

APLICAÇÃO DE N, K, S E SUAS RELAÇÕES COM O RENDIMENTO, TEOR DE NITROGÊNIO, NITRATO E POTÁSSIO DE GRÃOS DE ERVILHA EM CASA DE VEGETAÇÃO¹

JOSÉ JOAQUIM SANTANA E SILVA² e HUMBERTO BOHNEN³.

RESUMO - Em condições de casa de vegetação, na Faculdade de Agronomia da UFRGS, conduziu-se um experimento em um Planossolo epieutrófico endoálico (Millic Ochraqualfs) com ervilha (*Pisum sativum* L.) cv. Triofin, em 1984, com o objetivo de avaliar a qualidade nutritiva e o rendimento de grãos em função da aplicação de N, K e S. Foram testadas três doses de nitrogênio (zero, 50 ppm e 100 ppm), três de potássio (zero, 100 ppm e 200 ppm) e duas de enxofre (zero e 30 ppm). Os resultados obtidos mostraram que o nitrogênio foi eficiente, apenas, quando associado às doses de potássio, no aumento da concentração de potássio nos grãos e o potássio, dentre os nutrientes aplicados, foi o que mais contribuiu, não somente pelo incremento na produção de grãos, como também pela elevação da parte protéica.

Termos para indexação: *Pisum sativum*, nitrogênio protéico, adubação.

YIELD AND NITROGEN, NITRATE AND POTASSIUM CONTENT IN THE GRAIN OF PEA USING N, K, S IN THE GREENHOUSE

ABSTRACT - A greenhouse experiment was conducted with the objective of evaluating the response of pea (*Pisum sativum* L.) cv. Triofin when growing in alfisol (Millic Ochraqualfs) with different N (0 ppm, 50 ppm and 100 ppm), K (0 ppm, 100 ppm and 200 ppm) and S (0 ppm and 30 ppm) levels. Results indicated the nitrogen when associated with the potassium increased only potassium concentration in the grain and that potassium was the nutrient that increased more the yield and the protein nitrogen.

Index terms: *Pisum sativum*, protein nitrogen, fertilization.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio — muito embora seja um componente básico de proteínas, aminoácidos, vitaminas, ácidos nucléicos e clorofila (Hewitt & Smith 1975) —, nem sempre tem o seu fornecimento acompanhado de melhoria do valor alimentar (Cummings & Tell 1965), mesmo que se registrem acréscimos no teor de nitrogênio total. Nitrato, aminas, ácidos nucléicos, amidas, aminoácidos livres e aminoácidos protéicos constituem o nitrogênio total da planta e a concentração de cada um destes componentes pode ser alterada através do uso da adubação nitrogenada (Brown & Smith 1966), comprometendo a qualidade final do produto a ser consumido.

O potássio, mesmo não sendo um componente básico dos compostos orgânicos, participa da ativação de enzimas (Jackson & Volk 1968), além de contribuir na produção de energia (Brag 1972) e síntese de compostos de alto peso molecular (Mengel & Kirkby 1978). Estas funções do potássio na planta contribuem, não apenas para a formação de compostos nitrogenados e protéicos (Barker & Bradfield 1963, Hsiao et al. 1970), mas também para elevar os rendimentos das culturas.

O enxofre, da mesma forma que o nitrogênio, encontra-se em sua totalidade, incorporado aos compostos orgânicos (Hewitt & Smith 1975), existindo, inclusive, uma proporção entre os dois elementos (N/S = 18 a 20), com base em seus pesos ao nível do tecido vegetal, em que se consegue a máxima eficiência na elaboração da parte protéica (Stewart & Porter 1969, Gaines & Phatk 1982, Randall et al. 1981, Archer 1974). A participação do enxofre na estrutura de moléculas de proteínas (Allaway & Thompson 1966), na síntese da nitrato redutase (Harper & Paulsen 1969), além de constituinte dos aminoácidos essenciais, cisteína e metionina, justificam a alta relação de dependência entre

¹ Aceito para publicação em 8 de julho de 1986.

Parte do trabalho de tese do primeiro autor, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, realizado com recursos financeiros da UFRGS, FINEP e CNPq.

² Eng. - Agr., Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia (EPABA), Caixa Postal 24, CEP 47800 Barreiras, BA.

³ Eng. - Agr., Dep. de Solos da Fac. de Agron. UFRGS, Bolsista do CNPq, Caixa Postal 776, CEP 90000 Porto Alegre, RS.

este elemento e o nitrogênio o qual contribui com cerca de 16% na composição da parte protéica.

A busca do melhor equilíbrio entre o fornecimento de nutrientes que participam, direta ou indiretamente da formação dos compostos orgânicos nitrogenados e no acúmulo de elementos minerais constituintes da qualidade de um alimento, utilizando-se como parâmetros a concentração de nitrogênio total, nitrogênio não-protéico, nitrato e potássio nos grãos, associado à produção de grãos, foi o principal objetivo deste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação, na Faculdade de Agronomia da UFRGS. Utilizou-se um Planosolo epieutrófico endoálico (Mollic Ochraqualfs), que possui as seguintes características químicas: pH = 4,9; Ca = 6,5 meq/100 g; Mg = 2,0 meq/100 g; Al = 0,2 meq/100 g; K = 65 ppm (Mehlich); P = 3,4 ppm (Mehlich); MO = 2,80%.

O solo coletado da camada arável, 0 cm - 20 cm, foi seco ao ar e peneirado, utilizando-se peneira com abertura de malha de 5 mm. Aplicou-se uniformemente, com antecedência de três meses, calcário, visando-se elevar o pH a 6,0 (Mielniczuk et al. 1969). A adubação consistiu na aplicação de fósforo, zinco, cobre, molibdênio e boro, correspondente a 360 kg/ha de P_2O_5 , 2 kg de Zn/ha, 2 kg de Cu/ha, 1 kg de Mo/ha e 1 kg de b/ha. Os tratamentos foram constituídos de três doses de nitrogênio (zero, 50 ppm e 100 ppm), três de potássio (zero, 100 ppm e 200 ppm) e duas de enxofre (zero e 30 ppm) utilizando-se como fonte o nitrato de amônio e nitrato de cálcio, cloreto de potássio e sulfato de magnésio, respectivamente. Foram utilizados vasos de sete litros de capacidade, contendo 5 kg de solo (base seca).

Cultivou-se a variedade de ervilha Triofin, sem inoculação, mantendo-se, após o desbaste, quatro plantas por vaso. A semeadura ocorreu em 24 de maio e a colheita em 4 de setembro de 1984. Com as plantas verdes, procedeu-se a colheita dos legumes, adotando-se o critério de 80% de grãos completamente formados.

Foram feitas determinações químicas no tecido foliar e nos grãos. A coleta das amostras do tecido foliar foi realizada quando a planta apresentava cinco a oito nós e retirou-se a terceira folha trifoliada, abaixo do topo da planta (Lavalleye & Steppe 1966). Os grãos foram secos em estufa em temperatura de 60°C, por 48 horas. Após secos e moídos em moinho de ciclone, modelo Sample Mill, os grãos foram passados em peneira de 40 mesh. Procedeu-se a determinação de potássio segundo Tedesco (1982); nitrato, segundo Cataldo et al. (1975) e nitrogênio não-protéico, conforme metodologia descrita por Rubel et al. (1972).

O delineamento experimental foi inteiramente casuali-

zado, num fatorial completo de $3^2 \times 2^1$, com três repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, utilizando-se para comparação de médias o teste de Duncan a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mesmo tendo-se registrado uma amplitude de variação de 1,11% na concentração de nitrogênio nos grãos (4,31% a 3,20%), a aplicação de diferentes doses do elemento não promoveu variações significativas ($P > 0,05$) na concentração de N nos grãos. Os teores médios de nitrogênio encontrados no tecido foliar (4,6%) que também não foram influenciados pelos diferentes níveis de nutrientes aplicados, são superiores ao nível considerado crítico (2,4%) para ervilha (Santos et al. 1972).

A presença de nódulos verificada no sistema radicular das plantas, principalmente nos tratamentos onde o nitrogênio não foi aplicado, sugere um efeito compensatório da fixação simbiótica, através de estirpes nativas. Resultados similares foram obtidos por Cowan (1979), onde com a aplicação de nitrogênio, o teor de nitrogênio nos grãos de ervilha não apresentou variações significativas.

A adubação com potássio reduziu significativamente o teor de nitrogênio nos grãos, na medida em que as suas doses eram aumentadas (Fig. 1). Estes resultados são discordantes daqueles obtidos com trigo (Koch & Mengel 1977), milho (Barker & Bradfield 1963) e parecem estar mais relacionados aos processos de redistribuição do que mesmo à eficiência de utilização dos constituintes químicos na formação dos compostos orgânicos. A ervilha é uma cultura que, de seu ciclo total (104 dias), somente um terço (35 dias) corresponde ao período reprodutivo e, portanto, necessita de um suprimento de nutrientes bastante elevado para que não se registrem desequilíbrios entre a demanda e o absorvido e metabolizado neste período.

Ao nível de folha, não se constatou influência das doses de potássio aplicadas no teor de nitrogênio total. Estas observações colaboram com a hipótese de que as reduções na concentração de nitrogênio nos grãos estão relacionadas à velocidade de distribuição do elemento dos órgãos de reserva para os grãos e o curto período de formação destes grãos.

O enxofre, da mesma forma que o nitrogênio,

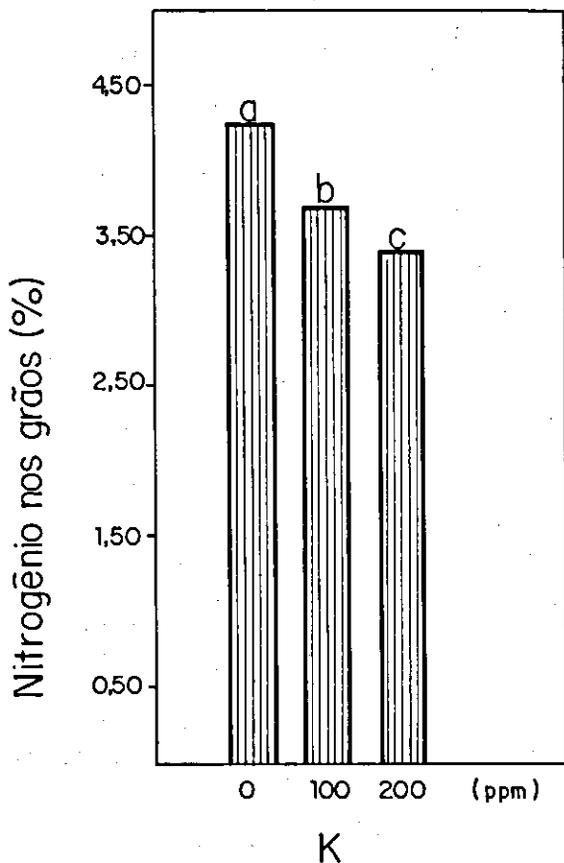


FIG. 1. Concentração de nitrogênio nos grãos de ervilha (*Pisum sativum* L.), em função da aplicação de potássio. Média de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

não apresentou efeito significativo na concentração de nitrogênio nos grãos. A literatura registra diminuições (Byers & Bolton 1979), acréscimos (Archer 1974) e, até mesmo, ausência de resposta (Thomas 1959) na concentração de nitrogênio nos grãos em função da aplicação de enxofre. A relação nitrogênio: enxofre (N/S) nos grãos tem-se mostrado eficiente na avaliação da produção de compostos nitrogenados, principalmente quando a relação N/S atinge a faixa de 18 a 20, em que a elaboração de nitrogênio alcança seu nível máximo. No presente trabalho, mesmo com a relação N/S situando-se em níveis superiores àquela que promove a maior eficiência na formação de compos-

tos nitrogenados (21 a 33), não foram registrados reflexos na concentração de NT nos grãos, discordando, portanto, dos resultados obtidos por Stewart & Porter (1969), com feijão, trigo e milho e Randall et al. (1981), com trigo.

A aplicação de nitrogênio e potássio, isoladamente, bem como a interação nitrogênio e potássio, promoveram modificações significativas ($P < 0,05$) na concentração de potássio nos grãos. O enxofre, por sua vez, não apresentou efeito significativo.

Os valores da concentração de potássio referentes à interação N x K encontram-se na Tabela 1. A adubação nitrogenada reduziu a concentração de potássio nos grãos, quando aplicada em sua dose máxima (100 ppm) e aumentou quando aplicada na dose intermediária (50 ppm), principalmente quando associada às doses de potássio. O favorecimento da adubação nitrogenada no crescimento radicular (Nielsen et al. 1963), reduzindo a distância a ser percorrida pelos íons potássio até a rizosfera, pode explicar os acréscimos na concentração de potássio verificados, com a aplicação da dose intermediária de nitrogênio (50 ppm).

TABELA 1. Concentração de potássio nos grãos de ervilha (*Pisum sativum* L.), em função da aplicação de nitrogênio e potássio. Média de três repetições.

Nitrogênio (ppm)	Potássio (ppm)		
	0	100	200
	%		
0	1,10 aA	1,12 bA	1,10 bA
50	1,07 abB	1,18 aA	1,17 aA
100	1,03 bC	1,08 bB	1,13 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, e mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

As reduções da concentração de potássio, na dose máxima de nitrogênio (100 ppm) estão muito menos relacionadas ao efeito diluição, conforme trabalhos de MacLeod & Carson (1969) e muito mais à competição pelo mesmo sítio seletivo, entre

o amônio e o potássio, uma vez que as mais baixas concentrações de potássio não estão relacionadas consistentemente com os mais altos rendimentos ($r = 0,26$) e sim com os teores de potássio encontrados no tecido foliar ($r = 0,70^{**}$), o que reforça o raciocínio do efeito antagônico da dose máxima de N (100 ppm) na concentração de potássio nos grãos.

Já em relação às doses de potássio, foram registrados acréscimos na concentração do elemento nos grãos, todavia somente quando associado à adubação nitrogenada (Tabela 1). A ervilha é uma cultura bastante exigente do elemento, chegando a acumular, em condições adequadas de nutrição, quatro vezes a quantidade de fósforo, o segundo elemento mineral mais exigido (Lavalleye & Stepe 1966) e esta característica da planta, possivelmente associada a uma eficiência de absorção, tenham contribuído para maior flexibilidade na capacidade de acúmulo de potássio nos grãos, com variações na concentração em função do estado nutricional.

De qualquer forma, a despeito de variações positivas e negativas na concentração de potássio nos grãos de ervilha, os teores encontrados em qualquer um dos tratamentos jamais foram inferiores aos valores médios (1,0%) registrados na literatura (Peck 1978).

A concentração de nitrato nos grãos de ervilha não sofreu variações significativas em função da adubação com potássio e enxofre. Foi influenciada apenas pela aplicação de nitrogênio.

A adubação nitrogenada aumentou a concentração de nitrato nos grãos, todavia não houve diferença significativa entre a dose intermediária (50 ppm) e a dose máxima (100 ppm) de N (Fig. 2). A aplicação de nitrogênio é destacada como o principal fator individual que atua de forma direta no acúmulo de nitrato no tecido vegetal (Maynard et al. 1976). Mas, para tanto, é necessário que doses excessivas de nitrogênio sejam fornecidas. A adubação excessiva de qualquer elemento promove distúrbios no vegetal com conseqüências, de caráter depressivo, no rendimento.

No presente trabalho, as doses de N não refletiram positiva ou negativamente na produção de grãos, exerceram apenas uma interação competitiva na concentração de potássio nos grãos (Tabela 1), comprovação esta que é insuficiente para atribuir

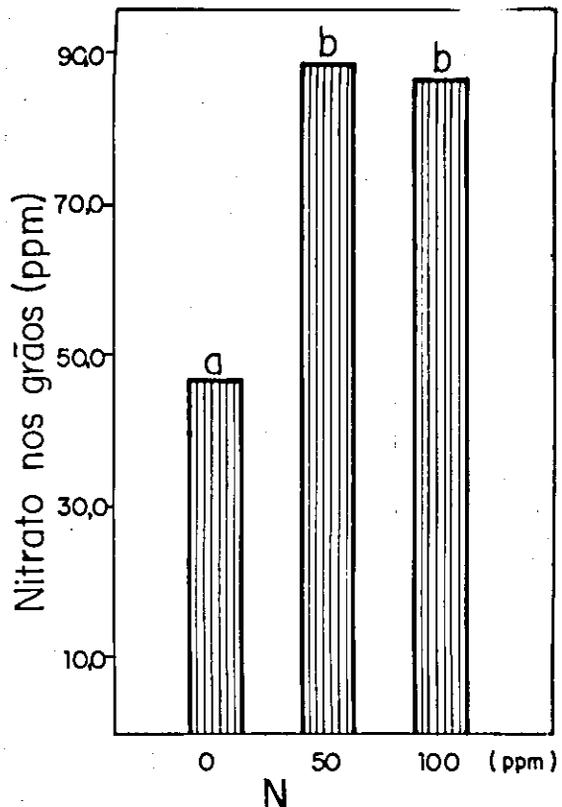


FIG. 2. Concentração de nitrato nos grãos de ervilha (*Pisum sativum* L₁), em função da aplicação de nitrogênio. Média de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

que os acréscimos na concentração de nitrato nos grãos foram provocados por doses excessivas de nitrogênio e sim, pelas doses de nitrogênio. Mesmo assim, os teores de nitrato nos grãos estão em níveis muito inferiores àqueles potencialmente tóxicos (3.000 ppm) para o consumo humano (Maynard et al. 1976).

A análise estatística não detectou efeito significativo na concentração de nitrogênio não-protéico (NNP) nos grãos em função da aplicação de nitrogênio, enxofre nem para as interações entre os nutrientes. Somente o potássio afetou significativamente as partes não protéicas dos grãos.

A adubação com potássio reduziu significativamente os teores de NNP, na medida em que as suas doses eram aumentadas (Fig. 3). Barker & Bradfield (1963), Hsiao et al. (1970) com milho, também

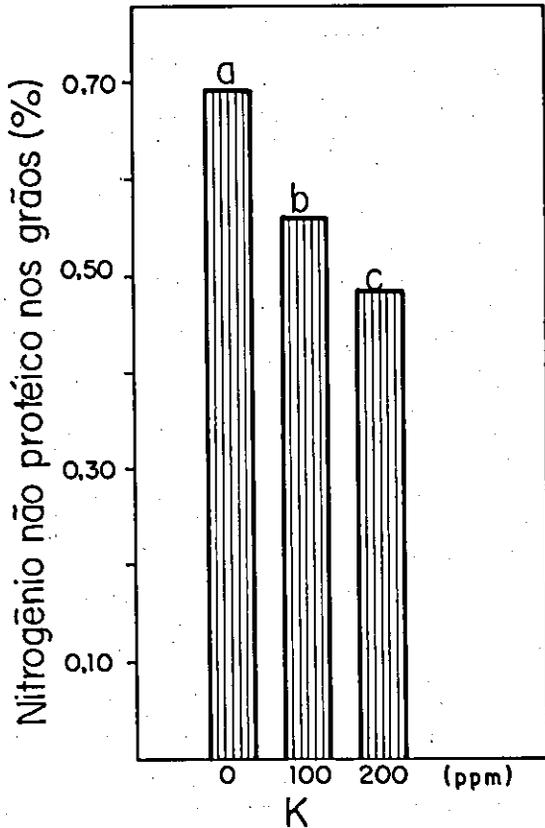


FIG. 3. Concentração de nitrogênio não protéico nos grãos de ervilha (*Pisum sativum* L.), em função da aplicação de potássio. Média de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

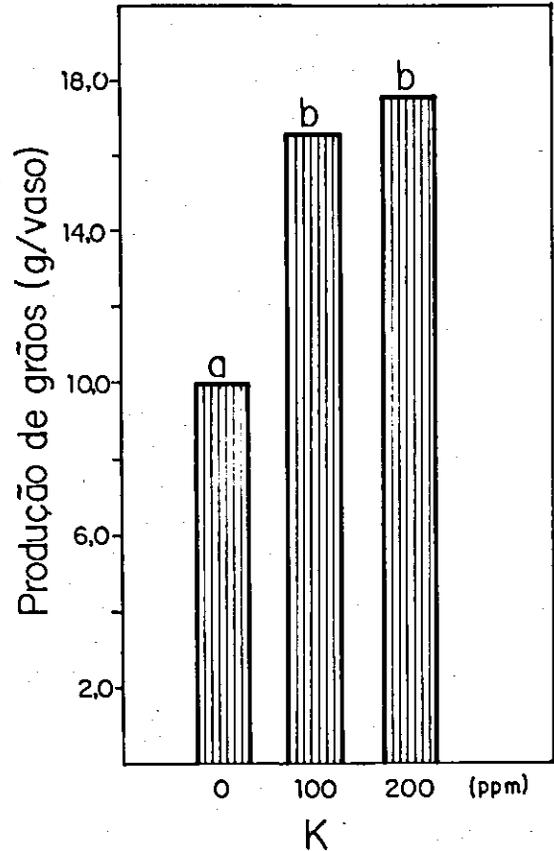


FIG. 4. Produção de grãos de ervilha (*Pisum sativum* L.) em função da aplicação de potássio. Média de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

registraram reduções na fração NNP em função da adubação com potássio. Uma possível interpretação destes resultados é que o potássio tenha promovido um aumento na utilização dos aminoácidos, através da maior síntese de proteína, o que não foi conseguido com o nível de potássio disponível no solo, nos tratamentos em que o potássio não foi aplicado.

A análise estatística registrou efeito significativo na produção de grãos apenas para potássio. Os valores da produção de grãos (g/vaso), em função da adubação com potássio estão apresentados na Fig. 4. O teste de médias não revelou diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias referentes às doses intermediárias (100 ppm) e máxima

(200 ppm) de potássio na produção de grãos.

O efeito verificado da adubação com potássio encontra suporte em trabalhos conduzidos por Eppendorfer & Bille (1974) nos quais a ervilha, em termos de matéria seca aumentou a produção até doses de $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, em condições de casa de vegetação. Lavalleye & Steppe (1966) relacionam uma série de parâmetros enquadrados nos componentes do rendimento como diretamente influenciáveis pela adubação com potássio. Apesar de os componentes do rendimento não estarem sendo usados na discussão deste trabalho, um outro parâmetro, a concentração de potássio no tecido foliar, revelou-se altamente correlacionada ($r = 0,96^{**}$) com a produção de grãos, indicando

certamente modificações diretas e positivas da adubação com potássio em alguns dos componentes do rendimento o que se refletiu na produção final de grãos (Fig. 4).

CONCLUSÕES

1. As doses de nitrogênio mostraram-se eficientes apenas no favorecimento ao maior acúmulo de potássio nos grãos, principalmente quando associado às doses de potássio.

2. Os teores de nitrato registrados não enquadraram o produto no grupo daqueles potencialmente tóxicos para o consumo humano, a despeito de acréscimos com a adubação nitrogenada.

3. O potássio, dentre os nutrientes estudados, foi o que mais contribuiu na produção de grãos e na elevação da concentração da parte protéica.

4. A aplicação de nitrogênio mostrou-se dispensável para a cultura da ervilha, cv. Trioфин, tanto para o seu desenvolvimento, como para a produção de compostos nitrogenados. A dose intermediária de potássio (100 ppm) foi suficiente para atender às necessidades da cultura. Os teores originais de enxofre no solo (11 ppm) supriram as exigências da cultura, não ocorrendo aumento de rendimento com a adição deste elemento.

REFERÊNCIAS

- ALLAWAY, W.H. & THOMPSON, J.F. Sulfur in the nutrition of plants and animals. *Soil Sci.*, 101(4): 240-7, 1966.
- ARCHER, M.J. A sand culture experiment to compare the effects of sulphur on five wheat cultivars (*T. aestivum* L.). *J. Sci. Food Agric.*, 25:369-80, 1974.
- BARKER, A.V. & BRADFIELD, R. Effect of potassium and nitrogen on the free amino acid content of corn plants. *Agron. J.*, 55:465-70, 1963.
- BRAG, H. The influence of potassium on the transpiration rate and stomatal opening in *Triticum aestivum* and *Pisum sativum*. *Physiol. Plant.*, 26:250-7, 1972.
- BROWN, J.R. & SMITH, G.E. Soil fertilization and nitrate accumulation in vegetables. *Agron. J.*, 58:209-11, 1966.
- BYERS, M. & BOLTON, J. Effect of nitrogen and sulfur fertilizers on the yield, N and S content, and amino acid composition of the grain of spring wheat. *J. Sci. Food Agric.*, 30:251-63, 1979.
- CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNG, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 6:71-80, 1975.
- COWAN, M.C. The effect of nitrogen source on levels of amino acids in peas. *Plant Soil*, 51:279-82, 1979.
- CUMMINGS, G.A. & TELL, M.R. Effect of nitrogen, potassium and age on certain nitrogenous constituents and malate content of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). *Agron. J.*, 57:123-5, 1965.
- EPENDORFER, W.H. & BILLE, S.W. Amino acid composition as a function of total-N in pea seeds grown on two soils with P and K additions. *Plant Soil*, 41:33-9, 1974.
- GAINES, T.P. & PHATAK, S.C. Sulfur fertilization effects on the constancy of the protein N:S ratio in low and high sulfur accumulation crops. *Agron. J.*, 74:415-8, 1982.
- HARPER, J.E. & PAULSEN, G.M. Nitrogen assimilation and protein synthesis in wheat seedlings as affected by mineral nutrition. 1. Macronutrients. *Plant Physiol.*, 44:69-74, 1969.
- HEWITT, E.J. & SMITH, T.A. *Plant mineral nutrition*. London, The English Universities Press, 1975. 298p.
- HSIAO, T.C.; HAGEMAN, R.H.; TYNER, E.H. Effects of potassium nutrition on protein and total free amino acids in *Zea mays*. *Crop Sci.*, 10:78-82, 1970.
- JACKSON, W.A. & VOLK, R.J. Role of potassium in photosynthesis and respiration. In: KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C. *The role of potassium in agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1968. p.109-45.
- KOCK, K. & MENGEL, K. Effect of K on N utilization by spring wheat during grain protein formation. *Agron. J.*, 69:477-80, 1977.
- LAVALLEYE, M. & STEPPE, H.M. Effects of potash on pea growth and quality. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 8., Brussels, 1966. Potassium and the quality of agricultural products. Berne, International Potash Institute, 1966. p.235-48.
- MACLEOD, L.B. & CARSON, R.B. Effects of N, P and K and their interactions on the nitrogen metabolism of vegetative barley tissue and on the chemical composition of grain in hydroponic culture. *Agron. J.*, 61: 275-8, 1969.
- MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V.; MINOTTI, P.L.; PECK, N.H. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.*, 28:71-118, 1976.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. Worblanfen, International Potash Institute, 1978. 593p.
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A.; BOHNEN, H. Recomendações de adubo e calcário para os solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1969. 38p. (Boletim técnico, 2)

- NIELSEN, K.F.; CARSON, R.B.; HOFFMAN, I. A study of ion interactions in the uptake of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, chlorine, and sulfur by corn. *Soil Sci.*, 95:315-21, 1963.
- PECK, N.H. Removal of ten elements by vegetables and alfalfa. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 103(6):809-12, 1978.
- RANDALL, P.J.; SPENCER, K.; FRENEY, J.R. Sulfur and nitrogen fertilizer effects on wheat. I. Concentrations of sulfur and nitrogen and the nitrogen to sulfur ratio in grain, in relation to the yield response. *J. Sci. Food Agric.*, 32:203-12, 1981.
- RUBEL, A.; RINNE, R.W.; CANVIN, D.T. Protein, oil and fatty acid in developing soybean seeds. *Crop Sci.*, 12:739-41, 1972.
- SANTOS, M.A.C.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R. Nutrição mineral de hortaliças. XVIII. Efeito da omissão dos macronutrientes e do boro, no desenvolvimento e na composição química da ervilha. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, 29:63-79, 1972.
- STEWART, B.A. & PORTER, L.K. Nitrogen-sulfur relationships in wheat (*Triticum aestivum* L.), corn (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agron. J.*, 61:267-71, 1969.
- TEDESCO, M.J. Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de plantas por digestão com H_2O_2 e H_2SO_4 . Porto Alegre, UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1982. 19p. (Informativo interno, 1)
- THOMAS, W. Effects of applied nitrogen and sulfur on yield and protein content of corn. *Agron. J.*, 51: 572-3, 1959.