

PC 10

# RESPOSTA DE MILHO (*Zea mays* L.) A DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM SOLO DE LAVRAS-MG. II. MACRONUTRIENTES NA PARTE AÉREA

GERALDO MILANEZ DE RESENDE<sup>1</sup>

GERALDO LUIZ DA SILVA<sup>2</sup>

LÁZARO EURÍPEDES PAIVA<sup>1</sup>

PAULO FRANCISCO DIAS<sup>3</sup>

JANICE GUEDES DE CARVALHO<sup>4</sup>

**RESUMO** - O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Lavras - UFLA, no período de setembro a novembro de 1990, em Latossolo Roxo, com o objetivo de avaliar a influência do nitrogênio e potássio sobre o acúmulo de macronutrientes na parte aérea do milho. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 3, compreendendo 3 doses de nitrogênio (0, 300 e 600 mg/dm<sup>3</sup> de solo) e 3 doses de potássio (0, 150 e 300 mg/dm<sup>3</sup> de solo) e quatro repetições, incluindo a estes tratamentos uma adubação básica. Os resultados obtidos indicaram um incremento

no acúmulo de N, P e S com o aumento das doses de nitrogênio. Quanto ao acúmulo de K, Ca e Mg houve um efeito significativo da interação N x K. O maior acúmulo de K<sup>+</sup> na parte aérea, ocorreu com a dose mais alta de potássio e o incremento das doses de nitrogênio. O acúmulo de Ca e Mg na parte aérea aumentou com as doses crescentes de nitrogênio e reduziu-se com o incremento das doses de potássio. A resposta significativa da interação N x K para o acúmulo de potássio na parte aérea no presente trabalho sugere um efeito pouco competitivo na absorção de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e K<sup>+</sup>.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** Milho (*Zea mays* L.), nitrogênio, potássio, macronutrientes

## RESPONSE OF CORN (*Zea mays* L.) TO THE DOSES OF NITROGEN AND POTASSIUM IN SOIL IN THE REGION OF LAVRAS, STATE OF MINAS GERAIS, BRAZIL. II. MACRONUTRIENTS IN THE PLANT SHOOT

**ABSTRACT** - The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal University of Lavras-UFLA, Lavras, State of Minas Gerais, from september to november, 1990, in a Dark Red Latossol. The objective of this work was to evaluate the influence of nitrogen and potassium on the accumulation of macronutrients in the aerial plant part. A randomized block design in a 3 x 3 factorial scheme was used, with three doses of nitrogen (0, 300 and 600 mg/dm<sup>3</sup> of soil) and potassium (0, 150 and 300 mg/dm<sup>3</sup> of soil) and four replications, including within these treatments a basic fertilization. The results

obtained indicted an increase in the accumulation of N, P and S with increasing doses of nitrogen. In relation to the accumulation of K, Ca and Mg, there was a significant effect of the N x K interaction. The accumulation of K increased with increasing doses of potassium and nitrogen. The accumulation of Ca and Mg increased with increasing doses of nitrogen and decreased as the doses of potassium increased. The significant response of the N x K interaction for the accumulation of potassium in the aerial part suggest a less competitive effect on NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and K<sup>+</sup> uptake.

**INDEX TERMS:** Corn (*Zea mays* L.), nitrogen, potassium, macronutrients

1. Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Petrolina-PE.

2. Mestrando da UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA), Lavras-MG.

3. Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro - PESAGRO, Itaguaí-RJ.

4. Professora da UFLA, Lavras-MG.

## INTRODUÇÃO

O grande volume de produção e área cultivada confere à cultura do milho (*Zea mays* L.) grande importância sócio-econômica.

Segundo Dobb e Welch (1976), o suprimento de N aumenta a concentração de K nas plantas, mas diversos autores afirmam que esses elementos competem entre si (Lueking, Johnson e Himes, 1983; Mengel e Kirkby, 1978; Ramirez e Bandre, 1978). O potássio, dependendo de sua concentração, pode bloquear a liberação de  $\text{NH}_4^+$  não trocável do solo, reduzindo o N recuperável (Walsh e Murdoch, 1963) e induzindo a deficiência de N no milho (Lueking, Johnson e Himes, 1983). Inversamente a adição de  $\text{NH}_4^+$  bloqueia a liberação de  $\text{K}^+$  não trocável e reduz a absorção de K pela planta (Welch e Scott, 1961). Contudo, segundo Silva Jr. (1987), uma das grandes causas desse antagonismo entre  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{K}^+$  pode ter origem em adubações desequilibradas. Este antagonismo pode não se manifestar se as condições do solo favorecerem a nitrificação. Silva, Vale e Guilherme (1984) observaram em latossolos do sul de Minas que a nitrificação é intensa em pH maior que 6,0.

Vale, Volk e Jackson (1988), estudando o influxo simultâneo de  $\text{K}^+$  e  $\text{NH}_4^+$  observaram o seguinte: ocorreram dois mecanismos distintos tanto para o K quanto para o  $\text{NH}_4^+$  na faixa de 10 a 200  $\mu\text{M}$ . O mecanismo de baixa concentração apresentou maior afinidade para o K que para o  $\text{NH}_4^+$ , embora a capacidade de absorção do  $\text{NH}_4^+$  tenha sido o dobro da de K. A medida simultânea do influxo de  $\text{NH}_4^+$  e K mostrou que eles foram altamente correlacionados negativamente. A presença do  $\text{NH}_4^+$  eliminou a segunda fase do influxo de K, enquanto a presença de K decresceu a concentração de início da segunda fase do influxo de  $\text{NH}_4^+$ , sem contudo diminuir a quantidade absorvida.

A aplicação de nitrogênio resulta em maiores concentrações de P, Ca e Mg e baixas concentrações de K (Terman e Allen, 1974 e Terman e Noggle, 1973). Contudo, a redução da concentração de Ca e Mg foi relatada por Blair, Miller e Mitchel (1970).

A elevação da concentração de N total na planta está relacionada diretamente com o nível da adubação nitrogenada (Nuttall, 1980; Ramirez e Bandre, 1978; Thomazi, Mello e Arzolla, 1987) assim como uma maior concentração de P (Blair, Miller e Mitchel, 1970; Nuttall, 1980) e S (Blair, Miller e Mitchel, 1970).

Diversos autores verificaram que a adubação potássica contribui para um incremento no conteúdo deste cátion na planta, acompanhado de uma redução

de Ca e/ou Mg (Furlani, Bataglia e Lima, 1986; Lueking, Johnson e Himes, 1983), resultando também em uma menor concentração de P (Lueking, Johnson e Himes, 1983). Contudo Thompson (1962) relata que o antagonismo K e Ca aparece somente nos níveis mais altos de potássio, sendo que em baixos níveis o K tende a melhorar a absorção de Ca.

Boswell e Parks (1957), estudando o efeito de doses crescentes de potássio na absorção de fósforo, observaram que a concentração de fósforo não foi afetada pela adubação potássica.

Reid (1980) verificou que o conteúdo de K na matéria seca aumentou com as doses aplicadas, sendo que nas maiores doses, observou uma redução na sua concentração, com o incremento das doses de nitrogênio.

Dobb e Thompson Jr. (1985), em uma revisão sobre a interação N x K, concluíram que há um efeito significativo e complementar na absorção de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{K}^+$ . O importante na interação é a necessidade de um adequado nível de K para aumentar a produtividade com a adição de doses crescentes de N.

O objetivo deste trabalho foi de estudar os efeitos de doses de nitrogênio e potássio sobre a acumulação de macronutrientes na parte aérea do milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras-MG, no período de setembro a novembro de 1990. O solo utilizado foi um Latossolo Roxo, coletado à profundidade de 0-20 cm. As análises químicas foram determinadas segundo Vettori (1969), modificadas por EMBRAPA (1979), a saber: pH - 6,4; P - 6  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ; K - 58  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ; Ca - 43  $\text{mmol}/\text{dm}^3$ ; Mg - 4  $\text{mmol}/\text{dm}^3$  e M.O. - 25 g/kg. O volume total de poros (64,44%) foi determinado conforme descrição de Freire et al. (1980).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso no esquema fatorial  $3 \times 3$ , compreendendo 3 doses de potássio (0, 150 e 300  $\text{mg}/\text{dm}^3$  de solo) e 3 doses de nitrogênio (0, 300 e 600  $\text{mg}/\text{dm}^3$  de solo), sendo esta parcelada em 1/3 no plantio e 1/3 aos 20 e 40 dias após plantio, respectivamente, e com 4 repetições. A adubação básica constou de: P - 200  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ; Mg - 15  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ; Cu - 1,5  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ; Zn - 5  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ; B - 0,5  $\text{mg}/\text{dm}^3$  e Mo - 0,1  $\text{mg}/\text{dm}^3$  (Malavolta, 1980), sendo usados como fontes: uréia, cloreto de potássio, superfosfato simples, sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, bórax e molibdato de amônio.

Os fertilizantes foram misturados em todo volume de solo e colocados em vasos plásticos com capacidade para 5,0 kg.

A cultivar utilizada foi a C-111, semeando-se quatro sementes por vaso à profundidade de 2,5 cm, estando os vasos no nível de 40-50% do VTP com água para garantir a germinação. Uma semana após germinação efetuou-se o desbaste deixando 2 plantas mais uniformes e vigorosas por vaso. O VTP de 40-50% com água foi mantido até 20 dias após plantio, posteriormente usou-se 50 a 60% do VTP ocupado com água entre 20-40 dias e 60-70% do VTP ocupado com água entre 40-60 dias após plantio, sendo o controle realizado por meio de pesagens, duas vezes ao dia, usando-se água desmineralizada.

O corte das plantas foi realizado aos 60 dias após a semeadura, rente ao solo. A parte aérea foi lavada em água de torneira, após com água destilada e secada a 65-70°C até peso constante e moída. Posteriormente realizou-se a análise química para N, P, K, Ca, Mg e S de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). Os extratos da matéria seca foram obtidos por digestão nitro-perclórica. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl, P por colorimetria, K por fotometria de chama, Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica e S por turbidimetria.

Segundo a metodologia descrita por Gomes (1987), os dados foram submetidos a análise de variância e regressão polinomial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

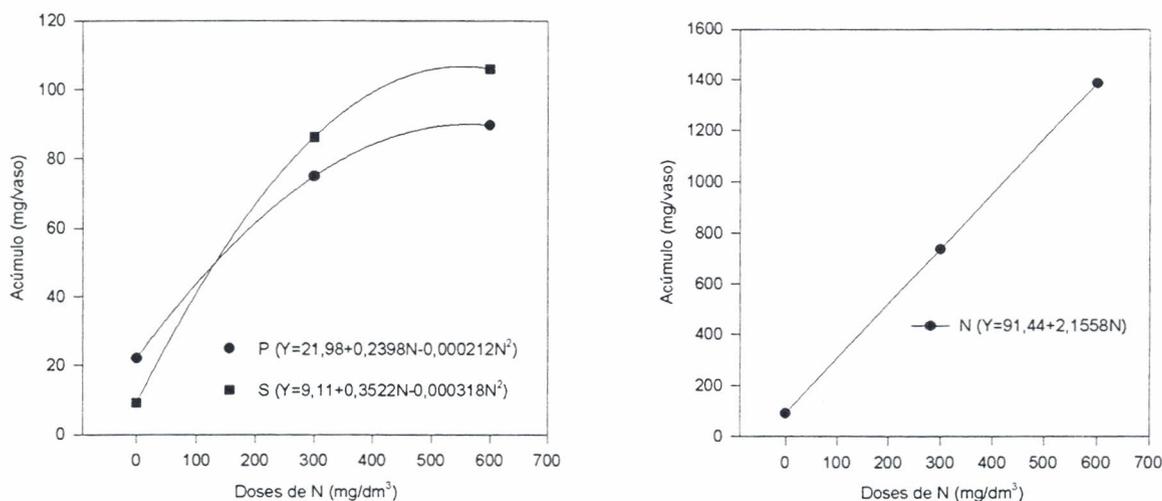
### Acúmulo de nitrogênio

O incremento das doses de nitrogênio promoveu um efeito linear no acúmulo do elemento na matéria seca da parte aérea (Figura 1). O resultado é coerente com os apresentados por diversos autores (Nuttall, 1980; Ramirez e Bandre, 1978; Thomazi, Mello e Arzolla, 1987) os quais verificaram que o acúmulo de nitrogênio na planta está diretamente relacionado ao nível da adubação nitrogenada.

### Acúmulo de fósforo

Assim como o nitrogênio, a análise de variância para o acúmulo de fósforo na parte aérea apresentou efeito significativo para doses de nitrogênio e não significativo para doses de potássio (Figura 1). Concordam ainda com Boswell e Parks (1957), que observaram que a absorção de fósforo não é afetada pela adubação potássica.

Conforme pode-se observar pela Figura 1, evidenciou-se um efeito quadrático das doses de nitrogênio sobre o acúmulo de fósforo na parte aérea, atingindo o máximo com a dose de 567 mg de N/dm<sup>3</sup> de solo. Estes resultados são alicerçados por outros autores (Blair, Miller e Mitchell, 1970; Nuttall, 1980; Terman e Allen, 1974; Terman e Noggle, 1973) os quais verificaram que a adição de nitrogênio aumenta a absorção de fósforo.



**FIGURA 1** - Acúmulo de nitrogênio, fósforo e enxofre (mg/vaso) na parte aérea de acordo com as doses de nitrogênio(N). Lavras-MG, 1990.

### Acúmulo de enxofre

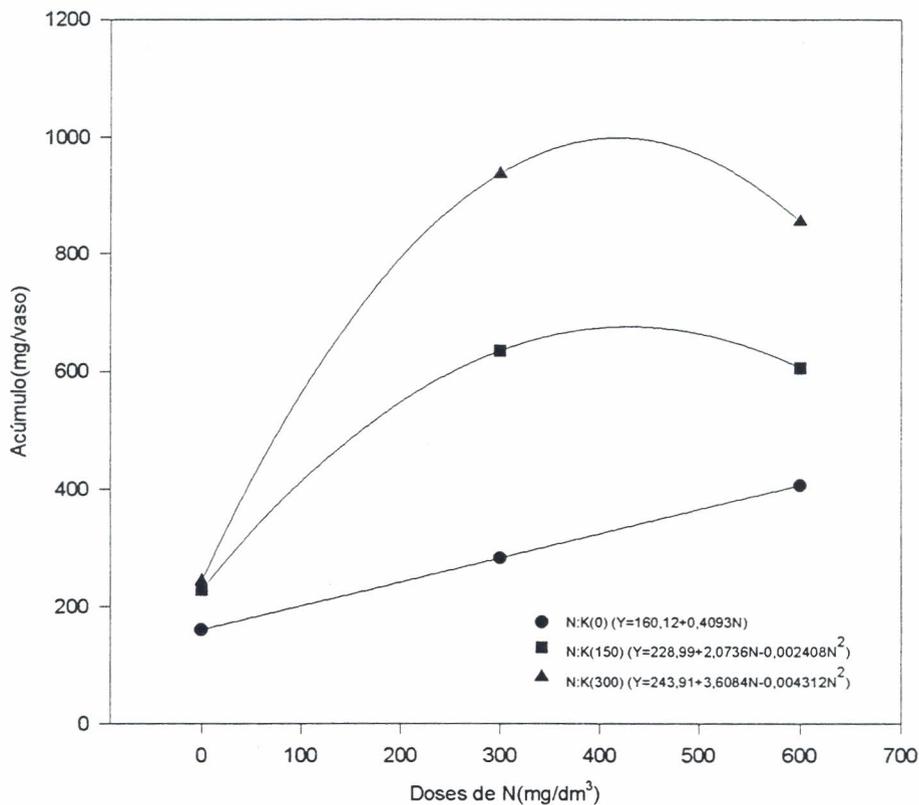
Para o acúmulo de enxofre na parte aérea, verificou-se efeito significativo para as doses de nitrogênio e não significativo para as doses de potássio. O aumento das doses de nitrogênio promoveu um efeito quadrático no acúmulo do elemento na matéria seca da parte aérea (Figura 1). Pela equação de regressão, obteve-se a dose de 554 mg de N/dm<sup>3</sup> de solo que possibilitaria o maior acúmulo de enxofre na parte aérea. Estes resultados são similares aos apresentados por Blair, Miller e Mitchell (1970), que observaram uma maior absorção de enxofre com a aplicação da adubação nitrogenada.

### Acúmulo de potássio

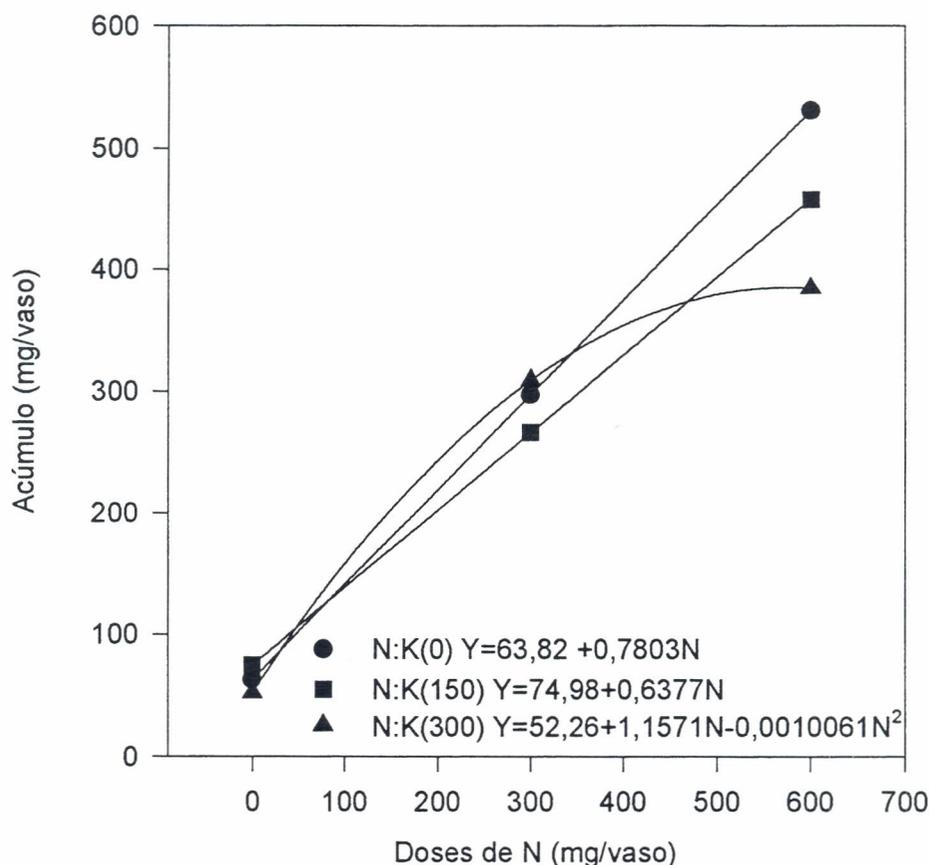
Com relação ao acúmulo de potássio na matéria seca da parte aérea, os resultados mostraram efeitos significativos da interação N x K.

Por meio da Figura 2, visualiza-se o desdobramento da interação em função das doses de nitrogênio. Observa-se um efeito linear, quando na ausência e,

efeitos quadráticos, quando na presença da adubação potássica. O menor acúmulo de potássio na parte aérea foi registrado quando na ausência da adubação potássica, ocorrendo um maior acúmulo na mais alta dose (300 mg de K/dm<sup>3</sup> de solo). O máximo acúmulo de K foi obtido com 430 e 418 mg de N/dm<sup>3</sup> de solo, respectivamente, para as doses de 150 e 300 mg de K/dm<sup>3</sup> de solo. O aumento no acúmulo de K na planta com elevação das doses de potássio é relatado por diversos autores (Furlani et al., 1986 e Lueking et al., 1983). Estes resultados ainda concordam com Reid (1980) e Dibb e Welch (1976), que verificaram que a adubação nitrogenada aumenta a absorção de K e com Silva Jr. (1987), que descreveu o antagonismo entre NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e K com origem em adubações desequilibradas. Uma provável explicação para a não manifestação de tal antagonismo pode ser a elevada nitrificação uma vez que o pH do solo (6,2) encontrava-se acima do valor crítico para a nitrificação (6,0), determinado por Silva, Vale e Guilherme (1994) para latossolos do Sul de Minas Gerais.



**FIGURA 2** - Acúmulo de potássio (mg/vaso) na parte aérea de acordo com as doses de nitrogênio (N) e potássio (K). Lavras-MG, 1990.



**FIGURA 3** -Acúmulo de cálcio(mg/vaso) na parte aérea de acordo com as doses de nitrogênio (N) e potássio (K). Lavras-MG, 1990.

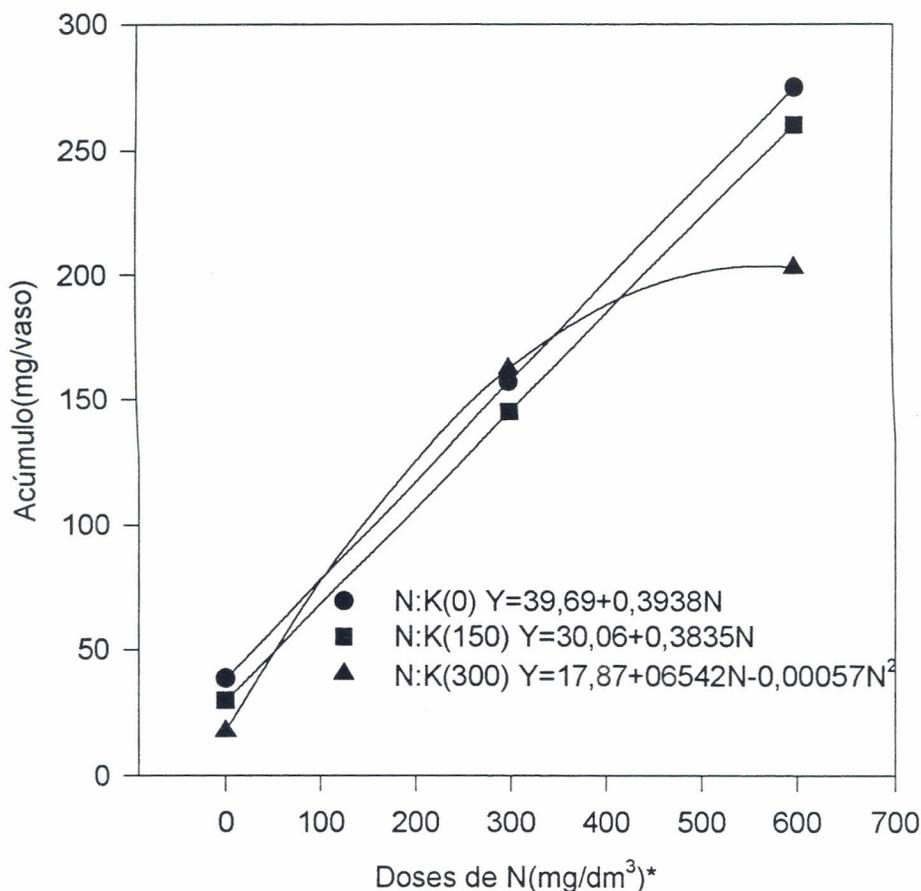
### Acúmulo de Cálcio

No que se refere ao acúmulo de cálcio na matéria seca da parte aérea observa-se que houve efeito significativo da interação  $N \times K$ . Visualiza-se pela Figura 3 o desdobramento da interação em função das doses de nitrogênio. O maior acúmulo de Ca foi obtido na ausência da adubação potássica, crescendo linearmente com as doses de nitrogênio, ocorrendo o mesmo efeito na dose intermediária de potássio (150 mg/dm<sup>3</sup> de solo). Na maior dose de K (300 mg/dm<sup>3</sup> de solo), verificou-se efeito quadrático, no qual obteve-se o maior acúmulo de Ca na matéria seca da parte aérea com a dose de 575 mg de N/dm<sup>3</sup> de solo. O maior acúmulo de Ca na planta com aplicação de nitrogênio é relatado por diversos autores (Terman e Allen, 1974; Terman e Noggle, 1973), assim como uma redução no acúmulo com a adubação potássica (Furlani, Bataglia e Lima, 1986; Lueking, Johnson e Himes, 1983; Welch e Scott, 1961). Estes resultados

ainda alicerçam as afirmações de Thompson (1962) nos quais o antagonismo K - Ca aparece somente nos níveis mais altos de potássio.

### Acúmulo de Magnésio

O acúmulo de magnésio na parte aérea mostrou efeitos significativos da interação  $N \times K$ . Nota-se pela Figura 4 o desdobramento pela interação em função das doses de nitrogênio. Observa-se na ausência, assim como na dose intermediária de potássio (150 mg/dm<sup>3</sup> de solo), efeitos lineares no acúmulo de Mg na matéria seca da parte aérea com o incremento das doses de nitrogênio e efeito quadrático para 300 mg de K/dm<sup>3</sup> de solo, sendo que a dose de 567 mg de N/dm<sup>3</sup> de solo proporcionou o maior acúmulo de Mg na parte aérea. O incremento linear no acúmulo de Mg na parte aérea, quando na ausência e doses mais baixas de K, com o aumento de doses de nitrogênio, vem a corroborar o



**FIGURA 4** -Acúmulo de magnésio(mg/vaso) na parte aérea de acordo com as doses de nitrogênio (N) e potássio (K). Lavras-MG, 1990.

fato de que a aplicação de nitrogênio resulta em maior absorção de Mg (Terman e Allen, 1974; Terman e Noggle, 1973) e que a adubação potássica promove uma redução deste cátion na planta (Furlani, Bataglia e Lima, 1986; Lueking Johnson e Himes, 1983; Welch e Scott, 1961).

### CONCLUSÕES

a) A adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de nitrogênio, fósforo e enxofre na matéria seca da parte aérea.

b) Houve efeito significativo da interação N x K para o acúmulo de potássio, cálcio e magnésio na matéria seca da parte aérea, ocorrendo uma maior acúmulo de potássio com o incremento das doses de potássio e nitrogênio.

c) O acúmulo de cálcio e magnésio aumentou com as doses crescentes de nitrogênio e reduziu-se com as de potássio.

d) A resposta significativa da interação N x K para o acúmulo de potássio na matéria seca da parte aérea

na presente trabalho sugere efeito pouco competitivo na absorção entre  $NH_4^+$  e  $K^+$ , provavelmente pela alta taxa de nitrificação ocorrida.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLAIR, G.J.; MILLER, M.H.; MITCHELL, A.W. Nitrate and amonium as sources of nitrogen for corn and their influence on the uptake of other ions. *Agronomy Journal*, Madison, v.62, n. 4, p.530-532, July/Aug. 1970.
- BOSWELL, F.C.; PARKS, W.L. The effect of soil potassium levels on yield lodging and mineral composition of corn. *Soil Science Society American Proceedings*, Madison, v.21, n.3, p.301-305, May/June. 1957.
- DIBB, D.W.; THOMPSON Jr., W.R. Interaction of potassium with other nutrients. In: MUNSON,

- R.D. **Potassium in agriculture**. Madison: Society of Agronomy, 1985. p.515-533.
- DIBB, D.W.; WELCH, L.F. Corn growth as affected by ammonium versus nitrate absorbed from soil. **Agronomy Journal**, Madison, v.68,n.1, p.89-94, Jan./Feb. 1976.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1979. Não paginado.
- FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.1, p.5-8, jan./abr. 1980.
- FURLANI, A.M.E.; BATAGLIA, D.C.; LIMA, A. Crescimento diferencial de linhagens de milho em solução nutritiva com baixo nível de potássio. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p. 303-316, 1986.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1987. 467 p.
- LUEKING, M.A.; JOHNSON, J.W.; HIMES, F.L. Effects of increasing the rates of potassium and nitrapyrin on nitrogen uptake by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, n.2, p. 247-8, Mar./Apr. 1983.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1978. 593p.
- NUTTALL, W.F. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on a bromegrass and alfalfa mixture grown under two systems of pasture management. II. Nitrogen and phosphorus uptake and concentration in herbage. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.2, p.295-298, Mar./Apr. 1980.
- RAMIREZ, R.; BANDRE, L.M. Nutricion del maiz al nitrogeno, fosforo y potasio y su composition foliar en la region del Edo. Cojedes. **Agronomia Tropical**, Venezuela, v.28, n.1, p.347-362, 1978.
- REID, D. The effects of rates of potassium application on the production and quality of herbage from a perennial ryegrass sward receiving a wide range of nitrogen rates. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v.95, n.1, p.83-100, Aug. 1980.
- SILVA, C.A.; VALE, F.R.; GUILHERME, L.R.G. Nitrificação em em latossolos da região sul de Minas Gerais. **Ciência e Prática**, v.18,n.4, p.388-394, out/dez 1994.
- SILVA, Jr., A.A. Adubação mineral e orgânica em repolho. II. Concentração de nutrientes na folha e precocidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.5, n.1, p.15-17, maio 1987.
- TERMAN, G.L.; ALLEN, S.E. Accretion and dilution of nutrients in young corn as affected by yield response to nitrogen, phosphorus and potassium. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.38,n.2, p.455-459, Mar./Apr. 1974.
- TERMAN, G.L.; NOGGLE, J.C. Nutrient concentration changes in corn as affected by dry matter accumulation with age and response to applied nutrients. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.6, p. 941-945, Nov./Dez. 1973.
- THOMAZI, M.D.; MELLO, F.A.F. de; ARZOLLA, S. Competição de adubos nitrogenados na cultura do milho (*Zea mays* L.) cv. "Piranão" avaliada pelos conteúdos de nitrogênio nas plantas. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.44, n.1, p.77-103, 1987.
- THOMPSON, J.W. Effects of fertilization and soil amendments on the mineral constituents of maize. **Soil Science**, Baltimore, v.94, n.5, p.323-30, May 1962.
- VALE, F.R.; VOLK, R.J.; JACKSON, W.A. Simultaneous influx of ammonium and potassium into maize roots: kinetics and interactions. **Planta**, Berlin, v.173, n.3, p.424-431, March. 1988.
- VETTORI, L. **Métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
- WALSH, L.M.; MURDOCH, J.T. Recovery of fixed ammonium by corn in greenhouse studies. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.27, n.2, p.200-204, Mar./Apr. 1963.
- WELCH, L. F.; SCOTT, A. D. Availability of non-exchangeable soil potassium to plants as affected by added potassium and ammonium. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.25, n.2, p. 102-104, Mar./Apr. 1961.