

CONCENTRAÇÃO E ACUMULAÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO PELO FEIJOEIRO CULTIVADO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO

NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM CONCENTRATION AND ACCUMULATION BY BLACK BEANS UNDER SEVERAL IRRIGATION LEVELS

Antonio Carlos dos Santos Pessoa¹ Claudio Renato Schlessner Kelling²
Eder João Pozzebon² Osvaldo König³

RESUMO

O experimento foi conduzido com o objetivo de determinar a concentração e acumulação de N, P e K no feijoeiro (cv. BR Ipagro 1 "macanudo") cultivado sob diferentes níveis de irrigação: Sem irrigação (SI); irrigação ao ser atingida a tensão matricial de 80kPa (I-80kPa) e; a 40 kPa (I-40kPa). Os resultados obtidos no florescimento indicam que a concentração de N (3,72%) não variou em relação aos níveis de irrigação utilizados. Para o P, diferiu entre o SI (0,23%) e os irrigados (0,30%). Para o K, diferiu entre o SI (0,73%) e o I-40kPa (1,16%). Na maturação fisiológica, a concentração de N nos grãos variou e apresentou média de 3,47%. Entretanto, para P (0,54%) e K (0,89%) não variou. As quantidades totais de N, P e K acumuladas diferiram entre o tratamento SI e os tratamentos irrigados e apresentaram médias de 62,4 e 123,8kg de N/ha, 8 e 18,8kg de P/ha e 23,7 e 50,7kg de K/ha, respectivamente, para SI e irrigados.

Palavras-chave: feijoeiro, concentração de nutrientes, acumulação de nutrientes, irrigação.

SUMMARY

This study was carried out with the objective to determine NPK concentration and accumulation of black beans (*Phaseolus vulgaris* L., BR Ipagro 1 "macanudo" variety) cultivated under different sprinkling irrigation levels. The three irrigation levels were: without irrigation (WI), irrigation when matric potential reached 80kPa (I-80kPa) and 40kPa (I-40kPa). The

results of the flowering sampling indicated that the N concentration (3.72%) was not affected by irrigation levels. Leaf concentration of P in the leaves were different between WI (0.23%) and the irrigated treatments (0.30%). In the maturity stage the N grains concentration changed with irrigation and presented average values of 3.47%. However, P (0.54%) and K (0.89%) grains concentrations were similar. The whole amount of NPK accumulated was different for WI and irrigated treatments. The average values of 62.4 and 123.8kg of N/ha, 8 and 18.8kg of P/ha and 23.7 and 50.7kg of K/ha, were observed for WI and irrigated treatments, respectively.

Key words: black beans, nutrient concentration, nutrient accumulation, irrigation.

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os três maiores produtores mundiais de feijão mas, também, é o maior consumidor, necessitando de importações. Na maioria das regiões produtoras, o problema tem sido a baixa produtividade, que provavelmente tem as suas causas na tecnologia rudimentar utilizada, nas variações climáticas, principalmente a deficiência hídrica, em problemas fitossanitários e no esgotamento progressivo da fertilidade do solo.

¹Engenheiro Agônomo, Mestre em Agronomia, Aluno do Curso de Pós-graduação em solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 36570-000, Viçosa, MG. Autor para correspondência.

²Engenheiro Agrônomo, Aluno do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),

³Engenheiro Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Rural, CCR, UFSM.

A concentração e a acumulação de nutrientes pelo feijoeiro são variáveis de acordo com a idade da planta (BARBOSA FILHO et al., 1979; TRANI et al., 1983), a cultivar (COBRA NETO et al., 1971) o nível de adubação (FURLANI et al., 1978; BARBOSA FILHO et al., 1979), a parte da planta analisada (COBRA NETO et al., 1971; FURLANI et al., 1978), a fertilidade do solo e o manejo da cultura (PRIMAVESI et al., 1985). Isto faz com que as interpretações de níveis críticos seja diferentes para as condições citadas.

A produtividade do feijoeiro está relacionada, entre outros fatores, com a disponibilidade hídrica e a fertilidade do solo. Assim, para a obtenção de elevadas produtividades é necessário o manejo adequado da fertilidade do solo e da disponibilidade hídrica. Todavia, maiores são as quantidades de nutrientes exigidas e extraídas, pela cultura, aumentando a remoção via colheita.

Em pequenas propriedades, é comum a prática de colheita consistindo de arranquio das plantas e posterior trilha em trilhadora estacionária, sendo que, muitas vezes, os restos culturais não retornam à área cultivada, contribuindo para a remoção de nutrientes do solo. Portanto, é de interesse saber as quantidades de nutrientes removidas pela colheita em diferentes condições de manejo da cultura, como quanto à irrigação.

Conduziu-se este trabalho com os objetivos de determinar a concentração e a acumulação de N, P, e K pelo feijoeiro no pleno florescimento e na maturação fisiológica e verificar a quantidade de N, P, e K que são removidas pelos grãos, folhas e talos do feijoeiro, cultivado em diferentes níveis de irrigação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria, no ano agrícola 1991/92 em área experimental do Departamento de Engenharia Rural, em solo podzólico vermelho amarelo, com as seguintes características químicas, após a correção e adubação: pH em água (1:1) = 5,3; pH SMP = 5,8; P = 12,3mg/kg; K = 54mg/kg; MO = 23g/kg; Al = 0,5Cmol_c/kg; Ca + Mg = 4,9 Cmol_c/kg e textura média (analisados conforme TEDESCO et al., 1985).

Os tratamentos constituíram-se de dois níveis de irrigação por microaspersão, ou seja: irrigação realizada quando a tensão matricial atingisse o valor de 80kPa (I-80 kPa) e 40kPa (I-40kPa), e sem irrigação (SI). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições.

O preparo do solo foi efetuado através de uma aração e duas gradagens. A adubação e a correção da acidez foram baseadas na análise do solo, seguindo as recomendações da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (1989). Usou-se 20kg/ha de P₂O₅ (SFT), 40kg/ha de K₂O (cloreto de potássio), ambos aplicados antes da semeadura e 85 kg/ha de N (uréia), aplicada metade aos 15 dias e o restante aos 25 dias após a emergência.

A semeadura foi realizada em 26/09/1991, utilizando-se a cultivar "macanudo" na quantidade de sementes para 12 plantas por metro linear, em parcelas constituídas por 11 fileiras espaçadas 0,4m e de comprimento 6m. Como área útil utilizou-se as 8 fileiras centrais eliminando-se 1m de cada extremidade. As sementes foram inoculadas com *Rhizobium* específico.

A concentração de nutrientes e produção de massa seca (MS) foi determinada coletando-se 1m linear de plantas no pleno florescimento (27/11/1991) e na maturação fisiológica (17/12/1991). Para a produção de grãos usou-se cinco linhas de 4m lineares da área útil da parcela. O material colhido foi seco em estufa, pesado e moído. Amostras de 0,2g foram submetidas a digestão com H₂SO₄ (TEDESCO et al., 1985). Determinou-se N por titulação com H₂SO₄, após ser destilado em destilador de arraste de vapores semi-micro-Kjeldahl; o K por fotometria de chama e o P por fotocolorimetria. A quantidade de NPK acumulada na parte aérea de cada unidade experimental foi calculada com base na concentração e produção de MS total.

Os resultados de produção de MS, de concentração e de acumulação de N, de P e de K pelas folhas, talos e grãos foram submetidos a análise de variância e correlação, usando-se o teste Duncan a 5% de probabilidade para a comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Concentração e acumulação de N, P e K na MS do feijoeiro no pleno florescimento

Observa-se uma tendência de maior concentração de N nos tratamentos com irrigações mais frequentes (Tabela 1). A acumulação de N pelas folhas e talos diferiu com o nível de irrigação, sendo menor no tratamento SI, intermediária no tratamento I-80kPa e maior no tratamento I-40kPa. Isso ocorreu porque uma boa disponibilidade hídrica na fase vegetativa favorece o desenvolvimento das plantas e a absorção de nutrientes.

A concentração e acumulação de N, de P e de K pelo feijoeiro no pleno florescimento (Tabela 1) variou com as diferentes partes da planta analisada e com os níveis de irrigação, sendo superiores naqueles tratamentos que tiveram as maiores produções de MS. O nutriente acumulado em maior quantidade foi o N, chegando a um total de 83kg/ha. O K teve uma acu-

mulação intermediária chegando a 42,5kg/ha. Já o P foi o que menos acumulou chegando a 9,6kg/ha, todos para o tratamento I-40kPa, onde as acumulações de nutrientes foram maiores, devido às irrigações serem mais freqüentes, propiciando maior disponibilidade de água durante o ciclo da cultura. Assim, as plantas cresceram e acumularam mais MS de folhas e talos e, conseqüentemente, acumularam mais N, P e K.

Conforme MENGEL & KIRKBY (1987) o contato dos nutrientes com o sistema radicular é dependente da umidade do solo. Para o N esse contato dá-se principalmente por fluxo de massa, para o P e o K ocorre predominantemente por difusão. Assim, sob menor disponibilidade hídrica, que ocorreu no tratamento SI, a absorção de nutrientes ficou prejudicada e, conseqüentemente, todo o metabolismo da planta ficou afetado, diminuindo o desenvolvimento e a acumulação de nutrientes.

Os teores foliares de N e de P encontrados nesse experimento estão próximos do mínimo adequado para o desenvolvimento do feijoeiro, conforme dados apresentados por TRANI et al. (1983) onde as concentrações satisfatórias no pleno florescimento devem ser de 3% para o N, 0,3% para o P e 2% para o K. Entretanto, por este critério o K encontra-se abaixo da concentração mínima.

Para a concentração foliar de N no pleno florescimento os resultados citados por outros autores são muito variáveis, como 5,06% para o cultivar "carioca", 4,80% para o "aroana" (FURLANI et al., 1978), 3,57% para o cultivar "roxinho" (COBRA NETO et al., 1971) e teores variando entre 1,68 a 3,22% nos cultivares "aroana" e "rio pardo" (PRIMAVESI et al., 1985).

Para a concentração foliar de P os resultados estão próximos aos citados por COBRA NETO et al. (1971) para o cultivar "roxinho" e por FURLANI et al. (1978) no cultivar "aroana" 0,30%. Todavia FURLANI et al. (1978) encontraram resultados variando de 0,12 a 0,28% para os cultivares "aroana" e "rio pardo".

Para a concentração foliar de K os resultados são inferiores ao teor mínimo adequado para o desenvolvimento da cultura (TRANI et al., 1983). Outros autores apresentam resultados superiores ao desse experimento, como nos cultivares "roxinho" (COBRA NETO et al., 1971), "carioca" e "aroana" (FURLANI et al., 1978), onde a concentração foliar encontrada foi, respectivamente, de 3,82; 1,10 e 3,40%. A concentração de K nas plantas é variável, dependendo da fertilidade do solo, adubações potássicas, interação entre nutrientes, manejo da cultura, cultivar, parte da planta analisada etc. Um dos

Tabela 1. Concentração e acumulação de N, P e K pelas folhas e talos do feijoeiro no pleno florescimento, cultivado sob três níveis de irrigação. Médias de três repetições.

| | Manejo de irrigação | | | CV % |
|--|---------------------|--------|-------|---------|
| | SI | 80kPa | 40kPa | |
| ----- produção de massa seca (kg/ha) ----- | | | | |
| Folhas | 741 b* | 1109a | 1367a | 12,91 |
| Talos | 876 b | 1330a | 1600a | 12,67 |
| Total | 1590 b | 2439a | 2967a | 12,70 |
| ----- concentração de nitrogênio (%) ----- | | | | |
| Folhas | 3,44a | 3,77a | 3,94a | 12,64 |
| Talos | 1,39a | 1,72a | 1,82a | 4,58 |
| ----- nitrogênio acumulado (kg/ha) ----- | | | | |
| Folhas | 24,6 c | 41,3 b | 54,0a | 9,97 |
| Talos | 12,4 c | 22,6 b | 29,1a | 12,56 |
| Total | 37,0 c | 63,9 b | 83,0a | 7,06 |
| ----- concentração de fósforo (%) ----- | | | | |
| Folha | 0,23 b | 0,29a | 0,31a | 9,10 |
| Talos | 0,30a | 0,33a | 0,34a | 7,03 |
| ----- fósforo acumulado (kg/ha) ----- | | | | |
| Folhas | 1,7 c | 3,2 b | 4,2a | 10,57 |
| Talos | 2,7 b | 4,4a | 5,4a | 10,59 |
| Total | 4,3 c | 7,6 b | 9,6a | 10,17 |
| ----- concentração de potássio (%) ----- | | | | |
| Folhas | 0,73 b | 0,77 b | 1,16a | 14,61 |
| Talos | 1,34a | 1,25a | 1,68a | 14,14 |
| ----- potássio acumulado (kg/ha) ----- | | | | |
| Folhas | 5,2 b | 8,5 b | 15,9a | 17,73 |
| Talos | 11,6 c | 16,4 b | 26,7a | 8,41 |
| Total | 16,8 c | 24,9 b | 42,5a | 4,66 |

* Tratamentos com médias seguidas por mesma letra na linha não diferem pelo teste de Duncan a 5%.

possíveis motivos para a menor concentração de K é que foram analisadas todas as folhas das plantas amostradas e não como nos trabalhos citados, onde foi analisada somente a primeira folha amadurecida a partir do ápice no início da floração.

Concentração e acumulação de N, P e K na massa seca do feijoeiro na maturação fisiológica

A concentração de N nas folhas (Tabela 2) foi menor nos tratamentos que receberam irrigação, que não diferiram entre si, mas diferiram do SI, isto porque as plantas do tratamento SI tiveram o seu ciclo prolongado e no momento da maturação fisiológica apresentavam uma retenção de folhas verdes e fotossinteticamente ativas, enquanto nos tratamentos irrigados a cultura completou o seu ciclo normalmente e na coleta das amostras as plantas apresentavam poucas folhas sendo a maioria secas e amareladas, indicando que os nutrientes foram translocados para os grãos.

A retenção foliar nos tratamentos SI, ocorreu porque na maior parte do ciclo houve pequena precipitação e 15 dias antes da maturação fisiológica começou um período de chuvas o que propiciou, no tratamento SI, uma nova emissão de folhas e um intenso crescimento vegetativo, mesmo as plantas apresentando-se com vagens maduras. Isso ocorre no cv. "macanudo", por ter hábito de crescimento indeterminado.

A quantidade de N acumulada nas folhas e talos não diferiu com os níveis de irrigação, mas a quantidade de N exportado via grão variou com os níveis de irrigação de acordo com a produtividade (Figura 1). Entre os macronutrientes o N foi o exigido em maior quantidade, o que também é citado por HAAG et al. (1967) que estimaram uma absorção de 201kg de N/ha.

A concentração de P nas folhas, talos e grãos não variou com os níveis de irrigação (Tabela 2), mas nos talos a concentração foi menor, nas folhas foi intermediária e nos grãos foi superior. A maior concentração de P nos grãos ocorre porque o P é móvel, sendo facilmente translocado das folhas e talos para os grãos (MENGEL & KIRKBY, 1987). Os menores teores de P nas folhas e talos encontrados na maturação fisiológica em relação ao encontrado no pleno florescimento se deve a translocação do P para os grãos.

A quantidade de P acumulado nas folhas e talos não variou com os níveis de irrigação (Tabela 2). Entretanto, para os grãos a quantidade acumulada diferiu entre os tratamentos SI e irrigados sendo

Tabela 2. Concentração e acumulação de N, P e K pelas folhas, talos e grãos do feijoeiro na maturação fisiológica, cultivado sob diferentes níveis de irrigação. Médias de três repetições.

| | Níveis de irrigação | | | CV % |
|--|---------------------|--------|--------|-------|
| | SI | 80KPa | 40KPa | |
| ----- produção de massa seca (kg/ha) ----- | | | | |
| Folhas | 684a | 742a | 664a | 18,20 |
| Talos | 1154a | 1627a | 1705a | 5,13 |
| Folhas + talos | 1838 b | 2369a | 2405a | 8,50 |
| Grãos | 850 b | 2619a | 3511a | 20,87 |
| ----- concentração de nitrogênio (%) ----- | | | | |
| Folhas | 2,78a | 2,39 b | 2,15 b | 5,56 |
| Talos | 0,87a | 0,65ab | 0,57 b | 16,03 |
| Grãos | 3,93a | 3,52ab | 2,96 b | 12,29 |
| ----- nitrogênio acumulado (kg/ha) ----- | | | | |
| Folhas | 19,0a | 17,7a | 14,3a | 13,05 |
| Talos | 10,1a | 10,6a | 9,9a | 12,06 |
| Folhas + talos | 29,0a | 28,2a | 24,2a | 9,66 |
| Grãos | 33,4 b | 91,9a | 103,3a | 17,87 |
| Total | 62,4 b | 120,1a | 127,4a | 15,10 |
| ----- concentração de fósforo (%) ----- | | | | |
| Folhas | 0,24a | 0,21a | 0,20a | 9,45 |
| Talos | 0,13a | 0,09a | 0,07a | 26,71 |
| Grãos | 0,57a | 0,60a | 0,46a | 19,56 |
| ----- fósforo acumulado (kg/ha) ----- | | | | |
| Folhas | 1,7a | 1,6a | 1,3a | 14,11 |
| Talos | 1,5a | 1,5a | 1,2a | 26,50 |
| Folhas + talos | 3,1a | 3,1a | 2,6a | 13,74 |
| Grãos | 4,9 b | 15,7a | 16,2a | 21,67 |
| Total | 8,0 b | 18,9a | 18,8a | 19,64 |
| ----- concentração de potássio (%) ----- | | | | |
| Folhas | 0,91a | 0,99a | 0,94a | 13,59 |
| Talos | 0,86a | 1,02a | 0,99a | 22,18 |
| Grãos | 0,89a | 0,91a | 0,86a | 9,38 |
| ----- potássio acumulado (kg/ha) ----- | | | | |
| Folhas | 6,2a | 7,3a | 6,2a | 14,84 |
| Talos | 10,0a | 16,5a | 17,4a | 14,74 |
| Folhas + talos | 16,2a | 23,9a | 23,6a | 20,31 |
| Grãos | 7,5 b | 23,8a | 30,4a | 21,90 |
| Total | 23,7 b | 47,6a | 54,0a | 20,22 |

* Tratamentos com médias seguidas por mesma letra na linha não diferem pelo teste Duncan a 5%.

diretamente proporcional a produtividade obtida (Figura 1). Para os tratamentos irrigados os resultados foram próximos ao encontrado por HAAG et al. (1967) que estimaram uma absorção de 17,5kg de P/ha.

Observou-se correlação positiva entre a produção de grãos e a acumulação de NPK (Figura 1). Considerando a quantidade de NPK aplicada na adubação, 85kg de N/ha, 8,7kg de P/ha e 33,2kg de K/ha, essa não foi suficiente para repor as quantidade de N, P e K exportadas pelo feijoeiro cultivado sob irrigação. Deve-se considerar que uma parte do N total absorvido provém da fixação biológica, visto que as sementes foram inoculadas com *Rhizobium*. A quantidade de P e K removida pela cultura foi superior a aplicada no solo; portanto, tem-se um esgotamento progressivo da fertilidade desse solo, isso sem contar as "perdas" dos nutrientes, como: por erosão do solo, de K por lixiviação, P por "fixação" e N por denitrificação, volatilização e lixiviação, fazendo com que uma parte dos nutrientes adicionados não seja aproveitada pela cultura do ciclo e nem pelas culturas seguintes.

Em geral, observou-se uma maior exportação de NPK pelos grãos dos tratamentos que tiveram uma disponibilidade hídrica mais estável durante o ciclo de crescimento da cultura, ou seja, nos tratamentos irrigados. Assim, a menor disponibilidade hídrica que ocorreu no tratamento SI limitou o crescimento, acumulação de nutrientes e o rendimento final de grãos.

O feijoeiro por ser uma cultura que extrai grandes quantidades de NPK, dos quais a maior parte é removida pelos grãos (Figura 1), sendo portanto, exportado do solo, que progressivamente irá perdendo a sua fertilidade natural, precisa de um manejo de adubação para no mínimo tentar repor aquela quantidade de nutriente exportada via grão. Esse problema pode tornar-se sério em lavouras onde a prática de colheita consiste no arranquio das plantas para posterior trilha, em que os restos culturais (talos + vagens + folhas) não retornam à lavoura, aumentando ainda mais a exportação de nutrientes. Deve-se considerar ainda que em muitas lavouras não são feitas adubações, agravando mais a situação.

Em lavouras de feijoeiro, principalmente nas irrigadas, as adubações com NPK bem como os demais nutrientes, além de atender a exigência da cultura, devem no mínimo repor as quantidades dos nutrientes exportados, para não se ter um esgotamento da fertilidade do solo e assim evitar o aparecimento de distúrbios fisiológicos que podem, futuramente, diminuir a produtividade.

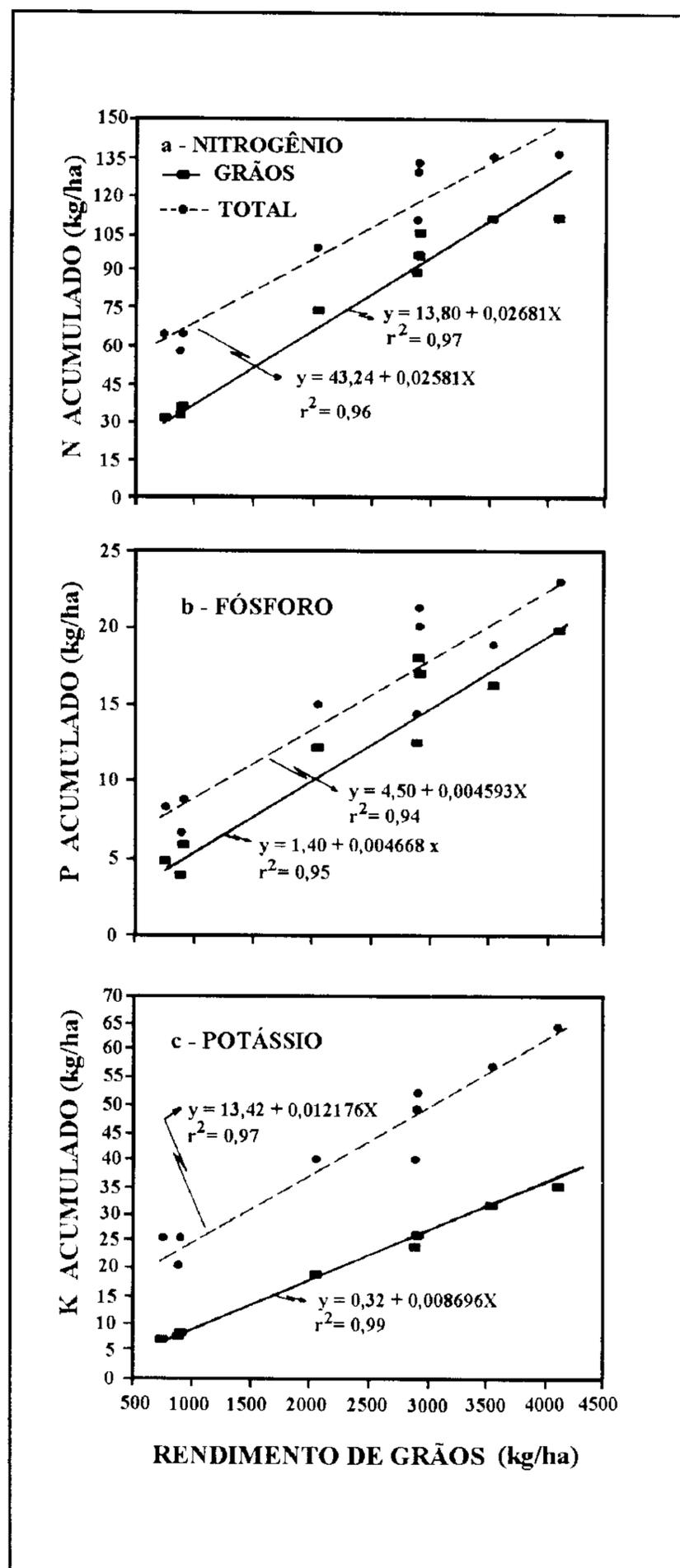


Figura 1. Relação entre o rendimento de grãos do feijoeiro e as quantidades de nutrientes nitrogênio (a), fósforo (b) e potássio (c) acumuladas pelos grãos e pelos restos culturais (folhas, talos e vagens) mais grãos na maturação fisiológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA FILHO, M.P., NETTO, A.J., GUEDES, G.A.A., et al. Efeitos de idade, fósforo, molibdênio e cobalto no teor percentual de nitrogênio em diferentes partes do feijoeiro-comum. *Ciência Prática*, Lavras, v. 3, n. 2, p. 107-116. 1979.

- COBRA NETTO, A., ACCORSI, W.R., MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"* Piracicaba, v. 28, p. 257-274, 1971.
- 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.
- FEITOSA, C.T., RONZELLI, Jr.P., ALMEIDA, L.D.A., et al. Adubação NP para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e ausência do calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, n. 4, p. 156-159, 1980.
- FURLANI, A.M.C., HIROCE, R., ANGELOCCI, L.R., et al. Desenvolvimento e nutrição do feijoeiro em função da aplicação de doses de cloreto e de sulfato de potássio. *Ciência e Cultura*, v. 30, n. 7, p. 855-863, 1978.
- HAAG, H.P., MALAVOLTA, E. GARGANTINI, H. et al. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 26, n. 30, p. 381-391, 1967.
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Bern: International Potash institute, 1987. 667 p.
- PRIMAVESI, O., MELLO, F.A.F., MURAOKA, T. Produção de matéria seca, concentração e acúmulo de macronutrientes por feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em dois solos sujeitos à compactação. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v. XLII, p. 327-362, 1985.
- TEDESCO, M.J., VOLKWEISS, S.J., BOHNEN, H. **Análise de solo, planta e outros materiais.** Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- TRANI, P.E., HIROCE, R., BATAGLIA, O.C. **Análise foliar: amostragem e interpretação.** Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18 p.