

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E ESTADO NUTRICIONAL DO RABANETE EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA

COUTINHO NETO, André Mendes¹
ORIOLI JÚNIOR, Valdeci²
CARDOSO, Saulo Strazeio¹
COUTINHO, Edson Luiz Mendes³

Recebido em: 2010.04.28 Aprovado em: 2010.08.12

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278-349

RESUMO: Durante um curto período de crescimento, o rabanete forma uma grande quantidade de massa no órgão de armazenamento, o qual requer uma grande quantidade de nutrientes, especialmente, nitrogênio e potássio. Em função da carência de trabalhos de pesquisa com essa cultura no Brasil, procurou-se avaliar em dois solos, os efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção de matéria seca da parte aérea, assim como, a influência dessa adubação nas concentrações de N, K, Ca e Mg na parte aérea. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se os solos Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho distrófico. O experimento consistiu de um fatorial 5 x 3 x 2 (cinco doses de nitrogênio, três doses de potássio e dois solos) com três repetições de tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (30, 60, 120, 180 e 240 mg kg⁻¹) e três doses de potássio (30, 80 e 120 mg kg⁻¹). As plantas foram cortadas rente ao solo 27 dias após semeadura. O material vegetal da parte aérea foi secado, pesado, sendo posteriormente preparado e analisado para N, K, Ca e Mg. Em termos de produção de matéria seca, a adubação nitrogenada somente apresentou máxima eficiência quando as plantas também foram supridas com quantidades adequadas de K. Sintomas de deficiência de N e K foram observados quando as plantas apresentavam concentrações desses nutrientes inferiores a 29 e 38 g kg⁻¹, respectivamente. A adubação potássica reduziu as concentrações de Ca e Mg na parte aérea das plantas.

Palavras-chave: Deficiência nutricional. Interação K-Ca-Mg. Interação N x K. Nutrição mineral. *Raphanus sativus*.

DRY MATTER YIELD AND NUTRITIONAL STATUS OF RADISH AS AFFECTED BY NITROGEN AND POTASSIUM FERTILIZATION

SUMMARY: During a short growing period, the radish forms a large storage organ mass, which requires a large amount of nutrients, mostly, nitrogen and potassium. Few researches on the effect of fertilizer application have been performed with that crop in Brazil. So, we intended to evaluate, in two soils with very low contents of potassium, the effects of the nitrogen and potassium fertilization in the shoot dry matter yield, as well as, the influence of that fertilization in the contents of N, K, Ca and Mg in the shoot. A greenhouse experiment was carried out, being used samples of the soils Quartzipsamment (“Neossolo Quartzarênico – RQ”) and Typic Haplustox (“Latossolo Vermelho – LV”). A completely randomized design in a factorial arrangement 5 x 3 x 2 (five rates of nitrogen, three potassium rates, and two soils) was used. Five rates of nitrogen were used (30, 60, 120, 180, and 240 mg kg⁻¹) and three potassium rates (30, 80, and 120 mg kg⁻¹). The part aboveground of plants was cut 27 days after sowing. The shoot was weighed, being prepared later and analyzed for N, K, Ca, and Mg. The addition of N and K increased significantly the shoot dry matter of radish, but the nitrogen fertilization only presented maxim efficiency when the plants were also supplied with adequate amounts of K. The plants cultivated in LV soil presented a higher production than those of the sandy soil with low cation exchange capacity - RQ. Symptoms of deficiency of N and K were observed when the plants presented concentrations of

¹ Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal. Bolsista do CNPq.

² Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal. FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal. Bolsista da CAPES.

³ Professor Titular. FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal, Departamento de Solos e Adubos. E-mail: coutinho@fcav.unesp.br

those nutrients lower than 29 and 38 g kg⁻¹, respectively. The supply of K reduced the contents of Ca and Mg in the shoot.

Keywords: Interaction K-Ca-Mg. Interaction N x K. Mineral nutrition. Nutritional deficiency. *Raphanus sativus*.

INTRODUÇÃO

O rabanete é cultivado em grande número de pequenas propriedades das regiões metropolitanas e, devido o seu ciclo muito curto, apresenta como grande atrativo, a possibilidade de ganhos rápidos, quando o mesmo é cultivado entre duas outras culturas de ciclo mais longo (CARDOSO; HIRAKI, 2001).

Essa cultura é considerada exigente do ponto de vista nutricional, com a agravante de necessitar de grandes quantidades de nutrientes dentro de um período de tempo relativamente curto (HAAG; MINAMI, 1987). Em função disso, problemas nutricionais dificilmente podem ser corrigidos dentro do ciclo, principalmente para o N e K, os dois nutrientes normalmente requeridos em maiores quantidades pelas culturas.

Procurando caracterizar os sintomas de deficiência nutricionais, assim como seus efeitos sobre o crescimento vegetativo e produtividade do rabanete, Cecílio Filho et al. (1998) verificaram que os sintomas de deficiência de N apareceram aproximadamente aos 18 dias após a semeadura, sendo caracterizados por uma clorose generalizada nas folhas mais velhas, progredindo e se intensificando até atingir toda a planta no final do ciclo. Os autores verificaram nessas plantas carentes em N uma redução de 28% na matéria seca da parte aérea e 23% no tamanho das raízes.

A produtividade do rabanete é bastante dependente da adubação nitrogenada. Ganthi et al. (1989), Singh et al. (1995) e Cardoso e Hiraki (2001) aplicando doses de N até 300 kg ha⁻¹ observaram aumento de produção de folhas e raízes, assim como no número de raízes comerciais.

Sharma e Lal (1991) verificaram que o crescimento vegetativo, tal como a altura, número de ramos primário, secundário e terciário/planta e diâmetro da parte aérea foram positivamente afetados devido à aplicação de doses de N até 150 kg ha⁻¹ de N.

El-Desuki et al. (2005) estudando a adubação nitrogenada durante dois anos agrícolas em rabanete, verificaram que o aumento nas doses de N proporcionou incrementos significativos na produção de raiz e em atributos relacionados com crescimento da planta, tais como altura e massa seca de folhas. A adubação nitrogenada aumentou ainda os teores de SST (sólidos solúveis totais) e as concentrações de N nas folhas.

Djurovka et al. (1997) empregando doses até 200 kg ha⁻¹ de N verificaram um aumento nas concentrações de N e Ca na raiz; os teores de K, apesar de serem considerados altos pelos autores (ao redor de 44,1 g kg⁻¹), não foram afetados significativamente.

Em função do ciclo da cultura, as doses de N empregadas podem ser consideradas altas, o que pode levar a uma recuperação baixa desse nutriente. Assim, Sanchez et al. (1991) utilizando nitrogênio marcado (¹⁵N), verificaram que o rabanete aproveitou apenas 19% do N aplicado.

Com relação ao potássio, Cecílio Filho et al. (1998) cultivando rabanete num solo com teor baixo de K (1,2 mmol_c dm⁻³) e na ausência desse cátion na adubação, observaram ao final do ciclo das plantas, que as folhas mais velhas apresentavam manchas amareladas que progrediam para uma faixa clorótica nas margens do limbo foliar. Segundo os autores, a redução na produção de raízes foi mais pronunciada com a deficiência de K do que com a de N.

Embora o princípio da adubação equilibrada e balanceada seja válido para todas as situações de solos, climas e culturas, a interação nitrogênio-potássio merece lugar de destaque. Neste sentido, a importância do equilíbrio entre esses nutrientes foi destacada por Rosolem (2005), que relataram que quando a adubação potássica é negligenciada, de maneira geral, as culturas respondem com aumentos muito menores na produtividade quando se tem incrementos somente nas doses de N.

Em função da carência de trabalhos de pesquisa com a cultura do rabanete no Brasil, procurou-se estudar os efeitos isolados e combinados da adubação nitrogenada e potássica na produção de matéria seca da parte aérea de rabanete, cultivado em dois solos, assim como, a influência dessa adubação nas concentrações de N, K, Ca e Mg na parte aérea.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se amostras de solo coletadas na camada superficial do terreno (0 - 20 cm), secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com abertura de malha de 6 mm. Essas amostras foram coletadas nos municípios de São Carlos - SP e Jaboticabal - SP, sendo os solos classificados, segundo Embrapa (2006), como Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQ) e Latossolo Vermelho distrófico textura média (LV), respectivamente.

Os principais atributos físicos e químicos das amostras de solo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físicos* e químicos** dos solos estudados.

Solo	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	V	argila	areia
		----- mmol _c dm ⁻³ -----				-- % --	----- g kg ⁻¹ -----	
LV	5,5	0,6	38	11	21	70	260	710
RQ	5,6	0,3	28	10	11	77	60	940

* método da pipeta (DAY, 1965); ** análises realizadas segundo métodos descritos por Raij et al. (1987).

Foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (30, 60, 120, 180 e 240 mg kg⁻¹) e três doses de potássio (30, 80 e 120 mg kg⁻¹), tendo-se respectivamente, como fontes, o nitrato de amônio e o cloreto de potássio. O nitrogênio foi aplicado parceladamente, ou seja, 2/3 da dose na semeadura e o restante, 10 dias após a emergência das plantas. O solo de cada vaso recebeu uma adubação básica constituída de 200 mg kg⁻¹ (superfósforo simples), 1 mg kg⁻¹ de B (ácido bórico) e 3 mg kg⁻¹ de Zn (sulfato de zinco).

O experimento consistiu de um fatorial 5 x 3 x 2 (cinco doses de nitrogênio, três doses de potássio e dois solos) com três repetições de tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado. A unidade experimental foi um vaso preenchido com 2,5 kg de solo.

A semeadura do rabanete foi realizada em novembro/2009, empregando-se 10 sementes da cultivar nº 25 da empresa Sakata® Seed Sudamerica Ltda., permanecendo cinco plantas após o desbaste ocorrido sete dias após a emergência das plantas.

Durante todo o período experimental procurou-se manter os solos a aproximadamente 80% da capacidade máxima de retenção de água, por regas diárias com água destilada, cuja quantidade foi determinada com base na pesagem diária dos vasos.

A parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo 27 dias após a semeadura. Todo material vegetal colhido foi lavado, seco em estufa (65°C), pesado para determinação da massa seca da parte aérea e moído, para então se efetuar análise para N, K, Ca e Mg segundo Bataglia et al. (1983).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e estudo de regressão de acordo com Banzatto e Kronka (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Figura 1 que a adubação nitrogenada e potássica aumentaram significativamente a produção de matéria seca da parte aérea de rabanete. Observou-se também, que houve efeito significativo do tipo de solo ($F = 195,6^{**}$), sendo que as plantas cultivadas no LV apresentaram uma produção mais elevada do que aquelas do solo arenoso

com baixa capacidade de troca catiônica - RQ.

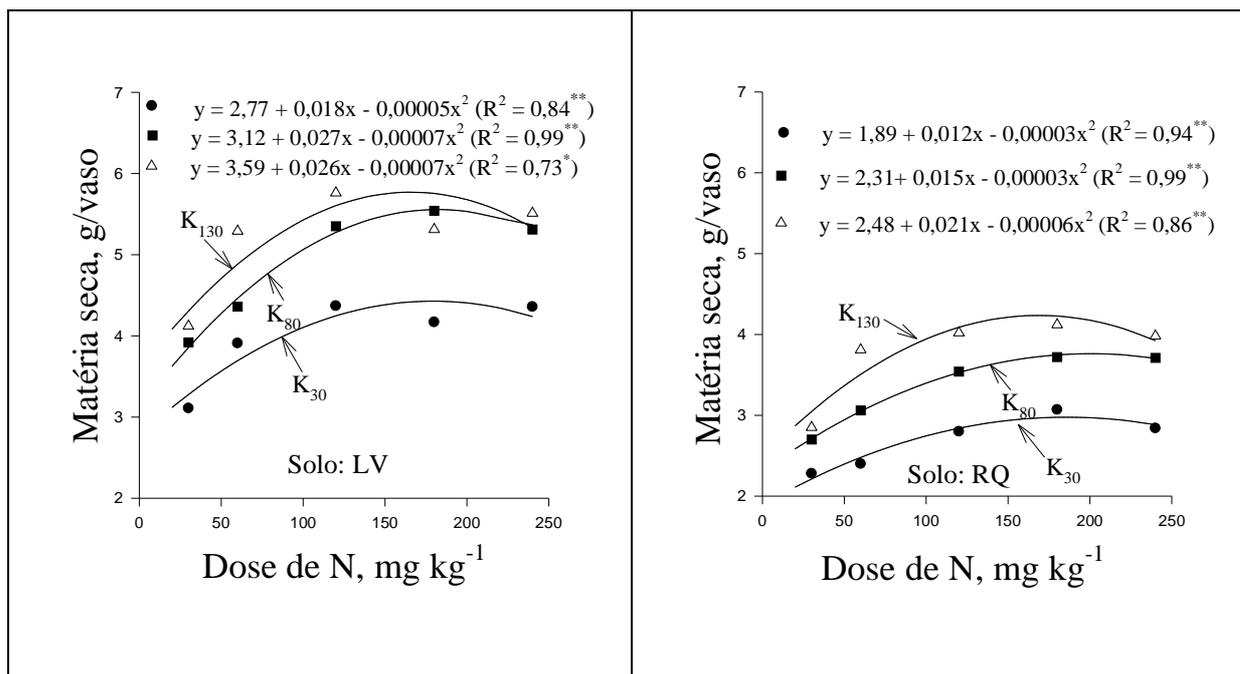


Figura 1: Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção de matéria seca da parte aérea de rabanete, cultivado nos solos Latossolo Vermelho distrófico textura média (LV) e Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQ).

O fornecimento de doses adequadas de N e K foi de fundamental importância para o bom desenvolvimento das plantas de rabanete, uma vez que na presença das doses menores (30 mg kg^{-1} de N ou K) foi observado um menor desenvolvimento vegetativo, traduzido por plantas raquíticas, folhas pequenas e pequeno diâmetro da parte aérea, associado ainda, a sintomas típicos de deficiência desses nutrientes, conforme descrição de Cecílio Filho et al. (1998). Sharma e Lal (1991), em condições de campo, também verificaram que a adubação nitrogenada melhorou o crescimento vegetativo, tal como a altura, número de ramos/planta e diâmetro da parte aérea. Também em condições de campo, Cardoso e Hiraki (2001) e El-Desuki et al. (2005) observaram que a adição de N aumentou significativamente a massa seca da parte aérea das plantas de rabanete.

O efeito do potássio tem sido mais pronunciado na produção de raízes de rabanete do que na produção de matéria seca da parte aérea (CECÍLIO FILHO et al., 1998). Esse fato tem sido constatado em culturas que acumulam reservas em órgãos subterrâneos, como o rabanete (KRAUSS, 2005). Parece, entretanto, que esse fato é dependente dos teores iniciais de K no solo, uma vez que o cultivo da brassicácea no LV e RQ, solos com teores muito baixos de K (Tabela 1), verificou-se que o aumento das doses de K promoveu incrementos significativos na matéria seca da parte aérea.

Pode ser evidenciado ainda na Figura 1, que a magnitude da resposta da cultura ao nitrogênio aplicado é influenciada pelo nível de potássio disponível para a planta. Segundo Coutinho et al. (2004), esses resultados são típicos quando a pesquisa com adubação nitrogenada é conduzida em solos deficientes em K.

Observa-se que a aplicação isolada de N (30, 60, 120, 180 e 240 mg kg⁻¹), na presença de uma dose baixa de K (30 mg kg⁻¹), promoveu aumento pequeno na produção de matéria seca da parte aérea das plantas, assim como a aplicação isolada de K (30, 80 ou 130 mg kg⁻¹) na presença de uma dose baixa de N (30 mg kg⁻¹), também não resultou em grandes benefícios. Nota-se que progressivamente, maiores produções de matéria seca somente eram obtidas quando a carência de K era corrigida. Dessa maneira, a adubação nitrogenada somente apresentou máxima eficiência quando as plantas também foram supridas com quantidades adequadas do cátion monovalente.

Esse tipo de interação N x K é da maior importância para agricultores que pretendem conseguir não somente altas produções, mas também, obter máxima eficiência no uso dos fertilizantes (MENGEL; KIRKBY, 2001). Esse aspecto assume relevância ainda maior em sistemas de agricultura intensiva e para culturas de ciclo curto, como do rabanete.

É importante enfatizar ainda, que a adubação nitrogenada e potássica contribuíram para melhorar atributos relacionados com o crescimento da planta. Dentro deste contexto, El-Desuki et al. (2005) relataram que uma maior produção de raízes de rabanete poderá ser obtida em função de um maior número de folhas e uma maior área foliar. De acordo com os autores, isso pode ser atribuído a uma maior interceptação de luz, o que geraria uma maior produção de fotoassimilados.

Com relação ao estado nutricional das plantas, verificou-se que as concentrações de N e K na parte aérea foram afetadas de forma significativa, respectivamente, pela adubação nitrogenada e potássica ($F = 122,5^{**}$; $F = 30,7^{**}$).

Nota-se na Figura 2, que em função da adubação nitrogenada, as concentrações médias de N variaram de 22 a 51 g kg⁻¹. El-Desuki et al. (2005), empregando doses de até 190 kg ha⁻¹ de N, obtiveram variações nos teores de N próximas às observadas neste experimento. É interessante mencionar, que com a melhoria da nutrição potássica (aumento das doses de K) não houve alteração significativa nas concentrações de N na planta ($F = 0,10^{NS}$), contrariando resultados obtidos por Macleod (1969).

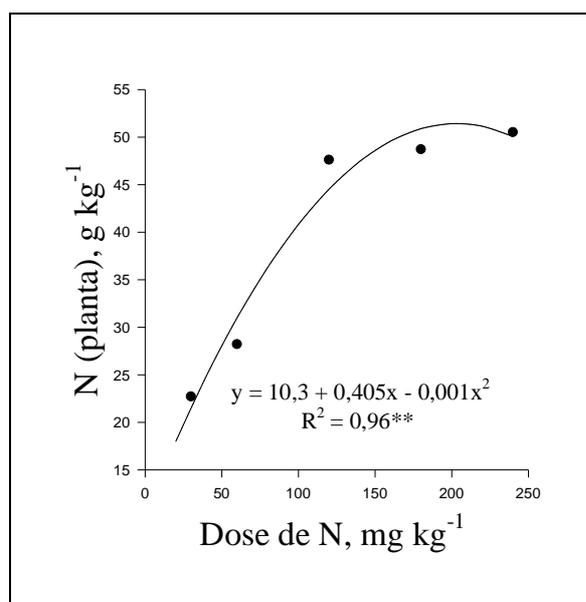


Figura 2: Efeitos da adubação nitrogenada nas concentrações de nitrogênio na parte aérea das plantas de rabanete.

As concentrações de K na parte aérea das plantas aumentaram significativamente com o incremento nas doses de K. Em função da dose do cátion empregada e do tipo de solo, as concentrações de K na parte aérea variaram de 35 a 59 g kg⁻¹. Os maiores valores foram encontrados nas plantas cultivadas no LV (Figura 3), isto talvez devido esse solo apresentar um teor de K mais elevado do que o encontrado no solo arenoso - RQ (Tabela 1).

Como já mencionado, independentemente do solo considerado, sintomas de carência de N e K foram observados nas plantas cultivadas na presença de 30 e 60 mg kg⁻¹ de N e 30 mg kg⁻¹ de K. Essas plantas apresentavam concentrações na parte aérea inferiores a 29 e 38 g kg⁻¹, respectivamente de N e K, valores estes, bem próximos ao limite inferior da faixa de suficiência sugerida por Trani e Raij (1996) em folhas recém - desenvolvidas de rabanete.

O aumento nas doses de K proporcionou reduções significativas nas concentrações Ca na parte aérea das plantas ($F = 11,49^{**}$), conforme evidenciado na Figura 4.

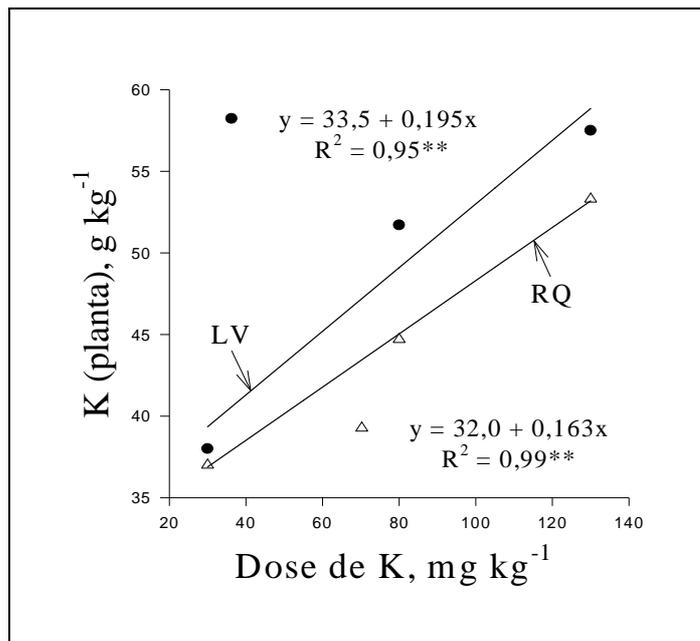


Figura 3: Efeitos da adubação potássica nas concentrações de potássio na parte aérea do rabanete, cultivado nos solos Latossolo Vermelho distrófico textura média (LV) e Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQ).

Esse efeito na nutrição cálcica foi devido apenas às doses de K, uma vez que foram não significativos os efeitos da adubação nitrogenada e das interações.

Também foi verificado uma redução nos teores de Mg na planta, em função da adubação potássica ($F = 11,24^{**}$). Deve-se destacar, entretanto, que a interação N x K foi significativa ($F = 2,19^*$), ou seja, essa depressão nas concentrações do cátion divalente dependeu da dose de N empregada (Figura 4).

Este relacionamento antagônico entre K-Ca-Mg tem sido atribuído à competição nos mesmos sítios de ligação no carregador, mas isto se mostra improvável de acontecer devido às diferenças em tamanho e estrutura dos cátions Ca, Mg e K (MENGEL e KIRKBY, 2001). Segundo estes autores ainda, o relacionamento entre estes cátions pode ser explicado através de uma competição por equivalentes aniônicos na célula, ou seja, uma tentativa da planta de manter a eletroneutralidade do sistema, onde a soma das cargas elétricas dos cátions e dos ânions absorvidos é igual a zero. Dessa maneira, existe um limite de carga positiva a ser ocupado por Ca, Mg e K, que depende da absorção dos ânions. Isto está bem claro nos dados apresentados na Figura 4. Nota-se que na presença das doses menores de N (30 e 60 mg kg⁻¹), a adubação potássica reduziu as concentrações de Mg na planta, ao passo que quando foi fornecida uma quantidade maior de ânions (doses de N: 120, 180 e 240 mg kg⁻¹), o aumento das doses de K não alterou significativamente a nutrição magnésiana, uma vez que não faltou espaço a ser ocupado pelos íons positivos.

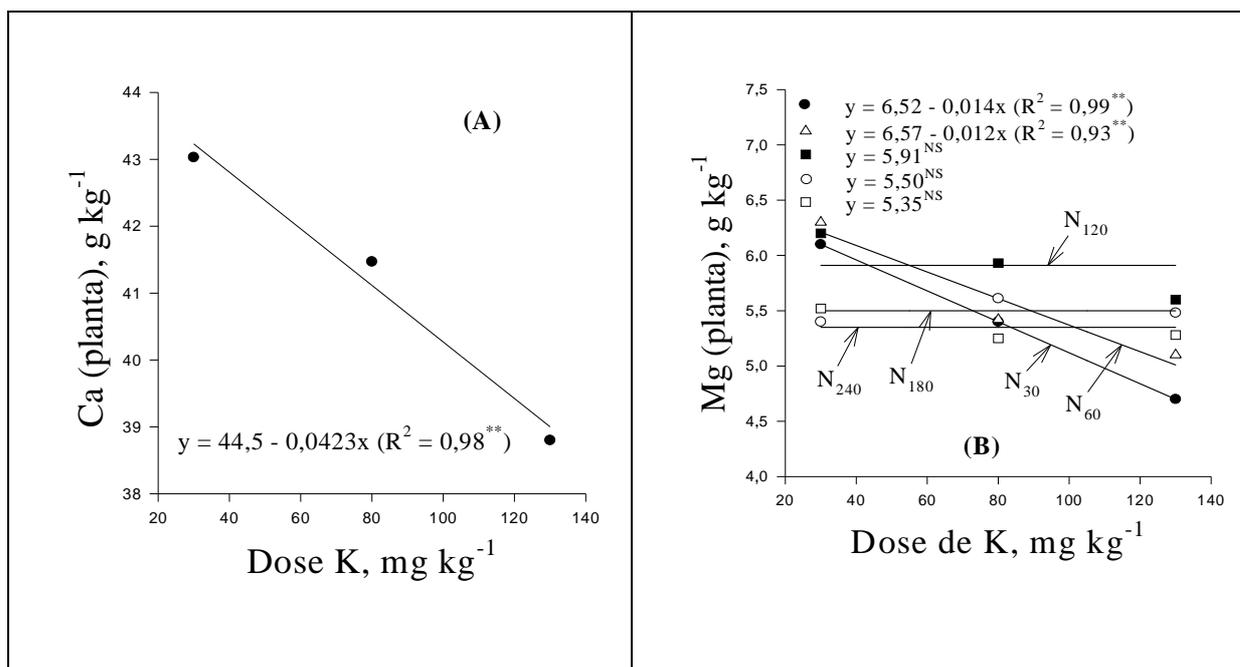


Figura 4: Efeitos da adubação potássica nas concentrações de cálcio (A) e magnésio (B) na parte aérea das plantas de rabanete.

CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada e potássica promoveram incrementos significativos na produção de matéria seca e nas concentrações de N e K na parte aérea das plantas.

Concentrações de N e K inferiores a 29 e 38 g kg⁻¹, respectivamente, estiveram associadas a plantas com sintomas de deficiência desses nutrientes.

O aumento nas doses de K promoveu uma redução nas concentrações de Ca e Mg na planta, sem que isso, entretanto, tenha interferido negativamente na quantidade de matéria seca da parte aérea.

REFERÊNCIAS

BANZATTO, D.A; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 236 p.

BATAGLIA, O.C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

CARDOSO, A.I.I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. **Hortic. bras.**, v.19, p.328-331, 2001.

CECÍLIO FILHO, A.B. et al. Deficiência nutricional e seu efeito na produção de rabanete. **Científica**, v.26, p.231-241, 1998.

- COUTINHO, E.L.M. et al. Adubação potássica em forrageiras. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**. Piracicaba: FEALQ, p.219-277, 2004.
- DAY, P.R. Particle fraction and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: part 1. Madison, ASA, 1965. p.545-567.
- DJUROVKA, M.; MARKOVIC', V.; ILIN, Z. The effect of nitrogen fertilizer on the dry matter content and mineral elements in radish. **Acta Hortic.**, v.1, n.462, p.139-144, 1997.
- EL-DESUKEI, M. et al. Effect of plant density and nitrogen application on the growth, yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.). **J. Agron.**, v.4, p.225-229, 2005.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- GHANTI, P.; SOUNDA, G.; GHATAK, S. Effect of levels of nitrogen and soil moisture regimes on growth and yield of radish. **Environ. Ecol.**, v.7, p.957-959, 1989.
- HAAG, H.P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças. LXXIV. Marcha de absorção de nutrientes pela cultura do rabanete. **An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"**, v.44, p.409-418, 1987.
- KRAUSS, A. Potassium effects on yield quality. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T.L. (Eds.) **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, p. 281-299, 2005.
- MACLEOD, L.B. Effects of N, P and their interactions on the yield and kernel weight of barley in hydroponic culture. **Agron. J.**, v.61, p.26-29, 1969.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.
- RAIJ, B. van et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**, Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- ROSOLEM, C.A. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T.L. (Eds.) **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, p.239-260, 2005.
- SANCHEZ, C.A. et al. Nitrogen fertilization of radishes on histosols – response and N-15 recovery. **HortScience**, v.26, p.865-867, 1991.
- SHARMA, S.K.; LAL, G. Effect of nitrogen fertilization, plant spacing and steckling size on certain morphological characters and seed yield in radish. **Vegetable Sci.**, v.18, p.82-87, 1991.
- SINGH, V.B.; KAR, P.L.; TATUNG, T. Effect of nitrogen and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake of radish cv. Meghalaya selection. **Adv. Hortic. For.**, v.4, p.127-132, 1995.
- TRANI, P.E.; RAIJ, B. van Hortaliças. In: RAIJ, B. van et al. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, Campinas: Fund. IAC, 1996. p.157-164