

MECANISMOS DE SUPRIMENTO E EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DE POTÁSSIO EM SOJA, MILHO, MILHETO, COLZA E LAB-LAB¹

NEWTON DE LUCENA COSTA², GERMANO NUNES SILVA FILHO³, JOSÉ OZINALDO ALVES DE SENA⁴, ANTÔNIO NERI AZEVEDO RODRIGUES⁵ e IBANOR ANGHINONI⁶

RESUMO - A avaliação da disponibilidade dos nutrientes do solo para as plantas, através de métodos químicos, apresentam limitações, já que os parâmetros morfo-fisiológicos das plantas são desconsiderados. Com o objetivo de avaliar a contribuição dos mecanismos de suprimento e a eficiência de absorção de potássio em soja (*Glycine max* (L.) Merrill), milho (*Zea mays* L.), milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek), colza (*Brassica campestris* L.) e lab-lab (*Lab-lab purpureus* (L.) Sweet), instalou-se um experimento em casa de vegetação da Faculdade de Agronomia da UFRS, usando-se uma Terra Roxa Estruturada Similar Distrófica - Hapludults. A contribuição de cada mecanismo de suprimento foi significativamente afetada ($P < 0,05$) pelas espécies estudadas. A difusão mostrou-se o principal mecanismo de suprimento de potássio para todas as espécies. A interceptação radicular foi mais importante para milho e soja, em virtude de estas espécies apresentarem os maiores volumes de raízes. O fluxo de massa foi marcante para soja, lab-lab e colza, face a seus altos coeficientes de transpiração. A colza foi a espécie mais eficiente na absorção de potássio, vindo a seguir milho, milheto e lab-lab. Contudo, milho, lab-lab e soja apresentaram maior habilidade em acumular potássio, enquanto que soja, lab-lab e milheto foram mais eficientes na utilização do potássio absorvido, apresentando as menores relações K absorvido/matéria seca (MS) produzida.

Termos para indexação: *Glycine max*, *Zea mays*, *Pennisetum americanum*, *Lab-lab purpureus*, *Brassica campestris*.

POTASSIUM SUPPLY MECHANISMS AND ITS ABSORPTION EFFICIENCY IN SOYBEAN, MAIZE, PEARL MILLET, RAPESEED AND LABLAB

ABSTRACT - The evaluation of soil nutrient availability for the plants through chemical methods presents limitations, because morpho-physiological parameters of the plant are not considered. With the objective to evaluate the contribution of potassium supply mechanisms and its absorption efficiency in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill), maize (*Zea mays* L.) pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leek), rapeseed (*Brassica campestris* L.) and lablab (*Lab-lab purpureus* (L.) Sweet), a greenhouse experiment was conducted at Faculdade de Agronomia of Federal University of Rio Grande do Sul State, Brazil, using a Structural Red Soil Similar Distrophic - Hapludults. The supply mechanisms contributions were affected ($P < 0.05$) in each studied specie. The diffusion proved to be the main potassium supply mechanism for all the species. Root interception was the most important for maize and soybean, because these species presented, relative to others, the largest root volumes. Mass flow was prominent for soybean, lablab and rapeseed, due to the high transpiration coefficients. Rapeseed was the most efficient in potassium absorption, followed by maize, pearl millet and lablab, although maize, lablab and soybean showed higher ability in potassium accumulation. Soybean, lablab and pearl millet were more efficient in absorbed potassium utilization, presenting the smallest absorbed potassium/produced dry matter ratio.

Index terms: *Glycine max*, *Zea mays*, *Pennisetum americanum*, *Lab-lab purpureus*, *Brassica campestris*.

INTRODUÇÃO

Métodos químicos (Mehlich, Bray, Olsen etc.) têm sido utilizados para avaliação da disponibilidade de nutrientes na tentativa de "imitar" a absorção pela planta. Entretanto, estes métodos apresentam limitações em virtude de não levarem em consideração certas variáveis morfo-fisiológicas da planta, principalmente o sistema radicular, as quais são de grande importância para a absorção e utilização de nutrientes, bem como as características físico-químicas do solo que afetam os mecanismos de suprimento de nutrientes às plantas.

¹ Aceito para publicação em 28 de janeiro de 1987. Trabalho apresentado no XXXV Congresso Nacional de Botânica, 22 a 27 de janeiro de 1984, Manaus, AM.
² Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Porto Velho (UEPAE de Porto Velho), Caixa Postal 406, CEP 78900 Porto Velho, RO.
³ Eng. - Agr., M.Sc., Fac. de Agron., UFSC, Florianópolis, SC.
⁴ Eng. - Agr., M.Sc., Fundação Univ. de Ponta Grossa, PR.
⁵ Eng. - Agr., M.Sc., CEPLAC, Belém, PA.
⁶ Eng. - Agr., Ph.D., Fac. de Agron., UFRS, Porto Alegre, RS.

Considerando-se que a planta só poderá absorver nutrientes do solo, caso estes estejam em contacto com as raízes, três mecanismos básicos foram propostos por Barber (1962) e Barber et al. (1963), os quais são: interceptação radicular, fluxo de massa e difusão.

Na interceptação radicular, as raízes, ao se desenvolverem no solo, entram em contacto com os nutrientes disponíveis, absorvendo-os. Neste processo, a quantidade de nutrientes absorvida seria aquela existente num determinado volume de solo ocupado por um correspondente volume de raízes. No caso específico do potássio, a quantidade realmente suprida por este mecanismo, corresponde, na realidade, à concentração desse elemento em equilíbrio na solução do solo (Mielniczuk 1978). A quantidade de nutrientes interceptada pelas raízes varia com as espécies e condições do solo, porém a contribuição deste mecanismo é da ordem de 1% a 2%, já que as raízes ocupam normalmente menos que 1% a 2% do volume do solo (Barber 1966). Embora as raízes interceptem pequena quantidade de nutrientes disponíveis no solo, a significância deste mecanismo depende da comparação entre a quantidade interceptada e a quantidade total requerida pela planta (Fageria 1984).

Para atender a diferença de potencial hídrico na superfície da raiz em relação ao restante do solo, ocasionado pela absorção de água pela planta (corrente transpiratória), forma-se um gradiente hídrico, provocando um movimento por fluxo de massa, o qual leva nutrientes que entram em contacto com as raízes, podendo assim serem absorvidos. Em vista disso, a quantidade suprida por esse mecanismo pode ser calculada determinando-se a quantidade de água transpirada pela planta e a concentração do nutriente na solução do solo (Barber 1962). A contribuição do fluxo de massa no suprimento de potássio é apresentada por Vargas et al. (1983) como sendo da ordem de 10%.

Quando as quantidades de nutrientes absorvidas pela planta são superiores àquelas colocadas à disposição pela interceptação radicular e fluxo de massa, cria-se um gradiente de concentração em relação ao restante da solução do solo, com consequente difusão de nutrientes em direção às raízes. Nesse processo, fatores do solo - água volumétrica (Oliver & Barber 1966), poder tampão e fator

tortuosidade (Barber 1974) -, dentre outros, e da planta - superfície radicular e capacidade de absorção de nutrientes (Olsen & Kemper 1968) -, condicionam a maior ou menor difusão. Em decorrência de dificuldade de se determinar diretamente o suprimento por difusão, este é calculado por diferença entre a quantidade total de nutrientes absorvida pela planta e as contribuições do fluxo de massa e interceptação radicular. Especificamente para potássio, Vargas et al. (1983) mostram ser a contribuição por difusão de cerca de 89%.

Dependendo das características morfo-fisiológicas (velocidade de transpiração, extensão radicular, taxa de absorção de nutrientes, intensidade respiratória etc.) relacionadas com a planta, espera-se que distintas espécies vegetais possam ser supridas com intensidades diferentes pelos mecanismos de difusão, fluxo de massa e interceptação radicular (Shea et al. 1967).

Desta forma, o presente trabalho visa avaliar a contribuição dos diferentes mecanismos de suprimento e a eficiência na absorção e utilização de potássio em soja, milho, milheto, lab-lab e colza.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Faculdade de Agronomia da UFRGS, usando-se um solo de textura argilosa, pertencente à unidade de mapeamento Pituva (Terra Roxa Estruturada Similar Distrófica - Hapludults), o qual apresentava as seguintes características químicas, determinadas segundo a metodologia descrita por Mielniczuk et al. (1969): pH em água (1:1) = 5,6; matéria orgânica (Método colorimétrico) = 5,0%; K (Mehlich) = 0,47 meq/100 g solo e P (Mehlich) = 9,0 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$.

O solo foi coletado na camada arável (0 cm a 20 cm), destorroado e passado em peneira com abertura de 6,0 mm e posto para secar ao ar. Nesta ocasião, retirou-se amostras para determinação da capacidade de campo, teor de umidade e teores iniciais de potássio trocável e em solução.

O experimento foi instalado em vasos de polietileno com capacidade de 6,0 kg de solo seco. Imediatamente antes do plantio foram aplicados, em solução, 150 ppm N (NH_4NO_3) e 100 ppm P ($\text{CaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). O solo foi mantido, durante o experimento, com um teor de umidade correspondente a 80% de sua capacidade de campo. As condições climáticas na casa de vegetação foram as seguintes: temperatura oscilando entre 26°C a 30°C e umidade relativa do ar entre 60% e 80%.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, sendo os tratamentos constituídos por diferentes espécies vegetais: soja (*Glycine max* (L.) Merrill), milho (*Zea mays* L.), milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek), lab-lab (*Lab-lab purpureus* (L.) Sweet) e colza (*Brassica campestris* L.). Com a finalidade de se obter a quantidade de água evaporada pelo solo, utilizaram-se três vasos contendo apenas solo. O ajuste da umidade do solo foi feito diariamente através da pesagem dos vasos.

Cinco dias após a emergência das plântulas, efetuou-se o desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso. Quarenta e cinco dias após esta operação procedeu-se a colheita do experimento, coletando-se na ocasião solo, raízes e parte aérea das plantas para posteriores análises.

No solo determinou-se o potássio trocável (extração com acetato de amônio 1 N a pH = 7,0) e o potássio solúvel através do deslocamento em colunas com solução de KCNS 0,5% (Adams 1974).

As raízes foram coletadas através da peneiragem do solo e, a seguir, foram lavadas em água corrente para eliminação do solo aderido às mesmas. Em seguida, após secagem em papel toalha, avaliou-se o volume destas considerando-se que as raízes frescas têm densidade específica de 1,0 g/cm³ (peso fresco = volume de raízes) (Hallmark & Barber 1981). Tanto as raízes como a parte aérea das plantas foram colocadas para secar em estufa à 65°C até peso constante, sendo após determinados os rendimentos de matéria seca.

A matéria seca das raízes e da parte aérea foram moídas e passadas em peneira de 40 mesh, retirando-se dali, amostras para determinação do teor de potássio nas plantas, utilizando-se a metodologia descrita por Tedesco (1982).

As quantidades de água transpirada pelas plantas foram obtidas pela diferença entre os volumes de água evaporada menos a água evaporada nos vasos contendo apenas solo. O coeficiente de transpiração foi determinado relacionando-se o volume de água consumido pelas plantas e a produção de matéria seca (Diliman 1931).

Os valores para interceptação radicular foram calculados determinando-se a quantidade de íons trocáveis e em solução contidos num volume de solo igual ao volume de raízes. O suprimento por fluxo de massa foi obtido multiplicando-se a quantidade de água transpirada pelas plantas pela concentração média de potássio no solo, determinada antes e após o cultivo. A contribuição da difusão foi determinada subtraindo-se o total de potássio absorvido às contribuições por interceptação radicular e do fluxo de massa (Oliver & Barber 1966).

A eficiência na absorção de potássio foi estimada a partir dos teores de potássio determinados na parte aérea e raízes, enquanto que o conteúdo de potássio foi obtido através da multiplicação dos teores médios de potássio das raízes e parte aérea pelas respectivas produções de matéria seca. A eficiência de utilização do potássio absorvido foi

caracterizada através da relação entre o conteúdo total de potássio e a produção total de matéria seca.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se a metodologia descrita por Steel & Torrie (1960). Aplicou-se o teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade para comparação entre as médias dos tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As contribuições dos mecanismos de suprimento para as diferentes espécies vegetais são apresentadas na Tabela 1. Os resultados mostram que, independentemente das espécies, o mecanismo de difusão proporcionou a maior contribuição percentual de potássio, confirmando os resultados obtidos por Barber (1966) e Vargas et al. (1983). No entanto, observa-se que, dentro de cada mecanismo, ocorreu uma variação significativa ($P < 0,05$) entre as espécies.

No caso da difusão, milho e milheto apresentaram os maiores valores, vindo a seguir colza e lab-lab, ficando a soja com o menor percentual. Com relação ao suprimento por fluxo de massa, ocorreu o inverso. Provavelmente, tal comportamento se deva ao fato de que nas espécies que apresentaram menores valores para fluxo de massa, criaram-se gradientes de concentração maiores, favorecendo assim, o suprimento por difusão.

Fageria (1984) observa que maiores contribuições pelo mecanismo de difusão são obtidas quando o processo de transpiração é baixo, pois quando alto, em virtude do grande volume de água translocada para as raízes e, concomitantemente, o transporte de vários solutos, poderá ocorrer acúmulo de nutrientes nas proximidades das raízes, se estes não forem absorvidos pela planta com a mesma rapidez com que se recompõem. Segundo Barber (1974), esta situação ocorre particularmente com o cálcio, presente na solução do solo em alta concentração e absorvido pela maioria das espécies, relativamente em baixa quantidade. Quanto ao mecanismo de interceptação radicular, verifica-se que as maiores contribuições ocorreram em milho e soja, estando este fato correlacionado com os maiores volumes de raízes destas espécies.

As diferenças observadas entre os diferentes mecanismos de suprimento de potássio, em função

das espécies estudadas, ressaltam a importância das características morfo-fisiológicas das plantas na avaliação da disponibilidade de nutrientes do solo. Segundo Vargas et al. (1983), fatores como, demanda da planta por potássio, idade da planta e atividade das raízes, implicariam em uma maior ou menor contribuição de um determinado mecanismo de suprimento. Também, Shea et al. (1967), trabalhando com diversas cultivares de feijão, encontraram comportamento semelhante.

TABELA 1. Contribuição percentual dos mecanismos de suprimento de potássio às raízes em diferentes espécies vegetais. Médias de três repetições.

Espécies	Difusão	Fluxo de massa	Interceptação radicular
Milho	80,2 a ¹	8,5 c	11,3 a
Milheto	79,4 a	11,6 c	9,0 b
Colza	77,7 ab	17,7 b	4,6 d
Lab-lab	73,5 b	19,9 b	6,6 c
Soja	63,8 c	24,5 a	11,7 a

¹ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

Quanto a eficiência de utilização de água para a formação de matéria seca (coeficiente de transpiração) (Tabela 2), milho e milheto foram as espécies mais eficientes, estando este fato relacionado com as características de plantas com metabolismo C_4 - maior taxa de fotossíntese líquida, quase ausência de fotorrespiração e baixo ponto de compensação (Black Junior 1973). Entretanto, os valores encontrados no presente experimento mostram-se bastante inferiores aos citados por Magalhães (1979), os quais seriam de 250 - 350 ml H_2O/g peso seco. Porém, segundo Barber (1962), as espécies e as condições ambientais são os principais responsáveis pelas variações na quantidade de água transpirada pelas plantas. Valores oscilando entre 166 até 905 ml/g peso seco foram obtidos em diferentes trabalhos (Shantz & Piemeisel 1927, Black Júnior et al. 1969).

Com referência à concentração de potássio nas raízes (Tabela 3), observa-se que a colza foi

TABELA 2. Volume e peso seco de raízes, peso seco da parte aérea e coeficiente de transpiração de diferentes espécies vegetais. Médias de três repetições.

Espécies	Volume de raízes cm ³ /vaso	Peso seco		Coeficiente de transpiração ¹ cm ³ /g MS
		Raízes g/vaso	Parte aérea g/vaso	
Milho	72,48 ² a	6,31 a	10,99 a	109 b
Milheto	18,76 cd	2,81 b	6,31 b	118 b
Colza	10,52 d	1,11 c	4,32 b	246 a
Lab-lab	21,73 c	2,43 b	9,16 a	216 a
Soja	36,75 b	2,98 b	9,71 a	226 a

¹ Relação entre volume de H_2O consumida (cm³) e produção de um grama de matéria seca (Diliman 1931).

² Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

a espécie que apresentou o maior teor, vindo a seguir milho, milheto e lab-lab, ficando a soja com a menor concentração, enquanto que, com relação aos teores na parte aérea não foram detectadas variações significativas ($P > 0,05$). O alto teor de potássio nas raízes da colza pode ser atribuído ao reduzido volume e peso seco de raízes, o que deve ter induzido a um efeito cumulativo na concentração desse elemento, ou, possivelmente, à baixa eficiência de translocação de potássio para a parte aérea, já que o teor nesta foi semelhante aos das demais espécies.

No entanto, as maiores quantidades absorvidas de potássio foram obtidas pelo milho, seguindo-se lab-lab, soja e milheto. Segundo Evans (1977), as gramíneas apresentam alto potencial de exploração do potássio do solo em virtude do maior comprimento e da grande quantidade de pêlos absorventes. Steffens (1982) citado por Mengel (1982), concorda com a afirmação precedente e acrescenta outras características como: massa e densidade radicular superiores às da grande maioria das espécies dicotiledôneas. Além disso, Mengel (1982) observa que as gramíneas, por favorecerem a liberação do potássio não trocável, possivelmente o potássio laminar, podem utilizá-lo mesmo quando em concentrações relativamente baixas.

TABELA 3. Concentração média de potássio nas raízes e parte aérea, conteúdo total de potássio e relação potássio absorvido/matéria seca produzida, em diferentes espécies vegetais. Médias de três repetições.

Espécie	K das raízes	K da parte aérea	Conteúdo total de K	Relação K absorvido/MS produzida
	%		mg/vaso	mg de K/g de MS
Milho	2,60 b ¹	1,27 a	303,6 a	17,55 b
Milheto	2,65 b	0,95 a	134,4 bc	14,74 bc
Colza	4,76 a	1,38 a	112,4 c	20,70 a
Lab-lab	2,16 b	1,22 a	164,2 b	14,17 c
Soja	1,04 c	1,37 a	164,0 b	12,92 c

¹ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

Com relação à eficiência de utilização do potássio absorvido (relação entre K absorvido/matéria seca produzida) (Tabela 3), a soja foi a espécie mais eficiente, vindo a seguir lab-lab e milheto, enquanto que o milho e a colza foram as de menor eficiência. Da mesma forma, Shea et al. (1967) trabalhando com cultivares de feijão, Baligar & Barber (1979), avaliando diferentes genótipos de milho e Petterson & Jensen (1984), comparando cultivares de cevada, observaram diferenças significativas quanto as espécies na eficiência de utilização do potássio.

No entanto, os valores obtidos no presente experimento são bem superiores aos encontrados por Malavolta (1982) em milho (7,0 mg de K/g MS), por Haag & Minami (1981) em colza (4,2 mg de K/g de MS) e por Tedesco & Vogel (1983) em milheto (3,1 mg de K/g de MS), porém inferiores aos obtidos por Malavolta (1982) em soja (19,0 mg de K/g de MS).

Provavelmente, a utilização de metodologias de avaliações e cultivares distintas, associada às condições específicas de clima e solo onde foram conduzidas as diferentes pesquisas, devem explicar as divergências de valores.

Segundo a literatura, alguns fatores como: aeração (Lawton 1945); número de sítios para troca catiônica, intensidade respiratória, idade e velocidade de crescimento (Malavolta 1980); velocidade de transpiração (Barber 1968); extensão radicular, natureza da superfície das raízes secundárias e de pêlos absorventes (Nelson 1968); são características que potencialmente podem determinar diferen-

ças quanto a eficiência de absorção e utilização do potássio.

CONCLUSÕES

1. Houve uma variação significativa entre as contribuições dos diferentes mecanismos de suprimento de potássio nas diferentes espécies estudadas.
2. A difusão mostrou-se o principal mecanismo de suprimento de potássio em todas as espécies.
3. Colza foi a espécie mais eficiente na absorção de potássio, vindo a seguir milho, milheto e lab-lab; contudo, milho, lab-lab e soja apresentaram maior habilidade em acumular potássio.
4. Soja, lab-lab e milheto foram mais eficientes na utilização do potássio absorvido, apresentando as menores relações K absorvido/matéria seca produzida.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, F. Soil solution. In: CARSON, E.W., ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. cap. 19, p.441-85.
- BALIGAR, V.C. & BARBER, S.A. Genotypic differences of corn for ion uptake. *Agron. J.*, 71:870-3, 1979.
- BARBER, S.A. A diffusion and massflow concept of soil nutrient availability. *Soil Sci.*, 93:39-49, 1962.
- BARBER, S.A. The role of root interception, massflow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soils. In: *LIMITING steps in ion uptake by plants from soil*. Viena, International Atomic Energy, 1966. p.39-45. (Technical report series, 65)

- BARBER, S.A. Mechanisms of potassium absorption by plants. In: KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C. *The role of potassium in agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1968. p.305-6.
- BARBER, S.A. Influence of the plant root on ion movement in soil. In: CARSON, E.W., ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. cap. 18, p.525-64.
- BARBER, S.A.; WALKER, J.M.; VASEY, E.H. Mechanisms for movement of plant nutrients from the soil and fertilizer to the root. *J. Agric. Food Chem.*, 11:204-7, 1963.
- BLACK JÚNIOR, C.C. Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO₂ uptake. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 24:253-86, 1973.
- BLACK JÚNIOR, C.C.; CHEN, T.M.; BROWN, R.H. Biochemical basis for plant competition. *Weed Sci.*, 17:338-44, 1969.
- DILIMAN, A.C. The water requirements of certain crop plants and weeds in the Northern Great Plains. *J. Agric. Res.*, 42:187-238, 1931.
- EVANS, P.S. Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. *New Z.J. Agric. Res.*, 20:331-5, 1977.
- FAGERIA, N.K. *Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz*. Goiânia, Campus, 1984. 314p.
- HAAG, H.P. & MINAMI, K. *Nutrição mineral em hortaliças*. Campinas, Fundação Cargill, 1981. 631p.
- HALLMARK, W.B. & BARBER, S.A. Root growth and morphology, nutrient uptake, and nutrient status of soybeans as affected by soil K and bulk density. *Agron. J.*, 73:779-82, 1981.
- LAWTON, K. The influence of soil aeration on the growth and absorption of nutrients by corn plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 19:263-8, 1945.
- MAGALHÃES, A.C.N. Fotossíntese. In: FERRI, M.G., ed. *Fisiologia vegetal*. São Paulo, E.P.U./EDUSP, 1979. v.1, p.117-66.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Ceres, 1980. 254p.
- MALAVOLTA, E. *Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras*. Piracicaba, Instituto Internacional da Potassa, 1982. 92p. (Boletim técnico, 4)
- MENGEL, K. Fatores e processos que afetam as necessidades de potássio das plantas. In: YAMADA, T. *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba, Instituto Internacional da Potassa, 1982. p.195-226.
- MIELNICZUK, J. *O potássio no solo*. Piracicaba, Instituto Internacional da Potassa, 1978. 80p. (Boletim técnico, 2)
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A.; BOHNEN, H. *Recomendações de adubo calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, 1969. 29p. (Boletim técnico, 2)
- NELSON, W.L. Plant factors affecting potassium availability and uptake. In: KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C. *The role of potassium in agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1968. p.357-8.
- OLIVER, S. & BARBER, S.A. An evaluation of the mechanisms governing the supply of Ca, Mg, K and Na to soybean roots (*Glycine max*). *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 30(1):82-6, 1966.
- OLSEN, S.R. & KEMPER, W.D. Movement of nutrients to plant roots. *Adv. Agron.*, 20:91-151, 1968.
- PETTERSON, S. & JENSÉN, P. Variation among species and varieties in uptake and utilization of potassium. *Potash Rev.*, 9(6):1-6, 1984.
- SHANTZ, H.L. & PIEMEISEL, L.N. The water requirements of plants at Akron, Colorado. *J. Agric. Res.*, 34:1093-189, 1927.
- SHEA, P.F.; GOBELNAN, W.H.; GERLOFF, C.G. The inheritance of efficiency in potassium utilization in snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 91:268-93, 1967.
- STEEL, R.G. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.
- TEDESCO, J.M. *Extração simultânea de N, P, Ca, K e Mg em tecido de plantas por digestão com H₂O₂ - H₂SO₄*. Porto Alegre, UFRGS, 1982. 23p. (Informativo interno; 2)
- TEDESCO, J.M. & VOGEL, E.T. Avaliação da eficiência de adubo nitrohumomíneral. *Agron. sulriogr.*, 19(1):129-42, 1983.
- VARGAS, R.M.B.; MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Mecanismos de suprimento de fósforo, potássio, cálcio e magnésio às raízes de milho em solos do Rio Grande do Sul. *R. bras. Ci. Solo*, 7:143-8, 1983.