

ACÚMULO DE NUTRIENTES EM MILHO CULTIVADO EM NITOSSOLO DEGRADADO SOB DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO

Ciriaca Arcangela Ferreira de Santana do Carmo¹; Neli do Amaral Meneguelli¹; José Ronaldo de Macedo¹; Cláudio Lucas Capeche¹; Adoildo da Silva Melo²; Enio Fraga da Silva¹

¹Embrapa Solos. R. Jardim Botânico, 1024, CEP: 22460-000 Rio de Janeiro-RJ. e-mail: ciriaca@cnps.embrapa.br; neli@cnps.embrapa.br; jmacedo@cnps.embrapa.br; enio@cnps.embrapa.br

²Técnico Nível Superior, Embrapa Solos. adoildo@cnps.embrapa.br

RESUMO: O trabalho foi conduzido no município de Prados MG, em solo classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico, degradado, visando avaliar o acúmulo de N, P, K, Ca e Mg no milho cultivado sob diferentes fontes de adubação. Os tratamentos testados envolveram o uso de fontes tais como dejetos líquidos de suíno, rocha fosfatada e gesso, acrescidos de NPK. As avaliações ocorreram nos seguintes estádios: emissão da 8ª folha, início da formação dos grãos e maturação fisiológica. A cultivar utilizada foi a BR 201. O N foi o nutriente que apresentou maiores teores no milho, seguido do K, P, Ca e Mg. De um modo geral, os teores máximos de N, K, P, Ca e Mg acumulados foram observados no estágio inicial de formação dos grãos. Constatou-se maior acúmulo de N e P na folha e de K, Ca e Mg na folha e no colmo. Quanto ao N, o maior acúmulo ocorreu nos tratamentos 2 e 3, nas três partes da planta, nos três estádios. Com respeito ao P, houve um maior acúmulo no tratamento 3, nas três partes da planta, nos três estádios e quanto ao K, seu acúmulo ocorreu no tratamento 3, nas três partes da planta, somente no estágio 2. Já o Ca e o Mg apresentaram acúmulos diferenciados, nas três partes da planta, nos três estádios. Considerando que o dejetos líquidos de suíno foi aplicado nesses dois tratamentos, os resultados evidenciaram a importância dessa fonte de nutriente para a cultura do milho, principalmente em áreas degradadas.

Palavras-chave: Nutrição de planta, milho, dejetos líquidos de suínos, adubação do solo.

NUTRIENT ACCUMULATION AND DISTRIBUTION IN MAIZE CULTIVATED ON A DEGRADED NITOSOL UNDER DIFFERENT FERTILIZATION SOURCES

ABSTRACT: This work was carried out on a degraded dystrophic Red Nitossolo (Kandiustult), in the county of Prado (MG), aiming at evaluating the contents of N, P, K, Ca and Mg in maize cultivated under different sources of fertilization. The tested treatments involved the use of different sources, such as pig liquid manure, phosphorous rock and gypsum, and the addition of NPK. The evaluations were done in the following growth stages: emission of the 8th leaf, beginning of the grain formation and physiological maturation. The tested hybrid maize was BR 201. Nitrogen was the nutrient with the highest content in corn, followed by K, P, Ca, and Mg. In general, the highest nutrient accumulation for N, K, P, Ca, and Mg, was observed during the initial stage of grain formation. It was verified a higher accumulation of N and P in leaves and K, Ca and Mg in leaves and stalks. The highest accumulation of N happened on treatments 2 and 3, in the three parts of the plant, at the three stages. With respect to P, the accumulation was higher on treatment 3, in the three parts of the plant, at the three stages, while for K, the accumulation happened on treatment 3, in the three parts of the plant, but only in stage 2. Ca and Mg presented different accumulations in the three parts of the plant, for the three stages. Considering that pig liquid manure was applied on treatments 2 and 3, the results showed clearly the importance of this nutrient source for maize production mainly in degraded soils.

Key words: Plant nutrition, maize, pig liquid manure, soil fertilization.

INTRODUÇÃO

Na zona fisiográfica de Campos das Vertentes onde se insere o município de Prados, em Minas Gerais, predominam solos ácidos, com baixa disponibilidade de nutrientes e altamente suscetíveis à erosão (IBGE, 1984). A pecuária leiteira, a suinocultura e a avicultura são as atividades mais relevantes, constituindo-se como as principais fontes de sustentação econômica das propriedades locais.

Nessa região, onde a pequena propriedade

representa 73 % da área agrícola, verifica-se que a grande maioria dos produtores realiza o plantio de milho visando não só a alimentação dos rebanhos leiteiros na época seca, mas também a obtenção de matéria-prima para o preparo de ração nos criatórios de suínos e aves. O nível de produtividade média é muito baixo, em torno de 2,1 t ha⁻¹, o que resulta, cada vez mais, na necessidade da incorporação de novas áreas ao processo produtivo, a fim de atender à demanda desse grão, ou então adquirir o produto de fontes externas para complementar a demanda anual (Embrapa, 1993).

Vários fatores contribuem para que a produtividade do milho não alcance patamares satisfatórios. Entre eles, cita-se o pouco uso de tecnologia, em decorrência, principalmente, do baixo nível de capitalização dos pequenos produtores, aliado à baixa fertilidade natural dos Nitossolos, que compreendem 75 % dos solos dessa região (Resende e Pereira, 1994).

Uma das formas de aumentar essa produtividade, sem dúvida, é adotar uma nutrição mineral adequada, por meio do uso de programas de adubação direcionados aos sistemas de produção da pequena propriedade, que considerem as fontes de nutrientes alternativas, a definição da quantidade a ser aplicada, o balanço entre os nutrientes e o conhecimento de suas demandas durante o ciclo da cultura (Muzzilli et al., 1989; Büll, 1993; Coelho e França, 1995).

Diversos autores (Hanway, 1962; Andrade, 1975; Vasconcelos et al., 1998; Coelho e França, 1995; Fernandes et al., 1999; Andreotti et al., 2000; Coelho et al., 2002) têm demonstrado que o acúmulo diferencial de nutrientes no milho varia em função do estágio de maturação, da qualidade do solo (nível e disponibilidade dos nutrientes), do clima, da cultivar e do sistema de cultivo. O conhecimento da absorção e do acúmulo desses nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura, permite determinar as épocas em que os elementos são mais exigidos e orientar as correções das deficiências que venham a ocorrer durante o seu desenvolvimento (Barbosa Filho, 1987). Tais informações, associadas a outros métodos de avaliação, são fundamentais na orientação do fornecimento racional de fertilizantes, nas quantidades e nos períodos mais adequados à cultura (Büll, 1993; Fageria et al., 1997).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg na cultura do milho cultivado com diferentes fontes de adubação, em Nitossolo degradado, em três estádios de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Prados-MG, em Nitossolo Vermelho Distroférrico, textura argilosa, em área de pastagem nativa degradada, no ano de 1998. A análise do solo apresentou a seguinte composição química: pH = 4,3; Al = 0,4 cmol_c kg⁻¹; H+Al = 4,5 cmol_c kg⁻¹; Ca+Mg = 0,7 cmol_c kg⁻¹; K = 0,05 cmol_c kg⁻¹; T = 5,3 cmol_c kg⁻¹; SB = 0,8 cmol_c kg⁻¹; P = 1 mg kg⁻¹; V = 15 % e C = 9,0 g kg⁻¹.

Os tratamentos aplicados em parcelas de 40 m² (4,0 m x 10,0 m) e dispostos segundo o delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco repetições, encontram-se na Tabela 1.

A correção e a adubação do solo, bem como as dosagens das fontes utilizadas, foram realizadas com base na análise do solo, segundo recomendação de adubação para a cultura do milho em Minas Gerais, (Co-

missão..., 1989). A correção do solo foi feita um mês antes do plantio com a aplicação de calcário dolomítico na dosagem de 2.000 kg ha⁻¹ e no plantio foi acrescentado, por hectare, o equivalente a 300 kg do formulado NPK 4-30-16 e 5 kg de FTE BR 12. Nesta ocasião, usou-se apenas a metade da recomendação do N. As dosagens das fontes de adubação por parcela e o modo de aplicação constaram, respectivamente, de 25 m³ de dejetos líquidos de suínos cuja composição foi a seguinte: N = 3,8 g L⁻¹, P = 2,5 g L⁻¹, K = 0,39 g L⁻¹, Ca = 2,7 g L⁻¹ e Mg = 0,35 g L⁻¹, em toda a área, 50 kg de rocha fosfatada e 50 kg de gesso, aplicado em sulco, juntamente com o calcário, um mês antes do plantio. Aos 40 dias após a emergência do milho (DAE), realizou-se adubação com nitrogênio em cobertura, na base de 90 kg de uréia ha⁻¹, incorporado ao solo, em sulcos, ao lado da planta.

A testemunha (T0) recebeu apenas adubação NPK sem o corretivo do solo, a exemplo da tecnologia usada pelos produtores da região, acrescida de FTE BR12, a fim de uniformizar os tratamentos.

A cultivar de milho utilizada no experimento foi a BR 201, cujas sementes foram distribuídas em sulcos espaçados de 0,90 m, usando-se uma plantadeira-adubadeira motorizada, mantendo-se, aproximadamente, cinco plantas por metro linear, após o desbaste realizado entre 15 e 20 dias após a germinação.

Para avaliar os efeitos dos tratamentos, foram coletadas cinco plantas inteiras por parcela, totalizando 15 por tratamento, nas três linhas centrais, em três estádios de desenvolvimento da cultura: com 6 a 8 folhas bem desenvolvidas (25 a 30 DAE), no início da formação dos grãos (90 a 100 DAE) e na maturação fisiológica (100 a 110 DAE), sendo denominados estágio 1 (E1), estágio 2 (E2) e estágio 3 (E3), respectivamente.

Após a coleta no campo, as plantas foram separadas em raiz, colmo (colmo + bainha) e folha, lavadas e secas em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até peso seco constante e moídas, para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg. As determinações analíticas foram realizadas no laboratório de nutrição de plantas da Embrapa Solos, segundo Malavolta et al. (1997). O nitrogênio total foi determinado no determinador elementar (CHN Perkin Elmer). Os macronutrientes P, K, Ca e Mg foram extraídos por solubilização por via úmida, digestão nítrico-perclórica, sendo que o P foi determinado por colorimetria de molibdato vanadato, o K por fotometria de chama e o Ca e o Mg por espectrometria de absorção atômica.

Os dados referentes ao nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram analisados estatisticamente, usando-se o procedimento PROC ANOVA do Statistical Analysis System (SAS, 1999), considerando as fontes de adubação, por estágio de crescimento da cultura e para cada uma das três partes da planta. As médias dos tratamentos foram classificadas de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 1 - Relação dos tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Descrição
0 (T0)	NPK (testemunha)
1 (T1)	NPK + calagem
2 (T2)	NPK + calagem + dejetos líquidos de suínos
3 (T3)	NPK + calagem + dejetos líquidos de suínos + rocha fosfatada
4 (T4)	NPK + calagem + rocha fosfatada
5 (T5)	NPK + calagem + gesso

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises estatísticas mostraram um acúmulo diferencial dos nutrientes em função das fontes avaliadas, do órgão analisado e do estágio de crescimento do milho (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6). Na Figura 1, verifica-se que, em média, dos nutrientes estudados, o nitrogênio (N) foi encontrado em maiores quantidades, seguido do K, P, Ca e Mg. De um modo geral, os maiores acúmulos dos nutrientes avaliados foram observados nos tratamentos 2 e 3 (Figuras 2 a 6), que receberam dejetos líquidos de suínos no solo, diferindo em relação ao órgão em que foram encontrados e ao estágio de desenvolvimento da planta. A importância dessa fonte para a nutrição do milho já foi relatada por Konzen (1983), Cereta et al. (1989) e Konzen et al. (1997).

Não foram verificadas diferenças significativas no que se refere aos teores de N acumulados na raiz, até cerca de 100 dias, isto é, nos estádios E1 e E2 da cultura, em todos os tratamentos testados (Figura 2 I). No entanto, essas diferenças tornaram-se visíveis a partir do desenvolvimento progressivo das plantas até atingirem o estágio de maturação fisiológica (estádio 3), onde foram encontrados os maiores teores do nutriente. Segundo Büll (1993), o comportamento observado na raiz, nos estádios iniciais, provavelmente, se deve à grande demanda metabólica do nutriente pela parte aérea, em razão do crescimento da planta, uma vez que o N tem função primordial neste processo como constituinte das moléculas da clorofila, das proteínas, das enzimas, das coenzimas, dos ácidos nucleicos e dos citocromos.

No que se refere às fontes de adubação, observaram-se incrementos significativos nos teores de N na raiz, em comparação com a testemunha (T0), independentemente do estágio. Verificou-se acúmulo diferenciado nos tratamentos 2 e 3, com maiores teores correspondendo a um incremento da ordem de 103 e 92 %, no primeiro estágio, 95 e 83 % no segundo e 104 e 113 % no terceiro estágio, respectivamente, em relação à testemunha.

Os resultados das análises químicas referentes à parte aérea (colmo e folhas) diferiram dos da raiz, uma vez que os dados mostraram maiores teores de N encontrados no estágio inicial de desenvolvimento das plantas, em todos os tratamentos testados. Assim é

que, no colmo (Figura 2 II), podem ser observados decréscimos a partir da primeira amostragem, evidenciando que no início da formação dos grãos, já ocorre uma translocação expressiva do nutriente da parte vegetativa para a reprodutiva. Estes resultados são conflitantes com os encontrados por Vasconcelos et al. (1998) com o híbrido BR 201, que encontraram o pico máximo de acumulação de N no início da formação dos grãos, caracterizando um acúmulo diferencial, provavelmente, em decorrência das condições edafoclimáticas e das práticas de manejo adotadas.

Na folha, de um modo geral, não foram observadas diferenças significativas no acúmulo de N entre o estágio inicial (E1) e a fase de formação de grãos (E2) (Figura 2 III), ocasião em que foi observado um decréscimo do teor de nutriente de cerca de 152 %, até à maturação fisiológica (E3). Estes dados concordam com os encontrados por Vasconcelos et al. (1998), Andrade (1975) e Arnon, citado por Büll (1993), que também verificaram maior acúmulo de N no estágio inicial de formação de grãos. Segundo Andrade (1975), o conteúdo percentual de N nos tecidos de plantas jovens de milho é maior que nas outras fases de desenvolvimento. A redução do teor de nutriente, observada nos estádios finais da cultura, segundo Karlen et al. (1987) tem como causa as perdas gasosas de NH_3 por volatilização, através das folhas, em função do aumento da proteólise durante a senescência (Farquhar et al., 1979).

Constatou-se que os tratamentos 2 e 3, que receberam dejetos líquidos de suínos, apresentaram na folha, maiores teores de nitrogênio quando comparados com os demais, enquanto que na testemunha foram observadas as menores quantidades.

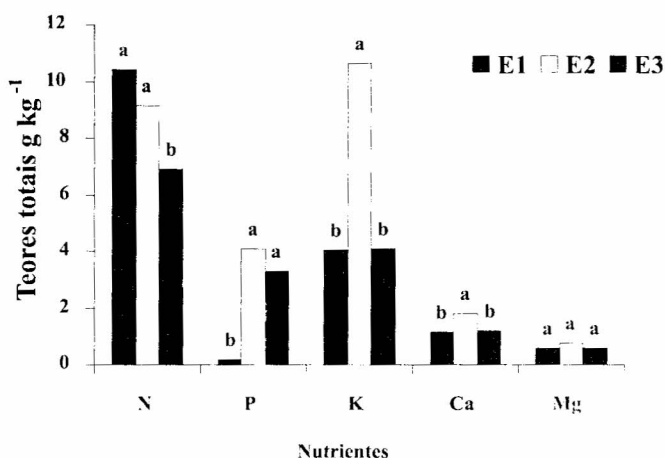


Figura 1 - Teores de nutrientes totais (raiz + colmo + folha), por estágio de crescimento, acumulados em milho, cultivado em Nitossolo degradado, sob diferentes fontes de nutrientes (Prados-MG). Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Estádio 1 = 6 a 8 folhas; Estádio 2 = início da formação dos grãos; Estádio 3 = maturação fisiológica

Verificou-se também, que os teores de N na folha, mesmo nos tratamentos mais expressivos, foram inferiores aqueles considerados adequados ao bom desenvolvimento da cultura, isto é, 27,5 a 32,5 g kg⁻¹ (Coelho e França, 1995 e Malavolta et al., 1997). Provavelmente, a adubação aplicada não foi suficiente para suprir as necessidades do nutriente pelas plantas, agravado pelas limitações impostas pelo alto grau de degradação do solo. Associados a esses baixos teores, observaram-se sintomas característicos da deficiência do nutriente que se manifestaram na fase de crescimento inicial. Na folha, foram verificados os maiores teores do nutriente, nos três estádios analisados.

Depois do N e do K, o P foi o nutriente encontrado em maiores quantidades no milho (Figura 1). Apesar de ser requerido durante todo o ciclo da cultura, os teores de P acumulados na raiz, no colmo e na folha, no estádio inicial (E1), foram muito reduzidos (Figura 3 I, II, III), independentemente dos tratamentos testados, observando-se, nesta fase, o aparecimento dos sintomas característicos da deficiência do nutriente (Coelho e França, 1995). Segundo Stipp e Yamada (1988), a fase inicial de crescimento é a mais crítica para o fósforo, uma vez que a capacidade do sistema radicular em absorver o nutriente do solo ainda é baixa. Verificou-se acúmulo máximo desse nutriente no estádio inicial da formação dos grãos (E2), que reduziu até o estádio de maturação fisiológica (E3). Este comportamento, que se evidenciou em todos os tratamentos, provavelmente se deva à translocação dos compostos acumulados nas partes vegetativas para os grãos em formação (Muzilli et al., 1989).

Na Figura 3 observam-se diferenças significativas para os tratamentos testados e a testemunha, tanto na raiz, quanto no colmo e na folha, nos três estádios de crescimento, caracterizando acúmulo diferenciado de fósforo em função das fontes de adubação adicionadas ao solo. Tais efeitos foram mais evidenciados no tratamento 3, que apresentou maior acúmulo do teor de nutriente, independente do órgão e do estádio de crescimento. Neste tratamento, no estádio 2, verificaram-se aumentos, respectivamente, da ordem de 182 %, 139 % e 426 %, em relação à testemunha (T0), na raiz, no colmo e na folha. Estes aumentos, provavelmente, se devem ao uso da rocha fosfatada associada ao dejetos líquido de suínos, uma vez que este último insumo, além de conter o nutriente na forma prontamente disponível para as plantas, propicia a liberação do fósforo da rocha fosfatada, pela intensificação da atividade microbiana e enzimática (Scherer et al., 1984). Esta ação, no solo, possibilita a liberação de ácidos orgânicos, disponibilizando o fósforo da rocha fosfatada para as plantas.

Acredita-se que o uso conjunto do dejetos líquido de suíno e da rocha fosfatada tenha contribuído, de forma sinérgica, na disponibilização e na absorção do fósforo, uma vez que no tratamento 4, onde foi aplicado somente rocha fosfatada, observou-se redução dos teo-

res do nutriente na raiz, no colmo e na folha, na fase de formação de grãos, de cerca de 55, 34 e 86 %, em relação ao tratamento 3.

Como era de se esperar, entre os tratamentos testados, a testemunha foi a que apresentou menores teores do nutriente, em todas as partes da planta. Maiores teores de P foram encontrados na folha, no estádio 2, independentemente do tratamento (Figura 3).

Depois do N, o K foi o nutriente encontrado em maiores quantidades no milho (Figura 1), com acúmulo máximo ocorrendo no estádio da formação dos grãos, na raiz, no colmo e na folha (Figura 4 I, II, III). Após este estádio, verificou-se drástica redução (cerca de 50 %) na fase de maturação fisiológica. Segundo Loué, citado por Büll (1993), esta perda parece estar ligada à lavagem do íon pela água de irrigação ou de chuva e à degenerescência de células e tecidos.

Andrade et al. (1975) observaram que a absorção máxima de potássio pelo milho, ocorre no período de desenvolvimento vegetativo, muito antes que a de N e de P, com maior acúmulo nos primeiros 30 a 40 dias de desenvolvimento, o que não foi verificado neste estudo, provavelmente em função das amostragens das plantas terem sido realizadas apenas em três estádios do ciclo da cultura. Segundo Coelho e França (1995), este comportamento sugere maior necessidade de K na fase inicial, como um elemento de "arranque".

Na raiz, o K acumulado no estádio 1 não diferiu do acumulado no estádio 3. Também não foi encontrada resposta significativa entre as fontes de adubação testadas. Já na fase de formação dos grãos (estádio 2), todos os tratamentos diferiram da testemunha (T0), no entanto, o maior acúmulo ocorreu no tratamento 3, com incrementos da ordem de 112 %, em relação à testemunha.

Os maiores teores de K foram encontrados no colmo, na fase inicial de formação dos grãos (Figura 4). Estes resultados concordam com os encontrados por Karlen et al. (1987).

Os teores de cálcio (Ca) apresentaram comportamento similar aos dos outros nutrientes estudados, isto é, o acúmulo máximo, nas três partes da planta, ocorreu no início da formação de grãos (E2), com decréscimo até a maturação fisiológica (Figura 5, I, II, III). Estes resultados diferem dos encontrados por Vasconcelos et al. (1998), que, avaliando o acúmulo de Ca em cultivares de milho, observaram teores crescentes com os períodos de amostragem. Estes autores concluíram que devido à baixa mobilidade desse elemento nas plantas, não houve translocação de Ca do colmo e da folha para os grãos e que a cultivar BR 201, que também foi avaliada neste trabalho, apresentou maior eficiência na absorção do nutriente, com maior produção de grãos por unidade de Ca acumulado. Fernandes et al. (1999), trabalhando com milho, também observaram a baixa translocação de Ca das partes vegetativas para os grãos.

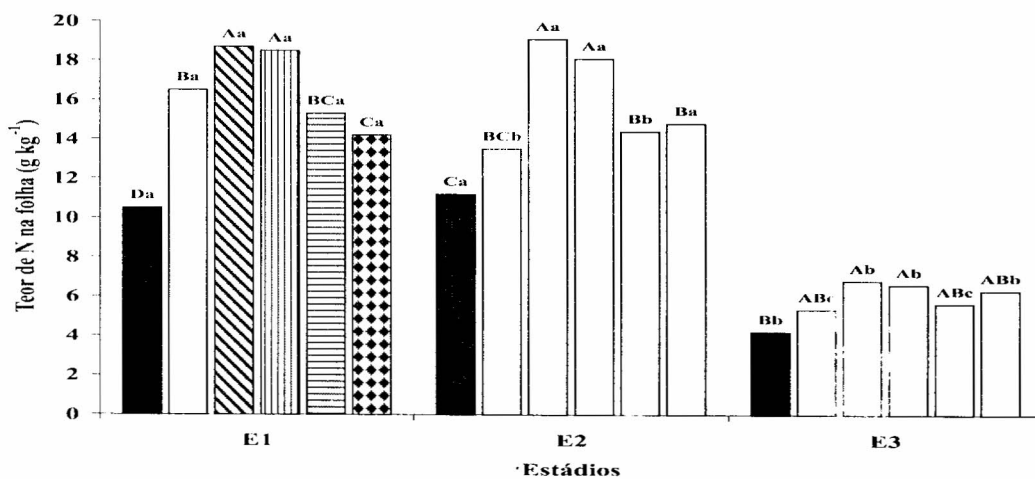
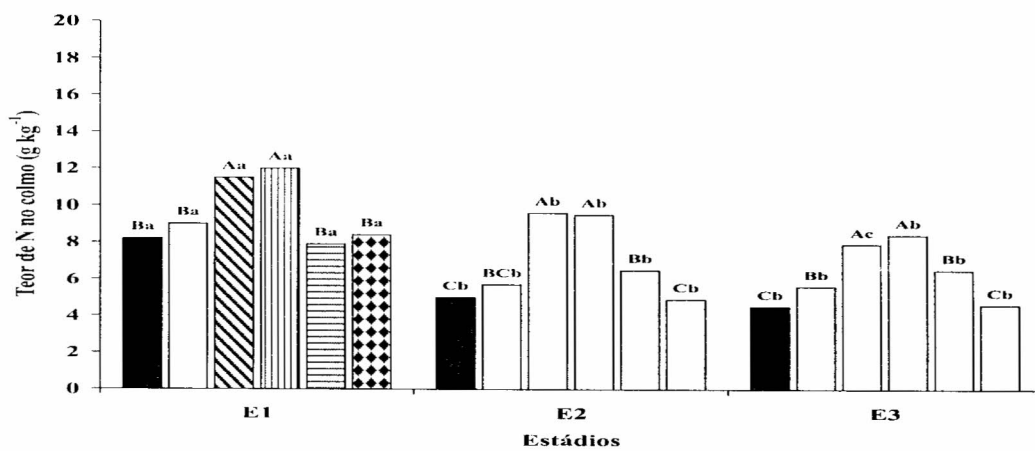
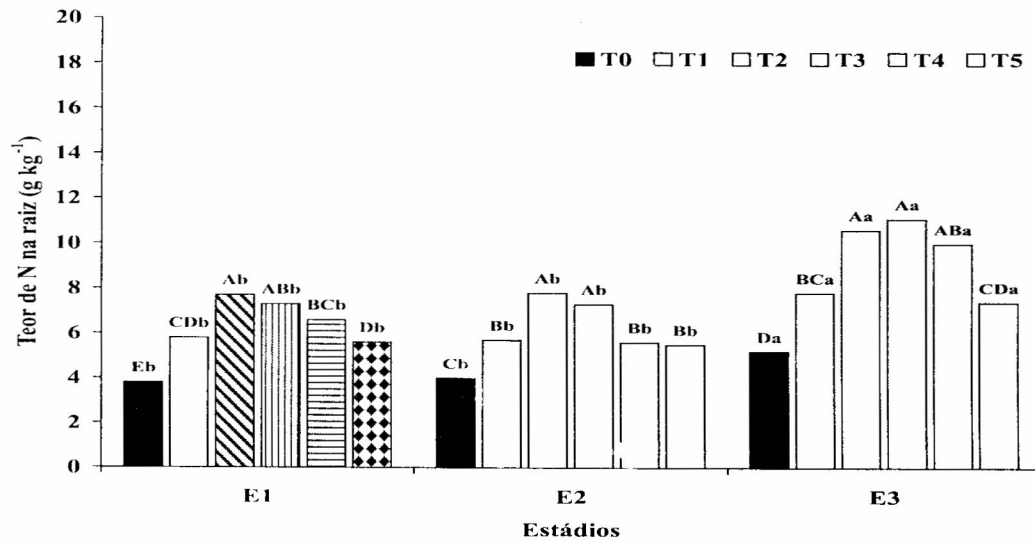


Figura 2 - Teores de N acumulados na raiz (I), no colmo (II) e nas folhas (III) de milho, cultivado em Nitossolo degradado sob diferentes fontes de nutrientes (Prados-MG). Médias com a mesma letra maiúscula, referente às fontes de nutrientes e minúscula, aos estádios de crescimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

T0 = NPK (testemunha); T1 = T0 + calagem; T2 = T1 + dejetos de suínos; T3 = T2 + rocha fosfatada; T4 = T1 + rocha fosfatada e T5 = T1 + gesso. Estádio 1 = 6 a 8 folhas; Estádio 2 = início da formação dos grãos; Estádio 3 = maturação fisiológica.

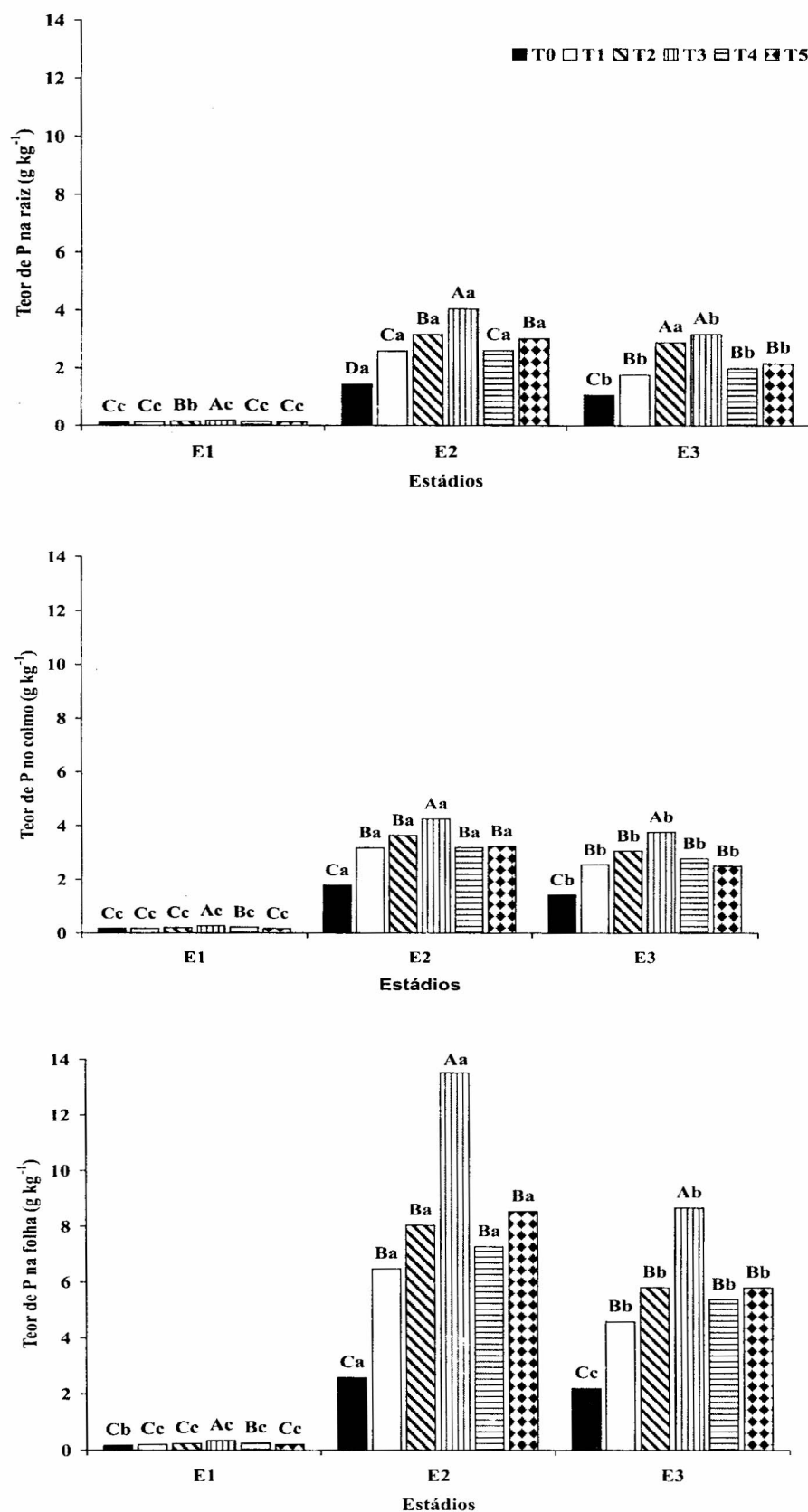


Figura 3 - Teores de P acumulados na raiz (I), no colmo (II) e nas folhas (III) de milho, cultivado em Nitossolo degradado sob diferentes fontes de nutrientes (Prados-MG). Médias com a mesma letra maiúscula, referente às fontes de nutrientes e minúscula, aos estádios de crescimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

T0 = NPK (testemunha); T1 = T0 + calagem; T2 = T1 + dejetos de suínos; T3 = T2 + rocha fosfatada; T4 = T1 + rocha fosfatada e T5 = T1 + gesso. Estádio 1 = 6 a 8 folhas; Estádio 2 = início da formação dos grãos; Estádio 3 = maturação fisiológica.

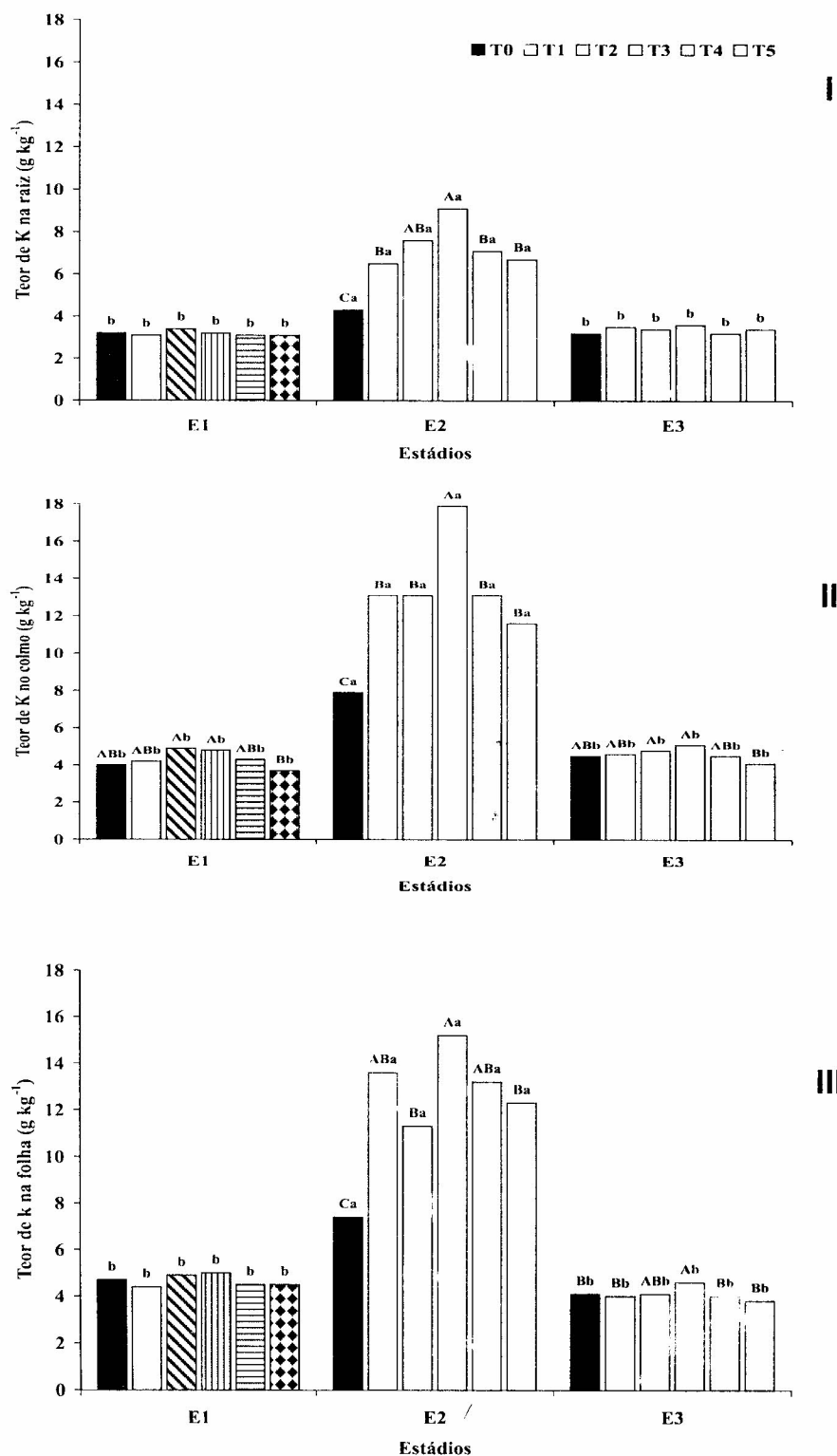


Figura 4 - Teores de K acumulados na raiz (I), no coimo (II) e nas folhas (III) de milho, cultivado em Nitossolo degradado sob diferentes fontes de nutrientes (Prados-MG). Médias com a mesma letra maiúscula, referente às fontes de nutrientes e minúscula, aos estádios de crescimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

T0 = NPK (testemunha); T1 = T0 + calagem; T2 = T1 + dejetos de suínos; T3 = T2 + rocha fosfatada; T4 = T1 + rocha fosfatada e T5 = T1 + gesso. Estádio 1 = 6 a 8 folhas; Estádio 2 = início da formação dos grãos; Estádio 3 = maturação fisiológica

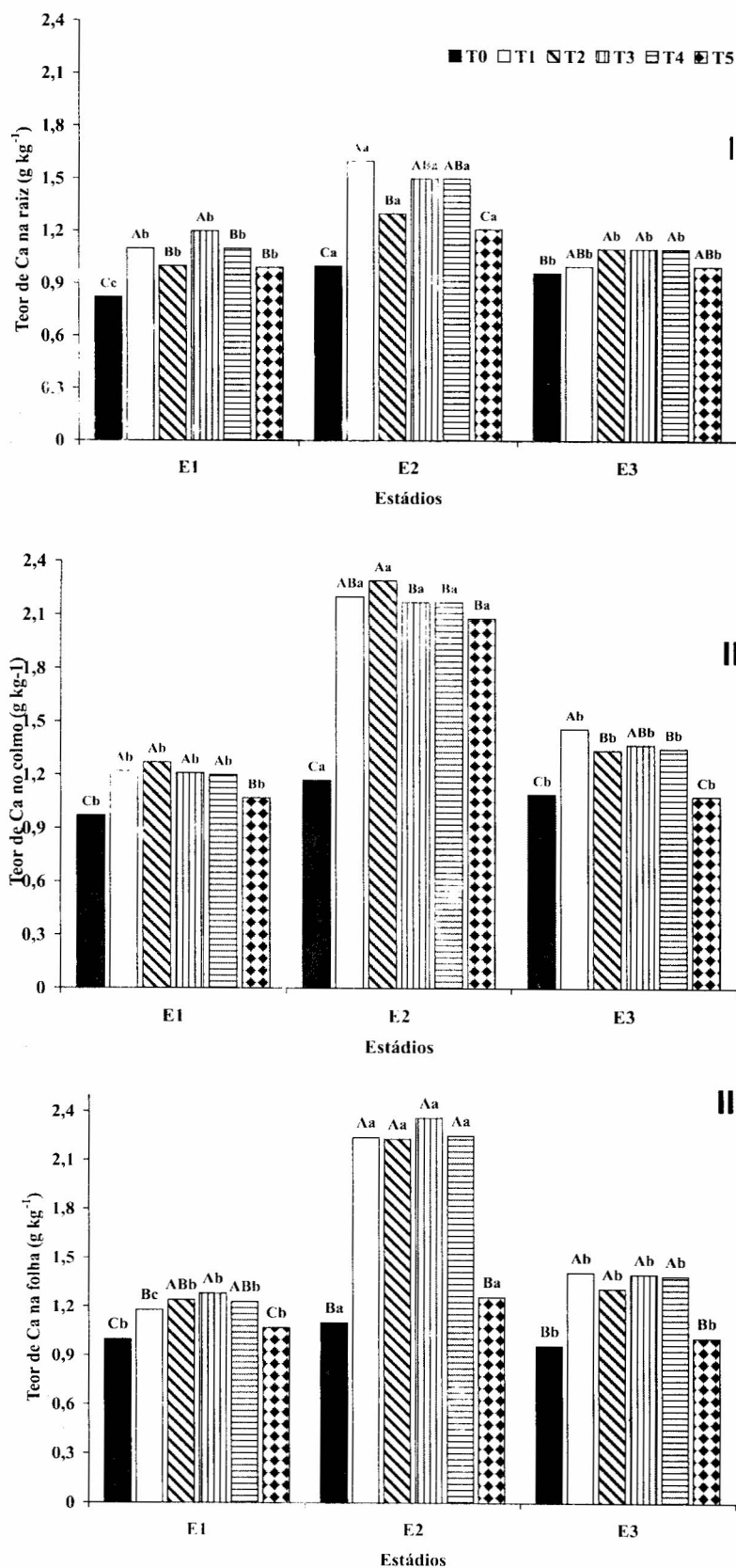


Figura 5 - Teores de Ca acumulados na raiz (I), no colmo (II) e nas folhas (III) de milho, cultivado em Nitossolo degradado sob diferentes fontes de nutrientes (Prados-MG). Médias com a mesma letra maiúscula, referente às fontes de nutrientes e minúscula, aos estádios de crescimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

T0 = NPK (testemunha); T1 = T0 + calagem; T2 = T1 + dejetos de suínos; T3 = T2 + rocha fosfatada; T4 = T1 + rocha fosfatada e T5 = T1 + gesso. Estádio 1 = 6 a 8 folhas; Estádio 2 = início da formação dos grãos; Estádio 3 = maturação fisiológica.

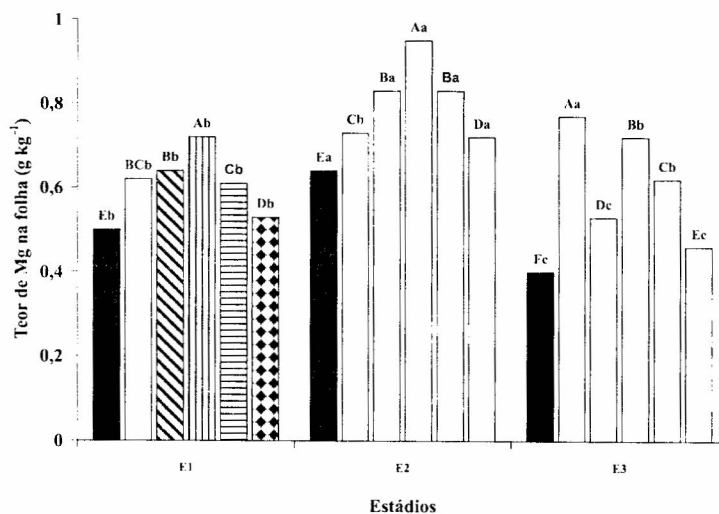
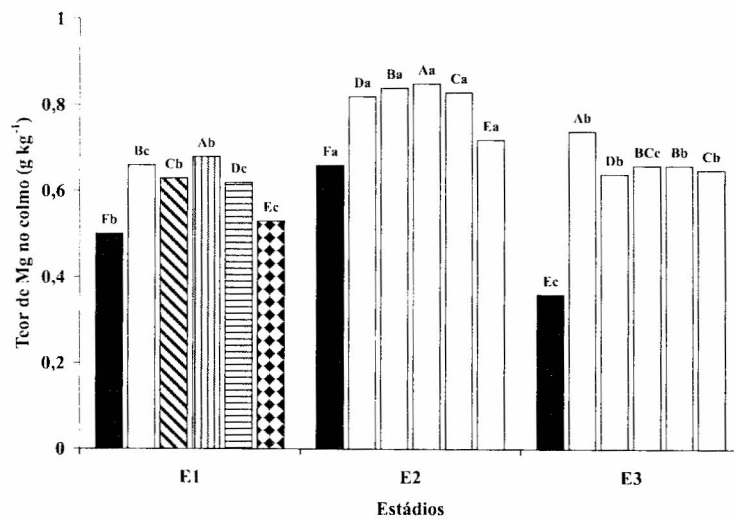
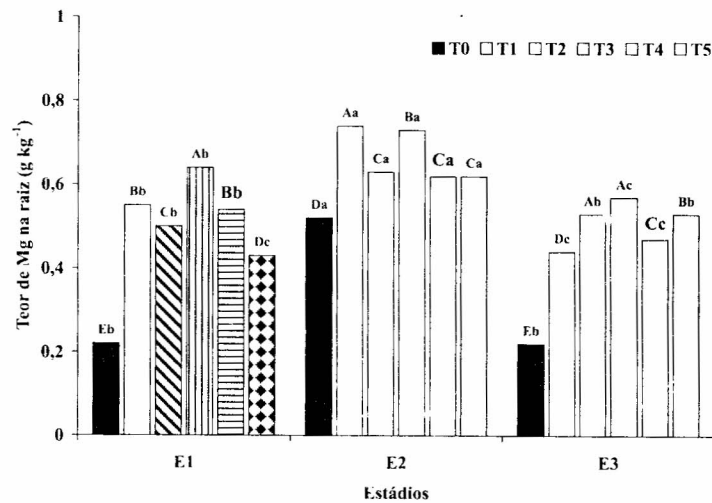


Figura 6 - Teores de Mg acumulados na raiz (I), no colmo (II) e nas folhas (III) de milho, cultivado em Nitossolo degradado sob diferentes fontes de nutrientes (Prados-MG). Médias com a mesma letra maiúscula, referente às fontes de nutrientes, minúscula, aos estádios de crescimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

T0 = NPK (testemunha); T1 = T0 + calagem; T2 = T1 + dejetos de suínos; T3 = T2 + rocha fosfatada; T4 = T1 + rocha fosfatada e T5 = T1 + gesso. Estádio 1 = 6 a 8 folhas; Estádio 2 = início da formação dos grãos; Estádio 3 = maturação fisiológica.

Nas análises dos teores do nutriente na raiz, no colmo e na folha (Figura 5 I, II, III) verificou-se o efeito benéfico dos tratamentos que receberam calagem, quando comparados à testemunha (T0), que só recebeu adubação com NPK, demonstrando a suscetibilidade da espécie à acidez do solo. Respostas positivas do milho à calagem, evidenciando, portanto a necessidade dessa prática para o aumento da produtividade da cultura, já foram comprovadas por diversos autores (Forestieri e De-Polli, 1990; Bonsu, 1991; Cantarella, 1993 e Ernani et al., 2000).

Os teores máximos de Ca foram verificados nos tratamentos 1 (NPK + calagem), 2 (NPK + calagem + dejetos de suínos), 3 (NPK + calagem + dejetos de suínos + rocha fosfatada) e 4 (NPK + calagem rocha fosfatada), no segundo estágio, com maior acúmulo observado nas três partes da planta (Figura 5 I, II, III). Contrariando o esperado, não foi observado o efeito aditivo da aplicação do gesso com o calcário (tratamento 5) e sim do calcário aplicado isoladamente.

Os teores de magnésio (Mg) na planta (Figura 1) e seu acúmulo na raiz, no colmo e na folha, encontram-se na Figura 6 I, II e III. Verificou-se que, dos nutrientes estudados, o Mg foi o que apresentou menores teores na planta, nos três estádios de crescimento (Figura 1).

Na raiz, observou-se na fase inicial de crescimento da planta (E1), que o tratamento 3 foi o que apresentou maior acúmulo do nutriente (191 %) com relação à testemunha (Figura 6 I). Já no estágio 2, os maiores teores foram encontrados no tratamento 1 (42 % em relação à testemunha) e no estágio 3, nos tratamentos 2 e 3, que não diferiram entre si, mas sim da testemunha, com teores acumulados da ordem de 28 e 44 %, respectivamente.

No colmo e na folha (Figura 6 II e III), o acúmulo do Mg foi semelhante nos estádios 1 e 2, com maior teor no tratamento 3, onde foram verificados teores de 36 e 29 % no colmo e 44 e 48 % na folha, respectivamente, quando comparados à testemunha. No estágio 3, esse maior acúmulo, também com relação à testemunha, ocorreu no tratamento 1, tanto no colmo quanto na folha.

CONCLUSÕES

1. O acúmulo médio de nutrientes pelo milho, em ordem decrescente, foi N>K>P>Ca>Mg;
2. O acúmulo máximo dos nutrientes (N, K, P, Ca e Mg) no milho ocorreu por ocasião da formação dos grãos;
3. Os maiores acúmulos de N e de P ocorreram na folhas e com relação ao K, Ca e Mg, tanto nas folhas como no colmo do milho;
4. O maior acúmulo de N foi observado nos trata-

mentos 2 e 3, nas três partes da planta, nos três estádios de crescimento;

5. O P teve um acúmulo maior no tratamento 3, nas três partes da planta, nos três estádios de crescimento;

6. O maior acúmulo de K foi verificado no tratamento 3, nas três partes da planta, apenas no estágio 2;

7. Os nutrientes Ca e Mg apresentaram acúmulos diferenciados, nas três partes da planta, nos três estádios de crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE A. G. **Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1975, 91p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A. de; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 35, n. 12, p. 2437-2446, 2000.
- BARBOSA FILHO, M. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigação)**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 120p. (Boletim Técnico, 9).
- BONSU, M. Effect of liming on maize production and erosion on acid soil in Southwest Ghana. **Tropical Agriculture**, St. Augustine. v. 68, p. 271-273, 1991.
- BÜLL, L.T. Nutrição Mineral do Milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (eds.) **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, Potafós, p. 63-145, 1993.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (eds.) **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, Potafós, p. 147-196, 1993.
- CERETTA, C. A.; TISOTT, A. R.; BARCELLOS, L. A. R.; GOMES, J. V. S. Aproveitamento de esterco líquido de suínos para melhoramento de campo nativo, na região da depressão central do Rio Grande do Sul. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, XII, Resumos expandidos...** Fortaleza, 1998. Fortaleza, UFC-DCS e SBSC, p. 337, 1989.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Seja o doutor do

seu milho: nutrição e adubação. Piracicaba: POTAFOS, 1995. p 1-9. Arquivo do Agrônomo, n.2, 2.ed. ampliada e totalmente modificada. encarte de Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 71, 1995.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. Seja o doutor do seu sorgo. Piracicaba: POTAFOS, 2002. p 1-24. Arquivo do Agrônomo, n.14, Encarte de Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 100, 2002.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Lavras, MG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação. Lavras, 1989. 179p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). Recomendações técnicas para o cultivo do milho. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 204p.

ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A. L.; CAMPOS, M. L.; CAMILLO, R. J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v. 24, p. 537-544, 2000.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. Manejo de nutrientes para a produção eficiente das culturas. In: **Maximização da Eficiência de Produção das Culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, 294 p.

FARQUHAR, G. D.; WETSELAAR, R.; FIRTH, P. M. Ammonia volatilization from senescing leaves of maize. **Science**. Washington, v. 203, p. 1,257-8, 1979.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. de A. Preparo de solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, 1999.

FORESTIERI, E. F.; De POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 14, n. 2, p. 167-172, 1990.

HANWAY, J. J. Corn growth and composition in relation to soil fertility. II. Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant part during the growing

season. **Agronomy Journal**, Madison, n. 54, p. 145-148, 1962.

IBGE (Rio de Janeiro, RJ). Censo Agropecuário de Minas Gerais 1980. Rio de Janeiro, 1984. 1661p.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Nutrient and dry matter accumulation rates for high yielding maize. **Journal of Plant Nutrition**, New York. v. 10, n. 9/16, p. 1409-1417, 1987.

KONZEN, E. A. Manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia, EMBRAPA/CNPMS, 1983. 29p.

KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A. P.; BAHIA FILHO, A. F. C.; PEREIRA, F.A. Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho. Sete lagoas, EMBRAPA CNPMS, 1997, 31p. (EMBRAPA CNPMS. Circular técnica, 25).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L.; CALEGARI, A. **Adubação do milho** Campinas, Fundação Cargill. 1989.

RESENDE, J. C.; PEREIRA, J. R. Região Campos das Vertentes: aspectos geográficos, sócio-econômicos e potencialidade para produção de leite. In: CARVALHO, M. M.; EVANGELISTA, A. R.; CURI, N. **Desenvolvimento de pastagens na zona fisiográfica campos das vertentes, MG**. Coronel Pacheco, EMBRAPA-CNPGL, 1994. p.1-20.

SAS INSTITUTE INC. **SAS OnlineDoc[®], Version 8**. Cary, NC, 1999. 1 CD ROM.

SCHERER, E. E.; CASTILHOS, E. G. de; JUCKSCH, I.; NADAL, R. de. Efeito da adubação com esterco de suínos, nitrogênio e fósforo em milho. Florianópolis: EMPASC, 1984. 26p. (EMPASC. Boletim Técnico, 24).

STIPP, S. R. e YAMADA, T. Nutrição de milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 44, p. 3-4, 1988.

VASCONCELOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1835-1845, 1998.