

## ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES NO FEIJOEIRO

EDER JOÃO POZZEBON<sup>1</sup>, REIMAR CARLESSO<sup>2</sup>, OSVALDO KONIG<sup>3</sup>, ANTÔNIO CARLOS DOS SANTOS PESSOA<sup>4</sup>, CLAUDIO RENATO SCHLESSNER KELLING<sup>1</sup>

**RESUMO** – O objetivo deste experimento foi avaliar, na cultura do feijoeiro, a acumulação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e a exportação de nutrientes do solo via grãos e restos culturais em resposta à irrigação, fertirrigação e aplicação de micronutrientes. O experimento foi instalado em solo Podzólico vermelho-amarelo em Santa Maria, RS. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com seis tratamentos e seis repetições. Determinou-se a acumulação de N, P e K aos 49 e 71 dias após a emergência (etapas R7 e R9). A exportação e acumulação de N, P e K foram altamente influenciadas pela irrigação. A utilização da irrigação ocasionou uma remoção, pelos grãos, de 92,8 kg/ha de N, 15,9 kg/ha de P e 60,9 kg/ha de K. Considerando a produção de palhada mais grãos a remoção de nutrientes foi de 117,6 kg/ha de N, 18,7 kg/ha de P e 87 kg/ha de K.

*Palavras-chave:* microelemento, fertilizante, macronutriente, matéria seca.

## NUTRIENT ACCUMULATION IN DRYBEANS

**ABSTRACT** – The objective of this experiment was to evaluate the accumulation and exportation of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in drybean shoots and grains in response to irrigation, fertirrigation with N and seed micronutrient application. The experiment was conducted on a loam Podzolic soil, in Santa Maria, RS. A complete randomized block design was the experimental layout with six treatments and six repetitions. The accumulation of N, P and K was determined at 49 (anthesis) and 71 (physiological maturity) days after emergency. The exportation and accumulation of N, P and K were highly influenced by irrigation. The use of irrigation resulted in a exportation of 92.8 kg/ha of N, 15.9 kg/ha of P and 60.9 kg/ha of K by crop grains. The cumulative nutrient exportations through grains and shoots were of 117.6 kg/ha of N, 18.7 kg/ha of P and 87.0 kg/ha of K.

*Key words:* micronutrient, fertilizer, macronutrient, biomass.

## INTRODUÇÃO

Na Região Sul do Brasil uma das principais características do sistema de produção da cultura do feijão é a retirada das plantas inteiras para a realização da trilha sem a reposição dos restos culturais sobre a área cultivada. Conseqüentemente, os nutrientes acumulados na parte aérea do feijoeiro são removidos tornando a cultura altamente associada com a diminuição da fertilidade do solo. A cultura do feijão é normalmente cultivada em pequenas propriedades em que predomina baixo nível tecnológico, freqüentemente realizada em áreas íngremes ou em cultivos consorciados que impedem a mecanização. Muitas práticas de cultivo como a semeadura, adubação, calagem, controles fitossanitários e de ervas daninhas são normalmente realizadas de maneira menos adequada devido a dificuldade de mecanização, sendo esta um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade da cultura. A colheita mecanizada dificilmente é realizada devido às próprias característi-

cas da planta que, pela baixa altura de inserção das vagens ou hábito prostrado da planta, não favorece o uso de colhedoras automotrizes combinadas.

As práticas de colheita não tendem a apresentar alterações significativas nos próximos anos. Desta forma é importante a avaliação da acumulação de nutrientes na parte aérea do feijoeiro em resposta a tecnologias disponíveis aos produtores, tais como: irrigação; parcelamento do nitrogênio (N) via fertirrigação (aplicação de fertilizantes via água de irrigação) e; o uso de micronutrientes. De acordo com RAJ (1991), devido às pequenas quantidade de micronutrientes exigidas pelas culturas, as deficiências dos micronutrientes são usualmente observadas após as deficiências dos macronutrientes. Entretanto, em solos onde são realizados cultivos sucessivos de feijão, somente com a aplicação de macronutrientes e calagem, ocorre um aumento da deficiência de micronutrientes.

Segundo HEDGE e SRINIVAS (1990) a irrigação exerce influência sobre a acumulação de nutrientes na

1. Eng. Agr. – Aluno do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

2. Eng. Agr., Ph.D. – Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Campus Universitário – Faixa de Camobi, km 09, Caixa Postal 221, 97105-900 Santa Maria – RS/BRASIL. Bolsista do CNPq. (autor para correspondência)

3. Eng. Agr., M.Sc. – Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Rural.

4. Eng. Agr., M.Sc. – Aluno do Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG/BRASIL.

Recebido para publicação em 03/07/1997.

cultura do feijoeiro. Irrigações mais frequentes aumentam a quantidade total de N acumulado na planta, bem como a sua distribuição no interior da planta, principalmente devido a maior produção de matéria seca. A utilização da fertirrigação, segundo MAIA (1989), também aumenta o acúmulo de matéria seca nas plantas de feijão, além de resultar em um aumento na produtividade de grãos. PESSOA et al. (1996) observaram aumento nas quantidades totais de N, fósforo (P) e potássio (K) acumulados pelo feijoeiro sob irrigação em relação ao cultivo sem irrigação.

Os efeitos da adubação usualmente são menos evidenciados quando não ocorrer deficiência de água no solo. Entretanto, os benefícios da irrigação são maiores quando o solo é fértil ou convenientemente adubado (MORAES, 1988). SILVA et al. (1977) observaram, para as condições de cultivo do feijoeiro no Rio Grande do Sul, uma tendência de aumento de produtividade quando a aplicação de N foi parcelada 1/3 na sementeira e 2/3 aos 20 dias após a emergência (DAE).

A utilização de micronutrientes na cultura do feijoeiro é recomendada em áreas de baixa fertilidade ou em locais onde utiliza-se cultivos sucessivos com somente a aplicação de N, P e K. Os micronutrientes aumentam a produtividade da cultura e, conseqüentemente, a exportação de macro e micronutrientes. NICOLOSO e SANTOS (1990) verificaram que sementes tratadas com inoculante mais molibdênio e associadas com 10 kg/ha de N na sementeira e 20 kg/ha de N

em cobertura, apresentaram rendimento de grãos equivalente a aplicação de 10 kg/ha de N na sementeira e 40 kg/ha de N em cobertura. Este experimento foi conduzido com o objetivo de quantificar a acumulação e exportação de N, P e K pelas folhas, talos e grãos no feijoeiro cultivado em condições de irrigação, fertirrigação e aplicação de micronutrientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS. A área utilizada apresenta solo Podzólico vermelho-amarelo, de textura média, possuindo as seguintes características químicas: pH em água (1:1) = 5,1; P = 10,8 mg/kg; MO = 28 g/kg; Al = 0,96 Cmol<sub>c</sub>/kg; Mg = 1,86 Cmol<sub>c</sub>/kg; Ca = 2,6 Cmol<sub>c</sub>/kg; Mg = 1,86 Cmol<sub>c</sub>/kg (analisados conforme TEDESCO et al., 1985).

Os tratamentos consistiram de seis combinações do uso da irrigação por aspersão, modo de aplicação do N em cobertura e aplicação de micronutrientes via semente. Na Tabela 1 são apresentados os seis tratamentos utilizados e a decomposição dos tratamentos em cinco contrastes ortogonais. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados. Utilizou-se seis repetições por tratamento sendo as parcelas compostas de 10 linhas de plantas, com comprimento de seis metros.

TABELA 1 – Descrição dos tratamentos e decomposição dos tratamentos em contrastes ortogonais

| TRATAMENTOS |           |                |               | CONTRASTES (coeficientes) |    |    |    |    |
|-------------|-----------|----------------|---------------|---------------------------|----|----|----|----|
| Número      | Irrigação | Microelementos | Cobertura     | C1                        | C2 | C3 | C4 | C5 |
| T1          | Não       | Não            | Convencional  | 2                         | 0  | 1  | 0  | 0  |
| T2          | Não       | Sim            | Convencional  | 2                         | 0  | -1 | 0  | 0  |
| T3          | Sim       | Não            | Convencional  | -1                        | 1  | 0  | 0  | 1  |
| T4          | Sim       | Sim            | Convencional  | -1                        | 1  | 0  | 0  | -1 |
| T5          | Sim       | Não            | Fertirrigação | -1                        | -1 | 0  | 1  | 0  |
| T6          | Sim       | Sim            | Fertirrigação | -1                        | -1 | 0  | -1 | 0  |

A correção da acidez do solo e adubação de manutenção foi realizada de acordo com os resultados da análise do solo seguindo a recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (1989). Utilizou-se conforme a descrição dos tratamentos 40 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 20 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de cloreto de potássio e superfosfato triplo. A adubação de cobertura nitrogenada foi aplicada nas parcelas com aplicação em cobertura convencional do N (tratamentos T1, T2, T3 e T4), na forma de uréia, na dosagem de 85 kg/ha de N aos 12 dias após a emergência (DAE). Esta mesma do-

sagem de N, diluída em água, foi aplicada parcelada nos tratamentos com fertirrigação (T5 e T6), sendo 1/3 aplicados aos 12, 24 e 30 DAE. Os micronutrientes foram aplicados nas sementes na dosagem de 3,5 g/kg de sementes em formulação composta de 38% de zinco, 9% de molibdênio, 2% de boro e 0,5% de cobalto, de nome comercial Biocrop Feijão.

A sementeira foi realizada no dia 27 de setembro de 1991 com a cultivar de feijão BR-IPAGRO 1, de nome comercial Macanudo, em linhas espaçadas em 40 cm e, após o desbaste, deixou-se aproximadamente 12

plantas por metro linear. A irrigação das parcelas foi realizada através de um sistema de microaspersão. O limite inferior de disponibilidade hídrica utilizado, na camada de 0-20 cm de profundidade, foi de 60 kPa de tensão de água no solo, medida através de tensiômetros.

A massa seca da parte aérea foi determinada após colocação do material em estufa a 75°C até atingir massa constante e a massa seca dos grãos foi corrigida para 13% de umidade. A concentração de N, P e K foi determinada nas folhas e talos aos 49 DAE (etapa R7 – formação das vagens) e, nos talos, folhas e sementes aos 71 DAE (etapa R9 – maturação fisiológica), colhendo-se um metro linear de plantas. As amostras foram previamente secas e moídas em moinho tipo faca, provido de peneira de aço inoxidável de 30 mesh. Amostras de 0,20 g foram submetidas a digestão com ácido sulfúrico, seguindo TEDESCO et al. (1985). A concentração de N nos tecidos foi realizada por titulação com ácido sulfúrico 0,0025N, após ser destilado em destilador de arraste de vapores semi-micro Kjeldahl. A concentração de K foi determinada por fotometria de chama e a de P por fotocolometria. A quantidade de N, P e K acumulada foi determinada com base na concentração do nutriente no tecido e a produção de matéria seca correspondente. Para a determinação do rendimento de grãos foram colhidas as plantas inteiras e posteriormente procedeu-se a trilha em trilhadora estacionária. A análise da variância foi realizada em nível de significância de 5%. Foram efetuadas análises de covariância dos dados de matéria seca visando corrigir o efeito da coleta desigual do número de plantas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças na acumulação de N na parte aérea do feijoeiro (Figura 1) somente para o contraste C1 aos 49 DAE (formação das vagens – etapa R7). A utilização da irrigação ocasionou um acréscimo de 71,2% na acumulação de N na parte aérea. Evidenciando, assim, a importância de uma boa disponibilidade hídrica para uma maior absorção e acumulação de nutrientes. Este aumento na acumulação pela irrigação foi devido a maior produção de matéria seca e a maior concentração de N na parte aérea, conforme resultados determinados no mesmo experimento por POZZEBON et al. (1996). A irrigação também proporcionou incrementos na acumulação de P em 63,2% (3,6 kg/ha de P) e de K em 67,3% (17,3 kg/ha de K). A utilização de micronutrientes nas sementes associado a fertirrigação (contraste C4) proporcionou uma redução na acumulação de P e K na parte aérea das plantas (Figura 1), não sendo observado efeito da utilização de micronutrientes na acumulação de N. Estas diferenças ocorreram devido a menor massa seca de folhas e talos e menor teor desses nutrientes na planta. Resultados semelhantes de acumulação de N e P na parte aérea das plantas também foram relatados por HAAG et al. (1967), COBRA NETO

et al. (1971) e PESSOA et al. (1996). Entretanto, a acumulação de K observada neste experimento foi menor do que a relatada por HAAG et al. (1967) e COBRA NETO et al. (1971). Isto foi devido, basicamente, a menor concentração de K observada na planta.

A acumulação de nutrientes na parte aérea do feijoeiro (Figura 1) aos 71 DAE (maturação fisiológica – etapa R9), apresentou um comportamento semelhante em resposta a irrigação a acumulação observada na etapa R7. No entanto, uma menor porcentagem de incremento na acumulação de nutrientes foi observado nas plantas submetidas a irrigação quando comparadas com a etapa R7. Isto ocorreu porque as plantas apresentam maior taxa de acumulação até o final do florescimento. Na maturação fisiológica as plantas irrigadas apresentavam poucas folhas, sendo a maioria secas e amareladas. Entretanto, no tratamento sem irrigação as plantas apresentaram um prolongamento no ciclo e, na maturação fisiológica apresentavam retenção de folhas verdes e emissão de novas folhas, flores e vagens, evidenciando a continuidade da absorção e acumulação de nutrientes.

Nos tratamentos não irrigados, devido ao déficit hídrico ter ocorrido principalmente até a etapa R7, houve menor acúmulo de massa seca e menor absorção de nutrientes. Desta

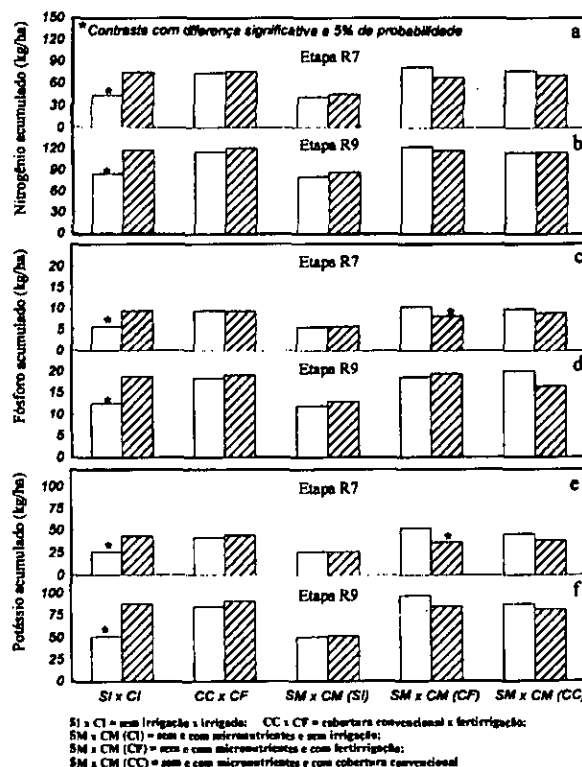


FIGURA 1 – Acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do feijoeiro na fase de formação das vagens (etapa R7) e na maturação fisiológica (etapa R9) para os contrastes, Santa Maria, RS

forma os nutrientes permaneceram mais disponíveis no solo para as etapas seguintes promovendo maior crescimento nas fases subsequentes quando as precipitações foram mais uniformemente distribuídas. A irrigação proporcionou um incremento de 41,7%, 50,8% e 72,2% na acumulação de N, P e K, respectivamente. COBRA NETO et al. (1971) obteve resultados semelhantes de acumulação de nutrientes (101,6 kg/ha de N, 9,1 kg/ha de P e 92,6 kg/ha de K).

Na maturação fisiológica a quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea das plantas de feijão é mais importante, considerando o enfoque deste trabalho, pois esta diretamente relacionada com a exportação de nutrientes da área cultivada. Isto deve-se, basicamente ao sistema de cultivo utilizado pela maioria dos agricultores que é baseado no arranquio ou cortê das plantas e transporte para o exterior da área para posterior trilha. Um dos fatores que também pode aumentar a quantidade de nutrientes exportados é a antecipação da colheita pela retirada da área cultivada de plantas verdes com maior número de folhas. Avaliando separadamente a acumulação de nutrientes nas folhas e talos das plantas de feijoeiro na etapa R9, observou-se uma maior acumulação de N nas folhas, acumulação equilibrada de P nas folhas e talos e maior acumulação de K nos talos. Estes resultados indicam que quando a colheita for realizada após o desfolhamento completo do feijoeiro reduz a exportação de nutrientes principalmente do N e P.

Uma maior acumulação de N, P e K nos grãos (Figura 2) foi observada nas plantas irrigadas (contraste C1). Embora neste experimento avaliou-se somente a acumulação de N, P e K, o arranquio das plantas para a realização da trilha ocasiona, também, a exportação de outros nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, normalmente não adicionados ao solo via adubação de manutenção. Uma menor acumulação de P foi observado com a utilização de micronutrientes nas sementes e aplicação convencional de N em cobertura (contraste C5).

Plantas irrigadas não apresentaram diferenças na acumulação de N, P e K nos grãos com a aplicação convencional do N em cobertura ou utilização da fertirrigação (contraste C2). Além disso, sem a utilização da irrigação a aplicação de micronutrientes nas sementes não ocasionou aumento na acumulação de N, P e K nos grãos (contraste C3). Observou-se maior acúmulo e exportação de N, P e K nos tratamentos irrigados, devido principalmente a maior produtividade, o que também é relatado por PESSOA et al. (1996).

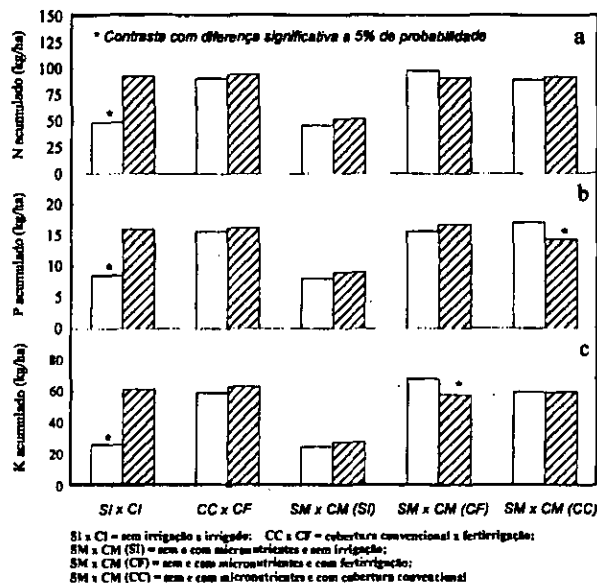


FIGURA 2 – Acumulação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos do feijoeiro na maturação fisiológica (etapa R9) para os cinco contrastes, Santa Maria, RS

A acumulação de nutrientes na parte aérea do feijoeiro bem como a exportação de nutrientes devido a retirada pelas plantas está linearmente relacionada ao rendimento de grãos (Figura 3). Observou-se também uma tendência de aumento na acumulação de P e K na parte aérea das plantas entre as etapas R7 e R9 com o aumento no rendimento de grãos. A relação entre o rendimento de grãos e a acumulação de N, P e K nos grãos é linear e aumenta com o aumento na produtividade (Figura 4). Entretanto, em relação a acumulação de N, P e K na parte aérea do feijoeiro observou-se uma menor acumulação de K, uma maior acumulação de P e uma semelhante acumulação de N. Estes resultados indicam que a exportação de K da área cultivada pode ser enormemente reduzida com a redistribuição dos restos de trilha sobre o terreno. Entretanto, a quantidade de K exportado não é influenciada pelo nível de produtividade da cultura, sendo o P principalmente exportado através dos grãos. A quantidade de N, P e K removida pela cultura foi superior à aplicada no solo pela adubação, assim, se não forem repostos os restos culturais na lavoura e realizada a adubação para restituir essas perdas, o solo pode ter uma redução progressiva da fertilidade. A quantidade de nutrientes exportados pelos grãos está na dependência do rendimento de grãos da cultura. HAAG et al. (1967) encontraram exportação pelos grãos de 34,1 kg/ha de N, 3,3 kg/ha de P e 20,2 kg/ha de K considerando uma produção de 1000 kg de grãos por hectare. Já COBRA NETO et al. (1971) obtiveram quantidades exportadas pelos grãos de 37,7 kg/ha de K.

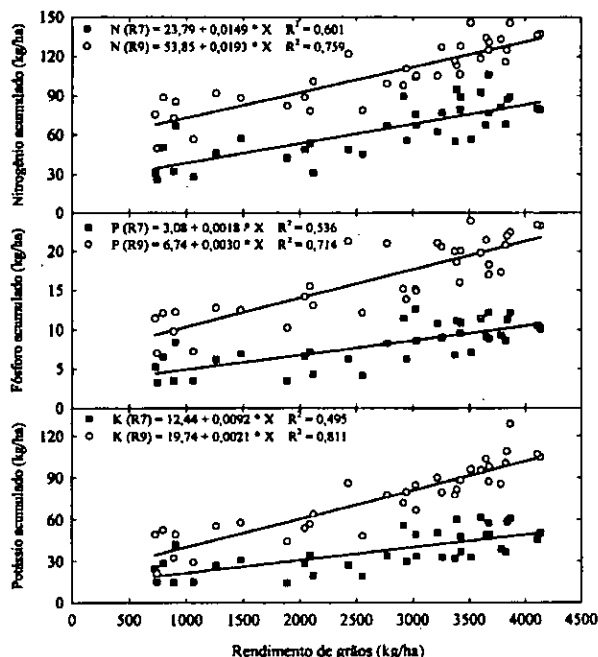


FIGURA 3 – Relação entre a acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do feijoeiro e o rendimento de grãos na formação das vagens (R7) e maturação fisiológica (R9), Santa Maria, RS

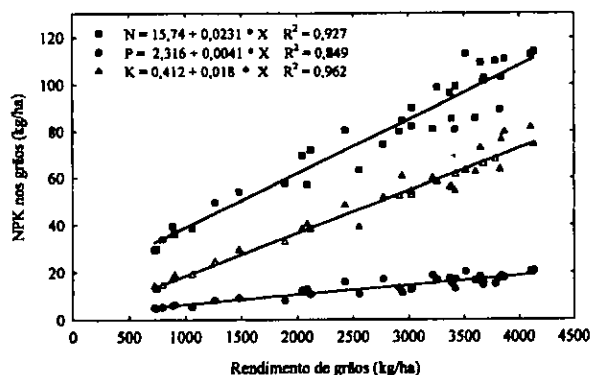


FIGURA 4 – Relação entre a acumulação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos do feijoeiro e o rendimento de grãos, Santa Maria, RS

### CONCLUSÕES

O potássio é exportado da área cultivada em menor quantidade que o fósforo e o potássio quando, após a trilha, os restos culturais da cultura do feijoeiro são recolocados sobre a área cultivada.

A utilização da irrigação ocasiona maior acumulação e exportação de nutrientes pela parte aérea das plantas e sementes do feijoeiro

A redistribuição sobre o solo dos restos da cultura do feijoeiro após a trilha reduz a quantidade de fertilizantes a ser aplicado no solo em cultivo subsequente.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var Roxinho). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz*, Piracicaba, v. 28, 1971, p. 257-273.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. *Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 2.ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128 p.
- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 26, n. 30, p. 381-91, 1967.
- HEGDE, D.M.; SRINIVAS, K. Plant water relations and nutrient uptake in French bean. *Irrigation Science*, Springer-Verlag, v. 11, p. 51-56, 1990.
- MALA, P.C.S. *Fertirrigação por sistemas de irrigação por aspersão convencional na cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)* Piracicaba: ESALQ, 1989. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989.
- MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMERMANN, M.J. de O. (Coord.) *A cultura do feijoeiro: aspectos que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 261-301.
- NICOLOSO, F. T.; SANTOS, O S Efeitos do nitrogênio mineral, molibdênio e inoculação com *Rhizobium* no feijoeiro comum. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, v. 20, n. 1-2, p. 23-55, 1990.
- PESSOA, A.C.S.; KELLING, C.R.S.; POZZEBON, E.J.; KÖNIG, O. O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob níveis de irrigação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 69-74, 1996.
- POZZEBON, E.J.; CARLESSO, R.; KELLING, C.R.S., PESSOA, A.C.S. Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do feijoeiro em resposta à irrigação, fertirrigação e micronutrientes. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 26, p. 191-196, 1996.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991.
- SILVA, M.I. da; DARIVA, T.; KAMINSKY, J.; XAVIER, F.M. Efeitos de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na produção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista do Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, v. 7, n. 4, p. 395-401, 1977.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188 p. (Boletim Técnico, 5).