ocorridas durante o processo fermentativo, conforme metodologia descrita por Neumann (2006). A abertura dos silos ocorreu aos 284 dias após ensilagem, e o resgate dos “bags” ocorreu com o surgimento dos mesmos no painel frontal de retirada da silagem no decorrer do período de desensilagem para a alimentação animal, quando diariamente era retirada uma fatia de 10 cm de espessura.

Com o aparecimento dos “bags”, determinou-se o peso do conteúdo, representado pela silagem resultante da fermentação do material original,

a qual foi encaminhada à estufa com circulação de ar forçado a 55 °C até atingir massa constante para determinação do teor de MS parcial (AOAC, 1995) e percentual de perdas de MS no processo fermentativo, obtido pela relação entre quantidade de MS inserida (forragem) e quantidade de MS resgatada (silagem), de acordo com a seguinte expressão:

$$PMS = [1 - (g \text{ de MS de silagem} \div g \text{ de MS de forragem})] \times 100.$$

Para avaliar a eficiência da compactação aferiu-se a massa específica dos silos, expresso em kg m⁻³ de MV, com a retirada da quantidade de silagem contida em um volume conhecido utilizando um anel metálico de 10 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento, introduzido sob pressão, para a coleta de amostras no painel frontal do silo.

A colheita manual das espigas foi realizada aos 134 dias após emergência das plantas, estando a lavoura em estágio de grãos plenamente duros (R6). Posteriormente procedeu-se a debulha das espigas com o auxílio de uma trilhadeira estacionária. Os grãos obtidos foram submetidos à secagem e limpeza, e foram embalados (sacos de rafia) para o armazenamento. Por características digestivas da dieta a qual foram utilizados, os grãos foram fornecidos inteiros aos animais.

Alimentação, avaliação da produção e teores de nutrientes do esterco

Foram avaliados os teores de macronutrientes do esterco gerado a partir do fornecimento de diferentes dietas para novilhos de corte em confinamento, com o objetivo de mensurar a reposição dos macronutrientes ao solo pela adubação orgânica, conforme o tipo de colheita da cultura do milho e dieta fornecida aos bovinos. As rações foram desenvolvidas visando utilizar a cultura do milho em distintas dietas para o confinamento de bovinos, ora como silagem em uma dieta convencional com volumoso, e ora na forma de grãos inteiros em uma

dieta à base de alimentos concentrados.

Portanto, é importante ressaltar que as concentrações de nutrientes no esterco e as quantidades totais de nutrientes potencialmente utilizáveis na adubação orgânica, são provenientes de animais alimentados com dietas balanceadas, onde quantidades consideráveis de nutrientes minerais foram disponibilizadas pelo fornecimento dos alimentos concentrados. Além disso, deve-se destacar que o esterco coletado não era contaminado com urina, o que reduz a quantidade de nutrientes reciclados.

O experimento teve duração de 98 dias, sendo 14 dias de adaptação dos animais às dietas e instalações experimentais, resultando em 84 dias de avaliações. As instalações foram constituídas de 10 baias de confinamento, semi-cobertas, com área de 15 m², contendo um comedouro de concreto e um bebedouro metálico regulado por bóia automática. Utilizou-se 20 novilhos inteiros, da raça Canchim, provenientes do mesmo rebanho, com idade média de 12 meses e peso vivo médio inicial de 365 kg com desvio padrão de 5 kg. Os animais foram vermifugados e equilibrados por peso e condição corporal para cada tratamento, sendo a unidade experimental representada por dois animais.

O fornecimento de alimentos foi realizado duas vezes ao dia, às 6:00 e às 17:00 horas, e o consumo voluntário foi registrado diariamente por meio da diferença entre a quantidade oferecida e sobras do dia anterior. O ajuste no fornecimento de alimentos no tratamento com dieta 100% concentrado foi realizado diariamente (*ad libitum*), regulando sobras de 5% da MS oferecida. O ajuste no fornecimento dos alimentos no tratamento com silagem + concentrado foi realizado de maneira que a silagem oferecida era regulada diariamente (*ad libitum*), com variação máxima de 5% da MS oferecida para sobras, porém, a quantidade de concentrado fornecida foi constante do início ao fim do confinamento. Esta prática permitiu estimar

alteração na relação volumoso:concentrado que variou de 40:60 no início a 52:48 no final do período de alimentação.

As misturas de alimentos concentrados que constituíram uma fração das dietas avaliadas (núcleo proteico da dieta 100% concentrado e o concentrado da dieta com silagem), foram elaboradas na fábrica de rações da Cooperativa Agrária Agroindustrial localizada no distrito de Entre Rios em Guarapuava - PR. Na preparação destes alimentos, utilizaram-se os seguintes ingredientes: farelo de soja, casca de soja, farelo de trigo, radícula de malte, cevada, grãos de milho moídos, gérmen de milho, calcário calcítico, fosfato bicálcico, uréia pecuária, premix vitamínico e mineral, sal comum e monensina sódica.

O núcleo proteico utilizado no tratamento com 100% de concentrado apresentou teores médios percentuais de MS de 90,22%, proteína bruta (PB) de 32,01%, estrato etéreo (EE) de 2,34%, fibra bruta (FB) de 7,54%, fibra em detergente neutro (FDN) de 22,20%, fibra em detergente ácido (FDA) de 11,08%, matéria mineral (MM) de 14,72%, cálcio (Ca) de 2,50%, fósforo (P) de 1,0%, potássio (K) de 1,42% e magnésio (Mg) de 0,44%, com base na MS total. Já a mistura concentrada utilizada para compor o tratamento silagem + concentrado apresentou teores médios percentuais de 89,20% de MS, PB de 19,00%, EE de 3,95%, FB de 9,00%, FDN de 28,66%, FDA de 13,15%, MM de 7,34%, Ca de 1,20% e P de 0,50%, K de 0,77%, e Mg de 0,34%, com base na MS total.

A silagem de milho apresentou teores médios percentuais de 33,11% de MS, PB de 7,74%, EE de 3,03%, NDT de 65,83%, FDN de 50,70%, FDA de 31,43%, MM de 3,74%, Ca de 0,17% e P de 0,18%, K de 0,81%, e Mg de 0,18%, com base na MS total.

As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (1996) para atenderem às exigências de ganho diário de 1,5 kg de peso vivo.

A avaliação das produções de esterco dos animais foi realizada em dois períodos contínuos de 72 horas,

sendo o primeiro na fase inicial do confinamento (aproximadamente 21 dias), e o segundo na fase final do confinamento (aproximadamente 63 dias), ambos com início às 0:00 horas do primeiro dia e término às 23:59 horas do terceiro dia de avaliação, onde procedeu-se a coleta total do esterco. Para as coletas, as instalações foram previamente higienizadas visando evitar contaminação das amostras, e foram realizadas por 10 colaboradores em cada turno, durante 72 horas, em sistema de revezamento a cada 6 horas.

Foi recolhida a produção total de fezes de cada animal no momento da eliminação da excreta, as quais foram pesadas e amostradas em cada turno de 6 horas, e posteriormente armazenadas sob refrigeração em sacos plásticos individuais devidamente identificados. Ao fim do período de 72 horas, as fezes de cada unidade experimental foram homogeneizadas para a formação de uma nova amostra representativa dos três dias de coleta. As amostras compostas de cada uma das duas épocas de avaliação foram secas em estufa com circulação de ar forçado e mantida à temperatura constante de 55 °C até obtenção de massa constante.

Após a retirada da estufa, as amostras foram pesadas e então moídas em moinho tipo Wiley com peneira de crivos de 1 mm. Em seguida, foram analisados os teores de N, P, K, Ca e Mg do esterco seguindo as metodologias propostas por Tedesco et al. (1995). Para o cálculo do potencial de nutrientes repostos ao solo, foram consideradas as concentrações dos nutrientes e a quantidade de MS de esterco, bem como a quantidade dos alimentos produzidos por hectare.

Delineamentos experimentais e análises estatísticas

Para a etapa de cultivo do milho, o delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com dois tratamentos e três

repetições. Cada repetição ou bloco foi representado por uma faixa de cultivo. 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 utilizando o programa MICROSOFT OFFICE EXCEL®.

Para a etapa do confinamento, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e cinco repetições. A unidade experimental foi representada por uma baia de confinamento com dois novilhos, totalizando dez unidades experimentais.

Para avaliação do potencial de reposição de nutrientes, foi considerado o esquema fatorial 2x2, em que os fatores foram dois tipos de alimentação e duas épocas de avaliação, com cinco repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análises de variâncias e as médias comparadas pelo teste de F a 5% de significância, utilizando o programa estatístico SAS (1993).

Resultados e Discussão

Foram obtidas produções de 51.804 e 17.613 kg ha⁻¹ de MV e MS, respectivamente, de forragem no momento da ensilagem, onde as plantas se encontravam em estágio de grãos farináceos a duro (Tabela 1). A produção de MS de grãos na fase de maturação fisiológica foi de 8.600 kg ha⁻¹, porém, quando corrigida para 13% de umidade (padrão) atingiu 9.718 kg ha⁻¹ de grãos (Tabela 1). A altura das plantas na ocasião da ensilagem foi em média de 2,09 m e a altura de inserção da primeira espiga de 1,27 m (Tabela 1). Segundo avaliação realizada pelo IAPAR (2009) em Guarapuava-PR, o mesmo híbrido de milho apresentou, na safra 2008/2009, altura média de planta de 2,25 m, altura de inserção de espiga de 1,30 m e produtividade de 10.459 kg ha⁻¹ de grãos, utilizando-se uma população de 65.800 plantas ha⁻¹.

Tabela 1. Medidas biométricas, produção de matéria verde (MV) e seca (MS) de forragem em estádio R5, produção de grãos (estádio R6), teores de MS da planta e dos componentes estruturais, e composição física da planta de milho do híbrido SG 6010 na ensilagem.

AVALIAÇÕES	VALORES MÉDIOS
Altura de planta, R5 (m)	2,09
Altura de espiga, R5 (m)	1,27
Folhas secas por planta, R5	3,78
Produção de MV de forragem, R5 (kg ha ⁻¹)	51.804
Produção de MS de forragem, R5 (kg ha ⁻¹)	17.613
Produção de MS de grãos, R5 (kg ha ⁻¹)	8.033
Produção de grãos secos, R6 (kg ha ⁻¹ , 13% umidade)	9.718
População de plantas obtida (plantas ha ⁻¹)	57.688
COMPONENTES DA PLANTA EM R5	Teores de MS da forragem, (%)
Colmo	19,48
Folhas	36,30
Brácteas e Sabugo	33,13
Grãos	58,35
Planta Inteira	34,00
Participação % dos componentes da planta em R5	% na MS da planta
Colmo	23,53
Folhas	22,90
Brácteas e Sabugo	19,21
Grãos	34,36

Fonte: Elaboração dos autores.

De acordo com a escala de avaliação de Lupatini et al. (2005) este híbrido possui médio “stay green”, pois apresentou mais que 3 folhas secas por plantas no momento da ensilagem (Tabela 1). Tais características enquadram o SG 6010 como um híbrido de boas características para produção de silagem, principalmente em relação à sanidade de folhas, manutenção do teor de umidade e qualidade fisiológica das partes vegetativas durante o estádio reprodutivo.

Segundo Paziani et al. (2009), o índice de folhas verdes correlaciona-se positivamente com as produções de MV e MS de forragem, grãos e MS digestível, e também com o teor de PB, indicando sua contribuição na elevação da quantidade e qualidade da massa para ensilagem. Contudo, o índice de folhas verdes correlaciona-se negativamente com o conteúdo de grãos da massa no momento da ensilagem. Ainda, o porte da planta e as alturas de planta e inserção de espiga, apresentam coeficientes

de correlação positivo com as produções de MV e MS de forragem, grãos e MS digestível, com índice de grãos por espiga, e com a digestibilidade da planta inteira e do colmo, sendo maior em plantas mais altas.

Os mesmos autores compararam diversos cultivares de milho, em vários anos e locais de cultivo, e observaram produtividades médias de 50,47 Mg ha⁻¹ de MV e 18,69 Mg ha⁻¹ de MS na ensilagem e 8,2 Mg ha⁻¹ de grãos secos. Por diluírem os custos de produção da silagem, as produções de MV e MS devem ser os primeiros quesitos a serem considerados na escolha de um híbrido de milho recomendado para silagem, e posterior a isso, deve-se destinar a devida atenção a qualidade e outros parâmetros da silagem.

Por ocasião da ensilagem, as plantas colhidas apresentaram 23,53% de colmo, 22,90% de folhas, 19,21% de brácteas mais sabugo, 34,36% de grãos e/ou 53,57% de espigas (Tabela 1).

Foram observados teores de MS de 34,0% na planta inteira, 19,48% no colmo, 36,30% nas folhas, 33,13 em brácteas e sabugo e 58,35% nos grãos (Tabela 1). Valores que estão parcialmente de acordo com o recomendado por Neumann et al. (2011), para os quais um híbrido com boas características para produção de silagem deve apresentar menos de 5 folhas secas por planta, altura de planta entre 1,9 e 2,6 m e inserção de espiga entre 0,8 a 1,2 m, produção de MV acima de 55 Mg ha⁻¹, e MS acima de 18 Mg ha⁻¹ e mais que 7 Mg ha⁻¹ de grãos. Além disso, deve apresentar menos de 25% de colmo, mais de 15% de folhas, menos de 20% de brácteas mais sabugo e mais de 40% de grãos na ensilagem.

Dentre os componentes da planta (Tabela 2), as folhas apresentaram as maiores concentrações dos macronutrientes, com teores de 2,19; 0,30; 0,43 e 0,45 % de N, P, Ca e Mg, respectivamente. Porém, a concentração de K foi maior nos colmos. As maiores concentrações de nutrientes nas folhas demonstram a importância que este componente possui no fornecimento de nutrientes na alimentação animal, tornando de suma relevância a escolha de híbridos para silagem que apresentem alto “stay green” e porcentagem do componente na massa. Ainda, que se adotem práticas de manejo que mantenham a qualidade e sanidade foliar, como exemplo, fertilizações nitrogenadas e o controle de pragas e doenças foliares.

Tabela 2. Teores de nutrientes nos componentes da planta fragmentados em colmo, folhas, brácteas mais sabugo (B+S) e grãos na ensilagem, e teores de nutrientes na forragem (planta inteira para ensilagem em estágio R5) e nos grãos maduros (em estágio R6) de milho do híbrido SG 6010.

FRAÇÕES ANALISADAS	TEORES DE NUTRIENTES (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	
Componentes da planta em 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 em R5	1,37	0,24	0,81	0,20	0,22	
Grãos em R6	1,80	0,28	0,34	0,12	0,11	

Fonte: Elaboração dos autores.

Porém, proporcionalmente à massa produzida na ensilagem, os grãos são responsáveis, em quantidade, pela maior extração de N e P proveniente do solo e fornecimento para os animais. Já o K é fornecido em maiores proporções pelos colmos, enquanto que as folhas são as maiores fontes de Ca e Mg. O teor de nutrientes nos grãos em R5 (estádio da ensilagem) foi de 1,49; 0,28; 0,35; 0,10 e 0,11% de N, P, K, Ca e Mg respectivamente (Tabela 2). 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. Já, os teores de N (0,83%) e P (0,18%) foram iguais entre

os componentes (Tabela 2).

Ritchie, Hanway e Benson (2003), verificaram que do 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, está presente em maior

concentração 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 (forragem) apresentou teores de 1,37% de N, 0,24% de P, 0,81% de K, 0,20% de Ca e 0,22% de Mg (Tabela 2). Valores que ficaram abaixo daqueles apresentados por Pauletti (2004), que encontrou concentrações de nutrientes na MS da planta, 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, Von Pinho et al. (2009) estimaram os teores médios de 1,08% de N; 0,87% de K; 0,19% de P; 0,18% para Ca e Mg; e 0,11% de S, na MS da planta ao final do ciclo da cultura, valores próximos aos encontrados neste trabalho.

Segundo Von Pinho et al. (2009), no geral, a absorção e acúmulo da maior parte dos nutrientes extraídos do solo seguem quantitativamente a mesma dinâmica de desenvolvimento da planta. Os nutrientes são absorvidos durante todo o ciclo e as diferenças verificadas nas velocidades de absorção ocorrem em função do estágio em que a planta se encontra, e da translocação de nutrientes das folhas e dos colmos para os órgãos reprodutivos (FRANÇA; COELHO, 2001).

O comparativo de teores de nutrientes da planta em ponto de ensilagem (grãos farináceos a duros, R4 e R5) não reflete fielmente os valores encontrados quando os teores são analisados na fase

de maturação fisiológica ou época da colheita dos grãos, 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 de milho na fase de maturação fisiológica (estádio R6) foram de 1,80% de N, 0,28% de P, 0,34% de K, 0,12% de Ca e 0,11% de Mg (Tabela 2). De forma semelhante, 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 pela forragem (Tabela 3), os valores das análises no momento da ensilagem demonstram que os nutrientes extraídos em maior grandeza seguiram a seguinte ordem decrescente de $N > K > P > Mg > Ca$.

Ferreira (2009) 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.

Tabela 3. Exportação de nutrientes do solo com a colheita da forragem (planta inteira para ensilagem em estágio R5) e dos grãos maduros (em estágio R6), nutrientes exportados a mais pela forragem e percentual de exportação pelos grãos de milho do híbrido SG 6010.

FRAÇÃO COLHIDA	NUTRIENTES				
	N	P	K	Ca	Mg
	Nutrientes exportados do solo (kg ha⁻¹)				
Forragem em R5 (F)	241,31 a	42,14 a	141,99 a	34,87 a	38,40 a
Grãos em R6 (G)	154,80 b	24,17 b	29,37 b	10,64 b	9,11 b
	Diferença de exportação (F-G em kg ha⁻¹)				
	86,51	17,97	112,62	24,23	29,29
	Percentual de exportação pelos grãos em relação à forragem (G/F*100)				
	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%.

Fonte: Elaboração dos autores.

Por meio da comparação entre a exportação de nutrientes do solo das diferentes práticas de colheita, estimou-se a sobrecarga de nutrientes exportados pela colheita da forragem em relação à de grãos, conforme as respectivas produções de MS (Tabela 3). Os valores obtidos, expressos em kg ha⁻¹ foram 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 para forragem e grãos, respectivamente. Com isso, a colheita da planta inteira 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 do que a colheita de grãos.

Coelho e França (1995) citados por Coelho (2006), ao fazerem um comparativo entre níveis de produção e exportação de nutrientes do solo pela colheita de grãos ou forragem, observaram que para a produção de 17.130 kg ha⁻¹ de MS, a cultura do milho exportou do solo 230 kg de N, 23 kg de P, 271 kg de K, 52 kg de Ca e 31 kg de Mg. Já para a produção de 9.170 kg ha⁻¹ de grãos, foram exportados 187 kg de N, 34 kg de P, 143 kg de K, 30 kg de Ca e 28 kg de Mg. Os autores demonstraram que as exportações dos macronutrientes aumentam linearmente com o aumento da produtividade da cultura.

Para obtenção da diferença da exportação de nutrientes do solo por uma lavoura colhida para

silagem ou mantida para a colheita dos grãos, devem-se analisar os teores de nutrientes das massas produzidas (grãos ou forragem) da mesma lavoura, não sendo recomendada a determinação da diferença de exportação por estimativas com base em lavouras conduzidas de formas distintas, uma vez que a dinâmica de absorção de nutrientes pela cultura é altamente variável, principalmente por fatores ambientais e genotípicos.

Do total de nutrientes encontrados na forragem (Tabela 3), 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 retornam ao solo via decomposição palhada. Porém, a maior parte do N e do P absorvidos são exportados com os grãos.

Quando a finalidade da lavoura é a produção de grãos, a maior parte do P absorvido é translocado para os grãos (77 a 86 %), seguido pelo 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 assim, a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente K, Mg e Ca.

As divergências quanto aos teores e exportação de

nutrientes encontrados neste trabalho, comparados com o de outros autores, pode ser explicada de acordo com as observações de Ferreira (2009), que indicam que o genótipo, a disponibilidade de nutrientes no solo e as condições ambientais são as principais causas das variações das concentrações de nutrientes e capacidade de absorção pelas plantas.

Ao transformar os valores de exportação de nutrientes para as fontes de fornecimento ao solo via

fertilizante mineral (Tabela 4), observa-se que para a produção da silagem (forragem) foram exportados das glebas 241,31 kg ha⁻¹ de N; 96,50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 170,39 kg ha⁻¹ de K₂O; 48,47 kg ha⁻¹ de CaO e 63,74 kg ha⁻¹ de MgO. Já para a produção de grãos, foram exportados 154,80 kg ha⁻¹ de N; 55,35 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 35,24 kg ha⁻¹ de K₂O; 14,79 kg ha⁻¹ de CaO e 15,12 kg ha⁻¹ de MgO, sendo que as adubações realizadas na cultura forneceram ao solo 148 kg ha⁻¹ de N, 105 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70 kg ha⁻¹ de K₂O.

Tabela 4. Fornecimento de nutrientes via adubação, exportação pela colheita e balanço de nutrientes no solo para obtenção de forragem (planta inteira para ensilagem em estádio R5) ou grãos (em estádio R6) de milho do híbrido SG 6010.

BALANÇO DE NUTRIENTES	NUTRIENTES (kg ha ⁻¹)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Fornecimento via adubação (base e cobertura)	148	105	70	-	-
Exportação via forragem (F)	241,31 a	96,50 a	170,39 a	48,47 a	63,74 a
Balanço	-93,31	8,50	-100,39	-48,47	-63,74
Exportação via grãos (G)	154,80 b	55,35 b	35,24 b	14,79 b	15,12 b
Balanço	-6,80	49,65	34,76	-14,79	-15,12
Diferença de exportação (F-G)	86,51	41,15	135,14	33,68	48,62

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

¹Para conversão de P em P₂O₅; K em K₂O; Ca em CaO e Mg em MgO, os valores foram multiplicados por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66; respectivamente.

Fonte: Elaboração dos autores.

Considerando os valores de fornecimento de nutrientes via adubação (Tabela 4), o cultivo para silagem gerou saldo negativo no solo de 93,31 kg ha⁻¹ de N, 100,39 kg ha⁻¹ de K₂O, 48,47 kg ha⁻¹ de CaO e 63,64 kg ha⁻¹ de MgO. Para a produção de grãos, houve somente um pequeno déficit de 6,80 kg ha⁻¹ de N, 14,79 kg ha⁻¹ de CaO e 15,12 kg ha⁻¹ de MgO (não considerando a calagem para correção do solo). Contudo, houve saldo positivo para o solo de 8,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para a produção de silagem e de 49,65 e 34,76 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, quando se considerou a produção de grãos.

De acordo com Von Pinho et al. (2009), a extração de nutrientes depende do rendimento de fitomassa obtido e da acumulação de nutrientes

nos grãos e em outros componentes estruturais, e é necessário disponibilizar às plantas as quantidades de nutrientes que estas têm capacidade e necessidade de extrair, no entanto, estes nutrientes disponíveis devem ser repostos pelo solo e pelas adubações. As recomendações oficiais de adubação para a cultura do milho no Brasil são baseadas na produtividade média esperada e tipo de exploração, mas segundo Von Pinho et al. (2009) necessitam ser ajustadas caso a caso.

De acordo com Coelho (2006), dados de experimentos conduzidos com doses moderadas a altas de fertilizantes disponibilizados para o desenvolvimento da cultura do milho para grãos e/ou silagem demonstraram que a extração de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) pelas plantas cultivadas foi

maior no nível de alta adubação por incrementar linearmente a produção de fitomassa.

As recomendações oficiais para adubação da cultura do milho consideram a textura do solo, nível de fertilidade atual, produtividade esperada e finalidade da exploração (forragem ou grãos), permitindo adequado fornecimento de nutrientes à cultura. Porém, a ocorrência de fatores, principalmente climáticos, que permitam a obtenção de níveis de produtividade de grãos e/ou forragem superiores à estimativa inicial, podem fazer com que a adubação de manutenção realizada não seja suficiente, havendo risco de ocorrer redução ou esgotamento da fertilidade do solo pela exportação de nutrientes.

Desta maneira, a avaliação do fluxo de nutrientes é uma importante ferramenta para o monitoramento de safras de milho, e quando utilizada em conjunto ao plano de aplicação de nutrientes pode melhorar a precisão das recomendações de adubação na cultura do milho. Além disso, no planejamento de uma agricultura sustentável, o balanço de entradas e saídas de nutrientes no sistema é importante para definir a economia da produção e os níveis de fertilidade do solo (HECKMAN et al., 2003).

Quanto à fase de fornecimento dos alimentos produzidos para os bovinos de corte em engorda confinada, os teores de MS referente a amostras coletadas da forragem picada de cada silo, no momento da ensilagem, apresentaram em média 33,71%, já os teores de MS das silagens apresentaram média de 33,11%. A massa específica obtida pela compactação da forragem no silo apresentou média de 506 kg m⁻³ de silagem na matéria natural (MN). As perdas de MS durante o processo fermentativo, resultante da análise dos “bags”, foram de 14,51%, na média dos três silos confeccionados.

Houve diferença significativa entre os tratamentos para os teores de N, P, K, Ca e Mg no esterco, entretanto, não foram observadas interações entre tipo de alimentação e período de avaliação, portanto, os resultados da Tabela 5 representam a média dos dois períodos de coleta. Os animais que consumiram uma dieta com 80% de grãos de milho, apresentaram maiores teores de N (3,22 vs 2,71 %), P (1,87 vs 1,26 %), Ca (4,35 vs 1,75 %) e Mg (0,66 vs 0,43 %) nas fezes, comparativamente aos animais alimentados com silagem. No entanto, animais alimentados com silagem apresentaram maiores teores de K nas fezes (0,61 vs 0,30 %), justamente pela maior concentração deste nutriente na forragem.

Tabela 5. Teores médios de nutrientes no esterco de bovinos em confinamento em função do tipo de dieta.

DIETAS	TEORES DE NUTRIENTES NO ESTERCO (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Silagem ¹	2,71 b	1,26 b	0,61 a	1,75 b	0,43 b
Grãos ²	3,22 a	1,87 a	0,30 b	4,35 a	0,66 a

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

¹Animais consumindo 5,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹ de concentrado + silagem de milho (*ad libitum*);

²Animais consumindo 80% de grãos de milho + 20% núcleo proteico, (*ad libitum*).

Fonte: Elaboração dos autores.

Normalmente o esterco sólido de bovinos apresenta 1,5% de N, 0,61% de P, 1,25% de K, 0,8% de Ca e 0,5% de Mg na MS (CQFS RS/SC, 2004). Comparando estas concentrações de nutrientes com as obtidas no presente trabalho, é

possível observar uma considerável discrepância entre os valores, contudo, sabe-se que os teores de nutrientes no esterco podem variar com o tipo de alimentação. A alta concentração de K sugere que estas amostras de fezes provêm de

animais alimentados com uma maior participação de forragens nas dietas em relação às usadas no presente trabalho.

Devido à alta participação de grãos nas rações utilizadas neste experimento, a exceção do que ocorreu com o K, os teores de alguns nutrientes nas fezes bovinas se assemelharam aos do esterco

sólido de suínos, que apresenta em sua composição 2,1% de N, 1,22% de P, 2,8% de Ca e 0,8% de Mg (CQFS RS/SC, 2004).

Os valores presentes na Tabela 6 foram utilizados para calcular o potencial de reposição de nutrientes ao solo pela adubação com o esterco produzido em cada dieta.

Tabela 6. Produção de silagem ou grãos de milho, consumo animal, número potencial de animais alimentados em confinamento conforme o tipo de dieta, e produção de esterco.

DIETA	VARIÁVEIS MENSURADAS				
	Produção ¹	Consumo ²	Capacidade de suporte ³	Produção de esterco	
	kg de MS ha ⁻¹	kg de MS animal ⁻¹ dia ⁻¹	animais ha ⁻¹	kg de MS animal ⁻¹ dia ⁻¹	kg de MS ha ⁻¹
Silagem	15.057	4,56	39	3,07	10.155
Grãos	7.826	5,24	18	1,25	1.862

¹Alimentos produzidos considerando perdas no preparo:

Silagem = 14,51% na fermentação, segundo metodologia dos “bags” (NEUMANN, 2006);

Grãos = 9% entre colheita e transporte, conforme sugerido por EMBRAPA (2010).

²Representa o consumo de MS apenas do derivado do milho, para bovinos recebendo os seguintes tratamentos:

Silagem = 5,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹ de concentrado + silagem de milho (*ad libitum*);

Grãos = 80% de grãos de milho + 20% núcleo proteico, (*ad libitum*).

³Para 84 dias de alimentação.

Fonte: Elaboração dos autores.

Foram encontradas diferenças significativas no potencial de reposição de nutrientes ao solo conforme o tipo de alimentação fornecida para novilhos em confinamento (Tabela 7). Os animais alimentados com dieta convencional utilizando silagem de milho e concentrado apresentaram maiores produções, em

comparação aos alimentados com grãos de milho, no esterco de N (276,28 vs 59,37 kg ha⁻¹), P (128,12 vs 33,37 kg ha⁻¹), K (58,32 vs 5,38 kg ha⁻¹), Ca (177,7 vs 78,89 kg ha⁻¹) e Mg (43,64 vs 11,81 kg ha⁻¹), por unidade de área conforme o tipo de alimento colhido.

Tabela 7. Quantidade total de nutrientes no esterco em função do tipo de dieta utilizada no confinamento de bovinos de corte.

TIPO DE DIETA	NUTRIENTES NO ESTERCO (kg ha ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
Silagem de milho¹	276,28 a	128,12 a	58,32 a	177,70 a	43,64 a
Grãos de milho²	59,37 b	33,37 b	5,38 b	78,89 b	11,81 b

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

¹Animais consumindo 5,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹ de concentrado + silagem de milho (*ad libitum*);

²Animais consumindo 80% de grãos de milho + 20% núcleo proteico, (*ad libitum*).

Fonte: Elaboração dos autores.

Apesar dos teores de nutrientes no esterco serem maiores em dietas com grãos, exceto K, o esterco dos animais alimentados com silagem apresentou maior reposição de nutrientes devido à maior quantidade de esterco produzido.

O balanço final de nutrientes no solo após a adubação orgânica, de acordo com o potencial de reposição do esterco de cada tipo de dieta, encontra-se na Tabela 8. A prática de alimentação de animais em confinamento com silagem, apesar de inicialmente resultar em maior déficit de nutrientes

ao solo, quando se contabilizou a possível reposição de nutrientes com o retorno pelo esterco à gleba de cultivo, possibilitou excedente no solo de 182,97 kg ha⁻¹ de N, 301,90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 198,54 kg ha⁻¹ de CaO e 8,7 kg ha⁻¹ de MgO, porém, ainda assim existiria déficit de 30,4 kg ha⁻¹ de K₂O. Já a alimentação dos animais baseada no fornecimento de grãos e posterior retorno pelo esterco, resultaria em excedente na área cultivada de 52,57 kg ha⁻¹ de N, 126,06 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 41,21 kg ha⁻¹ de K₂O, 94,87 kg ha⁻¹ de CaO e 4,48 kg ha⁻¹ de MgO.

Tabela 8. Balanço de nutrientes no solo após o cultivo do milho, em função do tipo de dieta utilizada na terminação de bovinos de corte em confinamento.

BALANÇO DE NUTRIENTES	NUTRIENTES ³ (kg ha ⁻¹)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Balanço para Silagem	-93,31	8,50	-100,39	-48,47	-63,74
Reposição via esterco ¹	276,28	293,40	69,99	247,01	72,44
Superávit/Déficit	182,97	301,90	-30,40	198,54	8,70
Balanço para Grãos	-6,80	49,65	34,76	-14,79	-15,12
Reposição via esterco ²	59,37	76,41	6,46	109,66	19,61
Superávit/Déficit	52,57	126,06	41,21	94,87	4,48

¹Animais consumindo 5,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹ de concentrado + silagem de milho (*ad libitum*);

²Animais consumindo 80% de grãos de milho + 20% núcleo proteico, (*ad libitum*).

³Para conversão de P em P₂O₅; K em K₂O; Ca em CaO e Mg em MgO, os valores foram multiplicados por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66; respectivamente.

Fonte: Elaboração dos autores.

Ambos os sistemas de produção de bovinos em confinamento apresentaram plena capacidade de sustentabilidade de nutrientes no solo, e ainda, podendo contribuir com o enriquecimento da fertilidade e redução de custos com fertilizantes minerais nos cultivos sucessivos.

Entretanto, os adubos orgânicos apresentam concentrações e taxas variáveis de liberação de nutrientes no solo, afetando sua disponibilidade para as plantas. Os esterco sólidos com altos teores de fibra e lignina apresentam maior relação C:N (carbono:nitrogênio) e menores quantidades de nutrientes, sendo decompostos mais lentamente no solo, e conseqüentemente liberando menores quantidades de nutrientes para as plantas. Entretanto,

favorecem o acúmulo de matéria orgânica no solo e apresentam maiores quantidades de nutrientes minerais em relação aos esterco líquidos (CQFS RS/SC, 2004).

Segundo a CQFS RS/SC (2004), os índices de eficiência do esterco bovino sólido como fertilizantes no primeiro e segundo cultivos são, respectivamente, de 30% e 20% para o N e 80% e 20% para o P. Já no caso do K, é 100% disponibilizado já no primeiro cultivo. No entanto, o esterco de animais alimentados com rações mais concentradas apresenta maior disponibilidade inicial de nutrientes para as plantas do que o esterco de animais alimentados com mais volumosos ou criados a pasto.

Portanto, considerando a eficiência de disponibilização dos nutrientes do esterco sólido de bovinos e contabilizando as entradas e saídas de nutrientes da área de cultivo, há um superávit de 45 kg ha⁻¹ de N para o caso de uso da área para a produção de silagem e 23 kg ha⁻¹ de N no caso de utilização da área para a produção de grãos.

De acordo com as recomendações de adubação orgânica e mineral da CQFS RS/SC (2004), considerando uma exigência nutricional da cultura do milho de 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para solos de baixa fertilidade, com o esterco dos animais que consumiram silagem seria possível suprir esta necessidade aplicando 4.300 kg ha⁻¹. Para o manejo de adubação correto, o restante da necessidade dos outros nutrientes (quantidade de N e K exigida além da disponibilizada pela quantidade de esterco) deveria ser suprido com a aplicação de fertilizantes minerais, e o excedente do esterco poderia ser remanejado para outras áreas.

De outra forma, ao considerar a implantação de duas culturas anuais que exijam juntas 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o esterco dos animais alimentados com silagem poderia ser aplicado em sua totalidade, extinguindo-se assim a necessidade de outra fonte de P₂O₅. Considerando a produção de P₂O₅ no esterco de bovinos alimentados com grãos, para o cultivo do milho, por exemplo, poderia ser aplicada a quantidade total de esterco, eliminando a necessidade de realizar a adubação fosfatada mineral.

Silva et al. (2010), monitoraram a fertilidade do solo por seis anos consecutivos em uma área destinada ao cultivo sucessivo de forrageiras de inverno (aveia preta e azevém) e verão (milho e sorgo) para a produção de silagens, aplicando 0, 50 ou 100% da adubação mineral exigida pelas culturas, associando a 0, 30, 60 e 90 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco de vacas leiteiras confinadas. Após os seis anos, os autores concluíram que as maiores aplicações de adubo mineral e orgânico não foram suficientes para alterar a concentração de P em profundidade, acusando sua permanência em maior

parte na camada de 0 a 5 cm do solo.

No mesmo experimento, as quantidades de adubo mineral e orgânico não foram suficientes para a manutenção do teor de K, porém a adubação orgânica contribuiu para o maior acúmulo de carbono na camada superficial do solo. Na avaliação da condutividade elétrica, os autores observaram que houve redução com o aumento da profundidade e indicaram que este resultado deveu-se à grande remoção de nutrientes, principalmente de K pelas forrageiras.

Conclusões

A colheita de milho para forragem promove maior exportação de nutrientes do solo, exportando das glebas de cultivo 56% a mais de nitrogênio, 74% de fósforo, 384% de potássio, 228% de cálcio e 322% de magnésio, quando comparada à exportação promovida pela colheita de grãos.

A adubação mineral de manutenção realizada no manejo da lavoura é suficiente quando somente os grãos são colhidos, porém, gera déficits ao solo de 93 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 84 kg ha⁻¹ de potássio quando o milho é colhido como forragem.

Os sistemas de produção de bovinos em confinamento, alimentados com forragem ou grãos de milho, apresentam capacidade de manutenção da sustentabilidade de nutrientes no solo e podem contribuir com o enriquecimento da fertilidade e reduzir os custos com fertilizantes minerais.

Não se deve recomendar o cultivo do milho para forragem empregando a adubação recomendada para a produção de grãos, uma vez que para este tipo de manejo as exigências nutricionais da cultura visando à manutenção da fertilidade do solo são maiores.

Agradecimentos

Agradecimentos à equipe do Núcleo de Produção Animal da Universidade Estadual do Centro-

Oeste, no Paraná (NUPRAN/UNICENTRO), pela realização do trabalho. À Cooperativa Agrária Agroindustrial pela parceria e fornecimento dos alimentos concentrados. Aos Laboratórios de Análise de Solos e Plantas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná de Pato Branco e da Universidade Estadual do Centro Oeste, pelo auxílio nas análises. À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado, o qual deu origem ao presente trabalho.

Observações

Este trabalho foi antecipadamente submetido e aprovado para realização pela Comissão de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual do Centro-Oeste (CEEA/UNICENTRO) e foi realizado de acordo com as normas técnicas de ética em experimentação com uso de animais.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 16. ed. Washington, DC, 1995. 2000 p.
- BALIEIRONETO, G.; BRANCO, R. B. F.; CIVIDANES, T. M. S.; NOGUEIRA, J. R.; FELIX, M. R. F.; ROMA JUNIOR, L. C.; BUENO, M. S.; FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R.; REI, F. M. C. T. Relação custo benefício na produção de silagem com milho *Bt*. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4., 2011, Maringá. *Anais...* Maringá: Sthampa, 2011. p. 131-172.
- COELHO, A. M. *Nutrição e adubação do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (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. 400 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema de produção – cultivo do milho: colheita e pós colheita. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2010. Disponível em: <http://www.cnpm.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/index.htm>. Acesso em: 01 dez. 2011.
- FERREIRA, C. F. *Diagnose nutricional de diferentes cultivares de milho (Zea mays L.) de diferentes níveis tecnológicos*. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- 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.
- GRANDINI, D. Dietas contendo grãos de milho inteiro sem fonte de volumoso para bovinos confinados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2., 2009, Botucatu. *Anais...* Botucatu: FCA/UNESP/FMVZ, 2009. p. 90-102.
- HECKMAN, J. R.; SIMS, J. T.; BEEGLE, D. B.; COALE, F. J.; HERBERT, S. J.; BRUULSEMA, T. W.; BAMKA, W. J. Nutrient removal by corn grain harvest. *Agronomy Journal*, Madison, v. 95, n. 3, p. 587-591, 2003.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. *Avaliação estadual de cultivares de milho safra 2008/2009*. Londrina: IAPAR, 2009. (Informe da Pesquisa, n. 157).
- _____. *Cartas climáticas do Paraná*. Versão 1.0. 2000. CD-ROM.
- LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, p. 185-196, 2005.
- 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.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of domestic animals*. 7th ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 1996. 90 p.
- NEUMANN, M. *Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (Zea mays L.) sobre perdas, valor nutritivo das silagens e desempenho de novilhos confinados*. 2006. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- 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.
- NUSSIO, L. G. Milho e sorgo para produção de silagem. In: SANTOS, F. A.; NUSSIO, L. G.; SILVA, S. C. (Ed.). *Volumosos para bovinos*. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 75-177.
- PAULETTI, V. *Nutrientes: teores e interpretações*. 2. ed. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, 2004. 86 p.
- PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. D.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.
- POTT, C. A.; MÜLLER, M. M. L.; BERTELLI, P. B. Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo. *Revista Ambiente*, Guarapuava, v. 3, n. 1, 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. 20 p. (Informações Agronômicas, n. 103).
- SAS INSTITUTE. *SAS/STAT user's guide: statistics*. 4. ed. Version 6. Cary, North Caroline, v. 2, 1993. 943 p.
- SILVA, J. C. P. M.; MOTTA, A. C. V.; PAULETTI, V.; VELOSO, C. M.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, L. F. C. Esterco de gado leiteiro associado a adubação mineral e sua influência na fertilidade se um latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 453-463, 2010.
- 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, 174 p. (Boletim técnico, n. 5).
- VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; REIS, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2009.