

EFEITOS DA TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO SOBRE A PRODUTIVIDADE E CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO

I. PRODUTIVIDADE¹

LUIS FERNANDO STONE², JOSÉ ALOÍSIO ALVES MOREIRA³,
e SILVANDO CARLOS DA SILVA⁴

RESUMO - Foram estudados os efeitos de seis tratamentos de níveis de irrigação e de duas profundidades (15 cm e 30 cm) de medição da tensão da água do solo sobre a produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Os tratamentos de irrigação consistiram em irrigar o feijoeiro quando a tensão matricial da água do solo atingisse 125, 250, 375, 500, 625 e 750 mb. Não houve diferença significativa com relação à produtividade do feijoeiro, quando a tensão da água do solo foi controlada a 15 cm ou 30 cm de profundidade. A população final de plantas não foi afetada pelos tratamentos de irrigação, quando o "stand" inicial foi adequado. O número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a produção de grãos, entretanto, decresceram à medida que as irrigações foram feitas a tensões crescentes da água do solo. A intensidade do decréscimo de produção dependeu da demanda evaporativa do ambiente.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, irrigação, turno de rega, demanda evaporativa.

YIELD AND GROWTH OF DRY BEAN AS INFLUENCED BY SOIL-WATER TENSION

I. YIELD

ABSTRACT - The effects of six irrigation treatments and two soil-water tension measurement depths (15 cm and 30 cm) on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield were studied. The irrigation treatments consisted of irrigating when soil-water tension reached 125, 250, 375, 500, 625, and 750 mb. There was no significant difference in bean yield when irrigation scheduling was based on soil water tension measurements made at 15 cm or at 30 cm depths. After initial stand establishment, final plant population was not influenced by irrigations carried out at different soil-water tensions. On the other hand, the number of pods per plant, seeds per pod and grain yield decreased as the soil-water tension increased. The intensity of yield decrease depended on the environmental evaporative demand.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, frequency of irrigation, evaporative demand.

INTRODUÇÃO

A demanda interna de feijão não tem sido satisfeita nos últimos anos com as duas safras convencionais, a das águas e a da seca, em virtude de ocorrências climáticas desfavoráveis e da deficiência do sistema de produção de feijão no país. Uma alternativa para melhorar a oferta de feijão é a safra de inverno, realizada inteiramente com irrigação. Outra opção é o uso de irrigação suplementar no cultivo da seca.

A irrigação, entretanto, é uma técnica cuja aplicação necessita de cuidados especiais. O feijoeiro possui um sistema radicular concentrado na camada superficial (0 cm - 20 cm) do solo (Caixeta et al. 1983) e responde a irrigações frequentes. Rendimentos máximos têm sido obtidos quando a tensão da água do solo é mantida baixa, ao longo do ciclo da cultura (Smittle 1976). Irrigações muito frequentes, contudo, não têm sido recomendadas por aumentarem os custos de operação e as perdas de água por evaporação.

É necessário, portanto, estabelecer um método adequado para se determinar quando a cultura deve ser irrigada. Um dos métodos mais utilizados é o baseado no consumo de uma determinada fração da água disponível do solo (AD). Como solos diferentes, entretanto, apresentam formas distintas de curva de retenção de água, uma dada percentagem da AD pode corresponder a dife-

¹ Aceito para publicação em 5 de janeiro de 1987.

² Eng. - Agr., Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74000 Goiânia, GO.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPAP.

⁴ Eng. - Agr., EMBRAPA/CNPq, Bolsista.

rentes tensões. Conseqüentemente, os resultados expressos em percentagem da AD, só podem ser aplicados a solos com características semelhantes ao do local de realização dos experimentos. Por outro lado, se for usado o parâmetro tensão da água do solo, que tem a dimensão de energia por unidade de volume da água do solo, os resultados obtidos em um determinado tipo de solo podem ser mais facilmente aplicados a outros. Isto ocorre porque, em solos não salinos, a tensão matricial é o fator da água do solo que mais influencia o crescimento das plantas (Forsythe & Legarda 1978).

Vários estudos têm sido realizados para determinar qual o valor máximo que a tensão da água do solo pode atingir para que não haja redução na produtividade do feijoeiro. Os resultados são variáveis e mostram que as máximas produtividades foram obtidas com 200 mb (Magalhães & Millar 1978, Maurer et al. 1969), 250 mb (Stansell & Smittle 1980), 350 mb (Diaz-Durán & Castillo 1983), 400 mb (Bascur & Fritsch 1975), 500 mb (Bernardo et al. 1970) e 600 mb (Forsythe & Legarda 1978, Mack & Varseveld 1982). Deve-se ter em conta que a demanda evaporativa do ambiente modifica a curva de tensão-rendimento. Assim, com o objetivo de verificar qual a tensão da água do solo que o feijoeiro pode suportar, sem queda da produtividade, e qual a profundidade adequada para medi-la, foram conduzidos três experimentos no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), em Goiânia, GO.

MATERIAL E MÉTODOS

O primeiro experimento foi instalado em 13.07.83, em um Latossolo Vermelho-Escuro⁵, que recebeu uma adubação básica de 300 kg/ha da fórmula 5-30-15. A curva de retenção de água do solo, representativa da camada de 0 cm - 40 cm, e a análise granulométrica podem ser vistas na Fig. 1 e Tabela 1, respectivamente. O experimento foi instalado sob um abrigo de chuva, onde cada parcela experimental (2,9 m x 4,5 m) é isolada da outra por chapas galvanizadas enterradas até a profundidade de 0,95 m.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 6, com três repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de seis níveis de irrigação (aplicada quando a tensão matricial da água

do solo atingia 125, 250, 375, 500, 625 e 750 mb), com duas profundidades de medição da tensão da água do solo (15 cm e 30 cm). A cultivar usada foi a CNF 010, no espaçamento de 0,50 m entre linhas, com doze sementes por metro.

Os tratamentos de irrigação começaram 20 dias após a semeadura. Até o seu início, foram feitas três irrigações em todo o experimento, totalizando 70 mm de água aplicada. Os tratamentos culturais pertinentes à cultura foram realizados sempre que necessários.

O segundo experimento foi instalado em 07.06.84, no mesmo local, com algumas modificações em relação ao primeiro. Foram aplicadas 2,5 t/ha de calcário e feita a adubação com 10 kg/ha de N, 70 kg/ha de P₂O₅ e 60 kg/ha de K₂O, nas formas de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. Adubou-se também com micronutrientes, na dose de 40 kg/ha de FTE BR-12. Vinte dias após a emergência foram aplicados, em cobertura, 20 kg/ha de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio. A densidade média de semeadura foi de quinze sementes por metro. Neste experimento, os tratamentos de irrigação começaram 30 dias após a semeadura. Até seu início, foram feitas seis irrigações, perfazendo o total de 157 mm de água aplicada.

O terceiro experimento foi instalado em 24.06.85, no mesmo local dos outros dois. A adubação é os demais tratamentos culturais foram iguais aos do segundo experimento, com exceção da calagem, que não foi feita. Os tratamentos de irrigação começaram 35 dias após a semeadura. Até seu início, foram feitas dez irrigações, totalizando 230 mm de água aplicada.

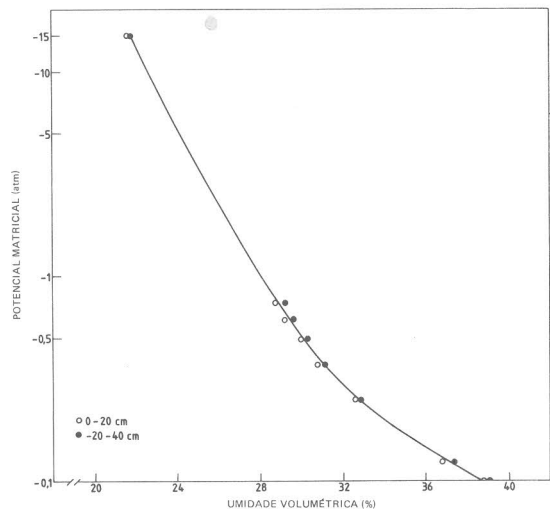


FIG. 1. Curva de retenção da água do solo, camada 0-40 cm.

⁵ A análise química apresentou o seguinte resultado: pH 5,3, P 1,1 ppm, K 61 ppm, Ca + Mg 1,7 mE/100 ml e Al 0,5 mE/100 ml.

TABELA 1. Resultados das análises de algumas características físicas do solo.

Profundidade (cm)	Análise granulométrica (%)			Classe textural	Densidade global (g . cm ⁻³)
	Argila	Silte	Areia		
0 - 20	46,5	20,2	33,3	Argila	1,15
20 - 40	41,2	25,0	33,8	Argila	1,20
40 - 60	51,3	18,9	29,8	Argila	1,13
60 - 80	44,9	25,3	29,8	Argila	1,15
80 - 100	53,0	18,4	28,6	Argila	1,15

Na irrigação dos experimentos utilizou-se uma mangueira com um hidrômetro adaptado na sua extremidade. Durante o período de aplicação dos tratamentos, era colocada água suficiente para reduzir a tensão da água do solo até o valor de 100 mb (capacidade de campo), sempre que esta atingisse o valor estabelecido para cada tratamento. Antes do início dos tratamentos, as irrigações foram feitas de maneira a manter a tensão da água do solo entre 100 mb e 200 mb. A tensão foi medida com tensiômetros dotados de manômetro de mercúrio ou de vacuômetros, instalados entre as linhas centrais das parcelas, nas profundidades estudadas. A irrigação foi suspensa uma semana antes da colheita.

Foram medidas a produção e seus componentes, e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados obtidos mostrou que não houve diferença significativa entre as duas profundidades (15 cm a 30 cm) de controle da tensão da água do solo, com relação à produção e aos seus componentes, nos três experimentos. Isto ocorreu, possivelmente, porque o solo da área experimental era bastante homogêneo na sua textura (Tabela 1) e na capacidade de retenção da água do solo (Fig. 1), na profundidade de 0 cm - 40 cm. Desta maneira, os valores preestabelecidos da tensão da água do solo foram atingidos quase ao mesmo tempo, nas duas profundidades de controle. Apesar disso, como as raízes dos feijoeiros irrigados concentram-se na camada superficial (0 cm - 20 cm) do solo (Caixeta et al. 1983), recomenda-se a profundidade de 15 cm para controle da tensão da água do solo.

A interação profundidade de controle "versus" tensão da água do solo também não foi significativa, nos três experimentos. Houve efeito significativo apenas dos tratamentos de tensão da água do solo. Por isso, os dados apresentados nas Fig. 2 a 6 são médias dos valores obtidos com as duas profundidades.

No primeiro experimento ocorreu um intenso ataque de lagarta - elasm (*Elasmopalpus lignosellus*) que reduziu a população inicial de plantas, principalmente nos tratamentos irrigados menos freqüentemente. Isto provocou um efeito significativo e negativo da tensão da água do solo na população final de plantas (Fig. 2). Nos outros dois experimentos, os tratamentos de irrigação foram iniciados mais tarde, para permitir o estabelecimento de uma população inicial de plantas adequada. Desta maneira, não houve efeito significativo da tensão da água do solo na população final de plantas.

O número de vagens por planta e o de grãos por vagem foram menores no primeiro experimento (Fig. 3 e 4). Isto provavelmente foi em virtude da calagem e da melhor adubação dos outros dois experimentos. Estes dois componentes da produção foram afetados significativamente pelos tratamentos de irrigação, em todos os experimentos, reduzindo seus valores à medida que a irrigação era feita a tensões mais elevadas da água do solo. Vários pesquisadores (Hostalácio & Valio 1984, Miranda & Belmar 1977, Weaver et al. 1984) têm observado redução no número de vagens por planta em feijoeiros submetidos à deficiência hídrica ou quando a irrigação é feita a valores elevados da tensão da água do solo. Nos

três experimentos, o número de grãos por vagem foi menos afetado pelos tratamentos de irrigação (menor coeficiente angular das retas de regressão) do que o número de vagens por planta. A redução do número de vagens por planta e do de grãos por vagem, em condições de deficiência hídrica, é em consequência do decréscimo na percentagem de vingamento de flores e ao abortamento de óvulos.

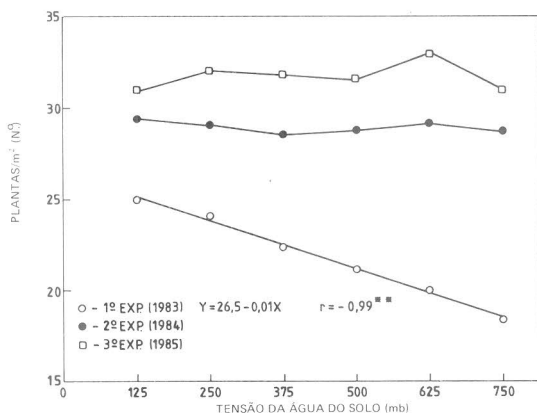


FIG. 2. População final de plantas em função da irrigação a diferentes tensões da água do solo.

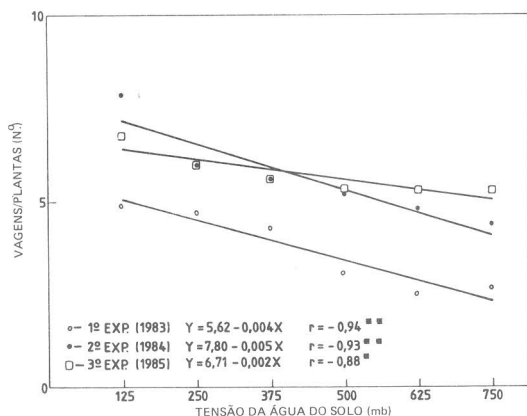


FIG. 3. Número de vagens por planta em função da irrigação a diferentes tensões da água do solo.

O peso de 100 grãos, ao contrário dos outros componentes da produção, foi maior no primeiro experimento (Fig. 5). Isto pode ter sido em consequência de um efeito de compensação. No feijoeiro, como em outras espécies vegetais, a redução

em um ou mais componentes da produção pode levar ao incremento de outros (Adams 1967).

O peso médio dos grãos só foi afetado significativamente pelos tratamentos de irrigação no primeiro experimento. Houve um decréscimo acentuado nesse componente da produção quando as irrigações foram feitas a tensões maiores do que 600 mb. Couto (1979) e Miranda & Belmar (1977) também observaram reduções no peso dos grãos de feijoeiros submetidos à deficiência hídrica. Nos outros dois experimentos houve uma tendência de o peso de 100 grãos ser maior no tratamento irrigado com a menor tensão da água do solo.

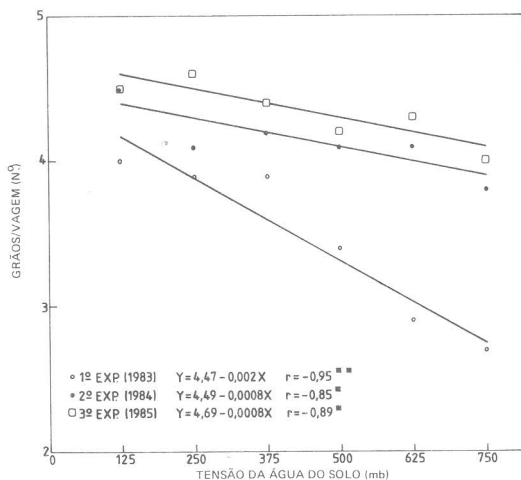


FIG. 4. Número de grãos por vagem em função da irrigação a diferentes tensões da água do solo.

As produções de grãos dos segundo e terceiro experimentos foram muito semelhantes. Assim, foi feita a análise conjunta dos dois experimentos com relação a este parâmetro. Em virtude da calagem e da melhor adubação destes experimentos, em relação ao primeiro, eles apresentaram maior produção de grãos (Fig. 6). As maiores populações de plantas verificadas nestes experimentos também contribuíram para as suas maiores produções.

Houve uma diferença entre o primeiro experimento e os outros dois, com relação à resposta da produção aos tratamentos de irrigação. No primei-

ro, a produção de grãos decresceu linearmente com o incremento da tensão da água do solo; nos outros dois, a resposta foi explicada por uma equação do 2º grau, em que o decréscimo da produção de grãos com o aumento da tensão da água do solo foi mais acentuado até a tensão de 500 mb. A partir deste valor, os incrementos de tensão praticamente não afetaram a produção. Considerando a produção relativa (Fig. 6), observa-se que, até a tensão de 500 mb, o decréscimo da produção com o incremento da tensão da água do solo foi mais acentuado nos segundo e terceiro experimentos do que no primeiro. Ocorreu uma redução de 20% na produção potencial, com as irrigações feitas à tensão de 300 mb, no caso do primeiro experimento, e de 250 mb, no caso dos outros dois.

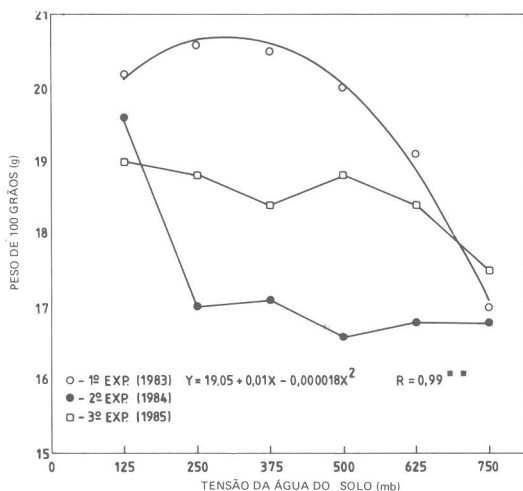


FIG. 5. Peso de 100 grãos em função da irrigação a diferentes tensões da água do solo.

Estas respostas diferenciadas podem ser explicadas pela demanda evaporativa da atmosfera durante o período de aplicação dos tratamentos de irrigação. Neste período, no primeiro experimento, choveu durante nove dias. Conseqüentemente, o abrigo de chuva permaneceu todos estes dias sobre as plantas do feijoeiro. No segundo, choveu apenas durante dois dias e, no terceiro, não choveu durante este período. Desta maneira, pôde-se estabelecer que, nos dois últimos experimentos, a demanda evaporativa da atmosfera foi maior.

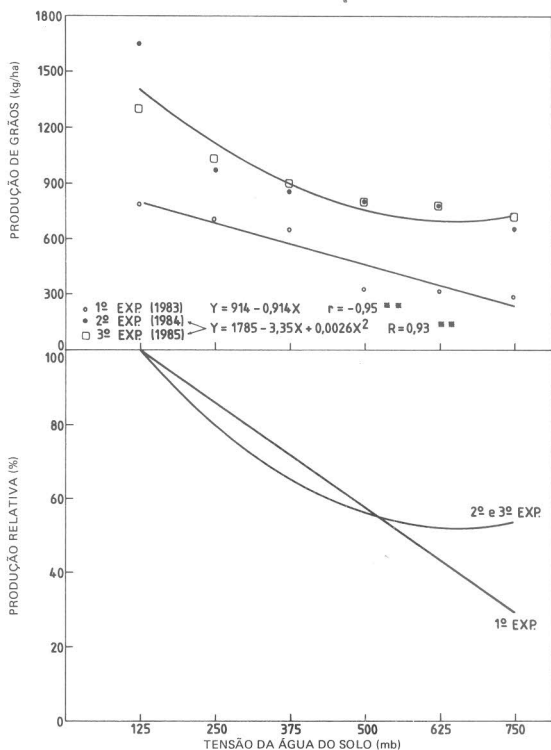


FIG. 6. Produção de grãos e produção relativa em função da irrigação a diferentes tensões da água do solo.

Já foi demonstrado que esta demanda modifica a curva de tensão “versus” rendimento (Bierhuizen & Vos 1958, citado por Forsythe & Legarda 1978). Quanto maior a demanda, menor será a tensão da água do solo que a planta pode suportar, sem detrimento da sua produção. Por isso, nos dois últimos experimentos foi maior a redução na produção de grãos com o incremento da tensão da água do solo, até o valor de 500 mb. A partir desta tensão, praticamente não houve redução. Como a diferença na quantidade de água retida no solo, entre as tensões de 500 mb e 750 mb é pequena (Fig. 1), com a demanda evaporativa elevada estas tensões foram atingidas com pouca diferença de tempo. Assim, o turno de rega médio (Tabela 2) foi praticamente o mesmo para os três últimos tratamentos de tensão da água do solo (500, 625 e 750 mb), explicando-lhes as produções semelhantes.

Outra evidência da maior demanda evaporativa da atmosfera, verificada nos dois últimos experimentos, é mostrada na Tabela 2. Observa-se que

nestes experimentos o turno de rega médio foi menor do que nos tratamentos correspondentes do primeiro experimento. Deve-se considerar, entretanto, que a maior população de plantas pode ter contribuído, também, para o maior consumo de água observado nestes experimentos. Mack & Varseveld (1982) verificaram que o esgotamento da água do solo foi mais rápido para feijoeiros plantados em alta densidade (40-57 plantas/m²) do que para os plantados em baixa densidade (20-33 plantas/m²).

A relação entre a produção relativa e a tensão da água do solo permite definir o nível operacional a que se pode adequar a irrigação para se obter o rendimento máximo operacional, que muitas vezes é menor do que a produtividade potencial. De acordo com os dados apresentados na Fig. 6, veri-

fica-se que a produtividade máxima do feijoeiro ocorreu quando as irrigações foram feitas à tensão de 125 mb. Isto correspondeu a irrigar com intervalos médios de seis dias, no caso do primeiro experimento, e de três dias, no caso dos outros dois (Tabela 2). Admitindo-se uma redução de 20% nesta produtividade (irrigar quando a tensão atingisse 300 mb, no caso do primeiro experimento, e 250 mb no caso dos outros dois), estes intervalos aumentariam para aproximadamente doze e seis dias, respectivamente, para o primeiro e para os outros dois experimentos. Isto reduziria os custos de operação do sistema de irrigação. Observa-se, assim, que, em anos de alta demanda evaporativa da atmosfera, o feijoeiro deve ser irrigado mais freqüentemente. Em anos de menor demanda o turno de rega pode ser maior.

TABELA 2. Número de irrigações, turno de rega e quantidade de água aplicada nos três experimentos, durante o período de aplicação dos tratamentos.

Tensão da água do solo (mb)	Número de irrigações			Turno de rega médio (dia)			Água aplicada (mm)		
	1º Exp.	2º Exp.	3º Exp.	1º Exp.	2º Exp.	3º Exp.	1º Exp.	2º Exp.	3º Exp.
125	9	16	12	6	3	3	288	422	272
250	5	8	7	11	6	5	188	333	234
375	4	6	5	14	8	7	182	255	192
500	3	5	4	19	10	9	139	228	184
625	2	4	4	28	12	9	144	211	184
750	2	4	4	28	12	9	144	205	184

CONCLUSÕES

1. Em solos com um perfil homogêneo quanto à textura e à capacidade de retenção de água, não houve diferença, com relação à produtividade do feijoeiro, em controlar a tensão da água do solo a 15 cm ou a 30 cm de profundidade.

2. Uma vez estabelecida uma população inicial de plantas, a população final não foi afetada pela tensão da água do solo.

3. O número de vagens por planta e o de grãos por vagem, por sua vez, decresceram à medida que as irrigações foram feitas a tensões crescentes da água do solo.

4. A produção de grãos também decresceu com o incremento da tensão da água do solo. A intensidade deste decréscimo dependeu da demanda evaporativa do ambiente.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, M.W. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, *Phaseolus vulgaris*. *Crop Sci.*, 7:505-10, 1967.
- BASCUR, B.G. & FRITSCH, F.N. Efectos de metodos y frecuencias de riego sobre componentes de rendimiento em frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agric. Tec.*, Santiago, 35(3):147-52, 1975.

- BERNARDO, S.; GALVÃO, J.D.; GUERINI, H.; CARVALHO, J.B. de. Efeito de níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). *Seiva*, 30(71):7-13, 1970.
- CAIXETA, T.J.; PURCINO, J.R.C.; SILVA, L. Irrigação de algumas culturas. *Inf. agropec.*, 9(100):65-76, 1983.
- DÍAZ-DURÁN, A. & CASTILLO, J. Cuándo conviene regar el frijol. *Hojas Frijol Am. Lat.*, 5(1):1-2, 1983.
- FORSYTHE, W.M. & LEGARDA, B.L. Soil water and aeration and red bean production. 1. Mean maximum soil moisture suction. *Turrialba*, 28(1):81-6, 1978.
- HOSTALÁCIO, S. & VÁLIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. *Pesq. agropec. bras.*, 19(2):211-8, 1984.
- MACK, H.J. & VARSEVELD, G.H. Response of bush snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to irrigation and plant density. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 107(2):286-90, 1982.
- MAGALHÃES, A.A. de & MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. *Pesq. agropec. bras.*, 13(2):55-60, 1978.
- MAURER, A.R.; ORMROD, D.P.; SCOTT, N.J. Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap beans. *Can. J. Plant Sci.*, 49(3):271-8, 1969.
- MIRANDA, N.O. & BELMAR, N.C. Déficit hídrico y frecuencia de riego en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agric. Tecn.*, Santiago, 37(3):111-7, 1977.
- SMITTLE, D.A. Response of snap bean to irrigation, nitrogen fertilization, and plant population. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 101(1):37-40, 1976.
- STANSELL, J.R. & SMITTLE, D.A. Effects of irrigation regimes on yield and water use of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 105(6):869-73, 1980.
- WEAVER, M.L.; NG, H.; BURKE, D.W.; SILBERNAGEL, M.J.; FOSTER, K.; TIMM, H. Effect of soil moisture tension on pod retention and yield of beans. *Hort Science*, 19(4):567-9, 1984.