

FREQÜÊNCIA DE IRRIGAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO FEIJÃO KIDNEY¹

MORETHSON RESENDE², DELBERT W. HENDERSON e ELIAS FERERES³

RESUMO - Foi estudado o efeito da alta freqüência de irrigação no estado hídrico das plantas, crescimento das folhas, acumulação de matéria seca, resistência foliar, taxa de fotossíntese e produção do feijão kidney, em condições de campo, usando-se irrigação por aspersão com "line-source", em um solo "Yolo", em Davis, Califórnia, em 1977 e 1978. Visando diferentes graus de estresse de água na planta, em cada freqüência, o total de água aplicada variou nos diferentes tratamentos como percentagem da evapotranspiração (ET). A resistência foliar e a taxa de fotossíntese não foram afetadas pela freqüência de irrigação e nem pelo grau de estresse. Por outro lado, a área de fotossíntese, a matéria seca total e a produção foram reduzidas aproximadamente nas mesmas proporções de redução da ET, independentemente da freqüência de irrigação. O uso da alta freqüência de irrigação não apresentou nenhuma vantagem quando comparado com a irrigação normal.

Termos para indexação: feijão, *Phaseolus*, alta freqüência de irrigação, desenvolvimento da cultura, estresse de água.

IRRIGATION FREQUENCY, CROP DEVELOPMENT AND YIELD OF KIDNEY BEAN

ABSTRACT - The effects of high frequency deficit irrigation on plant water status, leaf growth, dry matter accumulation, leaf resistance, photosynthesis rate and yield of Dark-Red Kidney bean were studied by using line-source sprinkler irrigation on a "Yolo" soil at Davis, California, in 1977 and 1978. Aiming at different degrees of plant water stress at each frequency, the amount of water applied in the different treatments as a percentage of evapotranspiration varied. Leaf resistance and photosynthetic rate were not affected by irrigation regimes nor by the degree of stress. On the other hand, source size, total dry matter and yield were reduced about the same proportion as the reduction on ET, independently of the irrigation frequency. No advantage was found by using high frequency irrigation as compared with normal.

Index terms: beans, *Phaseolus*, high frequency irrigation, crop development, water stress.

INTRODUÇÃO

Quase todos os processos que ocorrem na planta são afetados pela água, não existindo uma relação simples entre o estresse de água e as várias funções fisiológicas da planta.

As plantas diferem na habilidade de resistir a um período de estresse, antes que a assimilação de CO₂ seja seriamente reduzida, bem como de recuperar suas atividades após o período de estresse de água. A maior produção de matéria seca seria obtida se os estômatos permanecessem abertos durante todo o dia, especialmente ao meio-dia, quando o potencial energético para fotossíntese é maior. Mas esta condição pode causar um uso ineficiente de água, já que um déficit hídrico, em período não crítico do ciclo da cultura, reduz a transpiração en-

quanto causa pequeno efeito na produção.

A maioria das pesquisas, no passado, tem sido baseada no uso do solo como reservatório de água com reposição periódica (vários dias ou semanas), e as irrigações feitas quando o potencial matricial do solo (Ψ_m) for tal que a água possa ser suprida à planta em quantidades suficientes para satisfazer a demanda de evaporação atmosférica, sem causar um nível de estresse de água capaz de reduzir a produção. Irrigações muito freqüentes não têm sido recomendadas pela maioria dos pesquisadores por aumentar os custos de operação e perdas de água por evaporação. Dependendo da cobertura vegetal e das condições de umidade da superfície do solo, as perdas por evaporação podem atingir 50% da evapotranspiração (ET) (Fisher & Turner 1978). Estudos recentes (Jensen & Eire 1971, Rawlins 1973, Phene 1974, Rawlins & Raats 1975, Phene & Sanders 1976, Phene & Beale 1976, Miller & Aarstad 1976, Miller 1977) indicaram que é possível manter a mesma produção a um nível de ET menor que seu valor máximo, quando se usam irrigações com alta freqüência, e citaram como vanta-

¹ Aceito para publicação em 5 de outubro de 1980.

² Eng.^o Agr.^o, Ph.D., Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) - EMBRAPA, Caixa Postal 70/0023, CEP 73.300 - Planaltina, DF.

³ Professores, Ph.D., LAWR, University of California Davis, Davis, CA. 95616. USA.

gens: manutenção de Ψ_m relativamente constante, melhor controle da percolação profunda, menor lixiviação de nutrientes e maior controle da salinidade.

Diversos processos fisiológicos bem como de desenvolvimento da cultura de feijão "Dark Red Kidney" (*Phaseolus vulgaris* L.) foram estudados visando esclarecer alguns aspectos de como as plantas se adaptam a curtos e longos períodos de extração de água entre duas irrigações consecutivas com diferentes graus de estresse de água. Medições de percentagem de cobertura vegetal, de índice de área foliar, de matéria seca das folhas e de matéria seca total foram feitas durante o ciclo da cultura. Outros fatores que receberam especial atenção foram: potencial de água na folha, resistência foliar, taxa de fotossíntese e produção de sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos de junho a outubro, em 1977 e 1978, na área experimental da "University of California Davis", num solo "Yolo Clay Loam", profundo, com textura uniforme até 1,5 m de profundidade.

Os plantios foram feitos em 23.6.77 e 30.6.78 usando 10 e 15 plantas/m respectivamente, em fileiras espaçadas de 76 cm. Duas séries de experimentos foram conduzidas, uma irrigada com frequência normal (NF), ou seja, a cada sete ou doze dias de intervalo, em 1977 e 1978, respectivamente; e a outra com irrigações de alta frequência (HF), irrigada em dias alternados. Para proporcionar diferentes graus de estresse hídrico nas plantas usou-se o sistema de irrigação por aspersão com "line source". Este sistema consiste no uso de uma só linha de aspersão. Os tratamentos são fixos ao longo desta linha de modo que a lâmina de água aplicada diminui com a distância da linha de irrigação (Hanks et al. 1976).

Os tratamentos foram baseados primeiramente na frequência de irrigação (NF e HF). Em cada frequência, duas fileiras de plantas em cinco diferentes distâncias da linha de irrigação foram selecionadas para obter diferentes graus de estresse, denominados de parcelas A, B, C, D e E. As plantas das parcelas NF-A e HF-A não sofreram estresse de água (mais próximas da linha de irrigação). Os graus de estresse correspondentes às demais parcelas e, expressos como percentagem da ET máxima, são apresentados na Tabela 1.

Os experimentos foram iniciados com o solo o mais seco possível para minimizar as perdas por percolação profunda. O controle da extração de água no perfil foi feito usando-se uma sonda de nêutrons (Troxler Electronic Laboratories Inc.).

A lâmina de água aplicada para repor a ET na parcela HF-A foi baseada nos dados de ET de um lisímetro hídrico, plantado com feijão, e de E de um tanque Classe A. Nos tratamentos de alta frequência, a reposição da ET no tratamento HF-A foi corrigida no sentido de compensar a maior perda por evaporação, já que a irrigação em dias alternados manteria a superfície do solo mais úmida, o que aumentaria a evaporação até o ponto em que a cultura atingisse 100% de cobertura do solo. Foi instalado um coletor de água em cada parcela para coleta da precipitação dos aspersores. Foi adicionado querosene nos coletores para reduzir os efeitos de evaporação da água coletada.

A ET final de cada parcela foi calculada pelo balanço hídrico enquanto para as medidas do potencial de água na folha usou-se a bomba de pressão (modelo 3005, Soil Moisture Equipment Corporation). As determinações de resistência à difusão de CO_2 na folha foram feitas com porômetro (Lambda Institute Corporation). Estas medidas foram realizadas várias vezes durante o ciclo da cultura.

A taxa de fotossíntese foi medida usando-se o método de Sullivan et al. (1976), e utilizando-se um analisador de CO_2 (Horiba Instruments Inc. modelo UIA 500). Usaram-se 317 ppm de CO_2 como gás de calibração e 343

TABELA 1. Percentagem de água usada (em relação à ET máxima), de feijão Kidney, sob duas frequências de irrigação e em dois períodos de cultivo correspondentes aos diversos tratamentos.

Frequência normal			Frequência normal		
Tratamento	Água usada (%)		Tratamento	Água usada (%)	
	1977	1978		1977	1978
NF-A	100	100	HF-A	100	100
NF-B	84	81	HF-B	83	80
NF-C	88	74	HF-C	82	74
NF-D	70	62	HF-D	63	64
NF-E	62	52	HF-E	56	53

ppm de gás carregador com vazão de 1,5 l/min. (Clegg et al. 1978).

Determinações da percentagem de cobertura vegetal, de índice de área foliar e de matéria seca das folhas foram feitas diversas vezes durante o ciclo da cultura.

Para melhor representar a produção final, foram colhidos 20 m das duas fileiras de cada parcela, e o índice de colheita (matéria seca total/matéria seca das sementes) foi calculado, visando observar o efeito dos tratamentos na partição de fotoassimilados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à irrigação acumulada bem como época de irrigação são apresentados na Fig. 1, mostrando que os tratamentos de alta frequência (HF-A e HF-E) receberam mais água do que os normalmente irrigados (NF-A e NF-E). Os dados da Tabela 2, mostrando os componentes do balanço hídrico ($ET = IR + SW + ET_1$), indicam que a ET nos tratamentos de alta frequência foi maior do que nos de frequência normal, sendo esta diferença atribuída à maior evaporação da água da superfície do solo, uma vez que o solo, sob irrigações freqüentes, permaneceu molhado por mais tempo. Este fato é citado também por Fereres et al. (1978). Deve-se salientar que, de acordo com estes dados, um total de 5,3 cm de água foi aplicado ao

tratamento NF-E, em sete irrigações, no cultivo de 1978. Isto representa uma média de 0,76 cm de lâmina d'água por irrigação, o que é suficiente, pelo menos, para um dia de máxima ET. Por outro lado, o tratamento HF-E recebeu 7,5 cm de água, aplicados em 29 irrigações. Esta quantidade representa 0,26 cm por irrigação, e equivale, praticamente, à quantidade que evaporou da superfície do solo antes de infiltrar na terra e ser absorvida pelo sistema radicular.

A Fig. 2 representa uma avaliação diurna do potencial de água na folha (Ψ) indicando que os tratamentos NF-E e HF-E apresentam um (Ψ) mais baixo do que NF-A e HF-A, o que leva à conclusão de que (Ψ) foi afetado pelo grau de estresse de água independente da frequência de irrigação. Por outro lado, os resultados de resistência à difusão de CO_2 na folha (Fig. 3), embora com alta variabilidade, indicam que a taxa fotossintética não foi afetada pelo grau de estresse nem pelo regime de irrigação, o que posteriormente foi confirmado pelos dados da taxa de fotossíntese (Fig. 4), principalmente em torno das 14 h, quando ocorre uma maior intensidade de radiação, e conseqüentemente maior ET, o que poderia causar um fechamento dos estômatos.

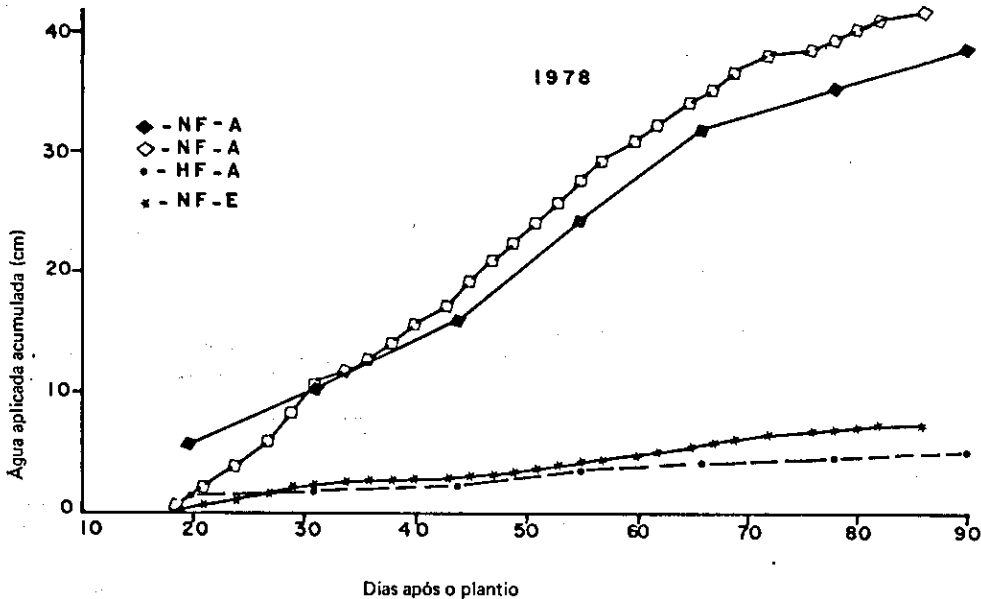


FIG. 1. Época das irrigações e valor acumulado da água aplicada durante o período de 1978.

TABELA 2. ET total e componentes do balanço hídrico em 1977 e 1978, para a cultura do feijão Kidney.

Tratamento	IR* (cm)	Δ SW** (cm)	ET*** (cm)	Total ET (cm)
1977				
NF-A	34,9	1,5	13,5	49,9
NF-B	30,0	-0,5	13,5	43,0
NF-C	20,5	12,4	13,5	46,4
NF-D	12,6	11,6	13,5	37,7
NF-E	5,8	12,6	13,5	31,9
HF-A	41,7	-0,5	13,5	50,2
HF-B	35,6	-3,3	13,5	45,8
HF-C	24,8	5,7	13,5	44,0
HF-D	14,8	3,5	13,5	31,8
HF-E	7,5	7,2	13,5	28,2
1978				
NF-A	38,8	7,4	9,4	55,6
NF-B	23,1	12,6	9,6	45,1
NF-C	16,3	15,7	9,4	41,4
NF-D	12,4	12,6	9,4	34,4
NF-E	5,3	14,4	9,4	29,1
HF-A	41,8	8,6	9,4	59,8
HF-B	28,3	9,7	9,4	47,4
HF-C	20,5	13,7	9,4	43,6
HF-D	14,9	13,3	9,4	37,6
HF-E	7,5	14,6	9,4	31,5

* Irrigação e precipitação

** Variação do armazenamento de água no solo

*** ET medida no lisímetro em 1977 ou calculada em 1978 desde o plantio até a época em que o tratamento diferencial começou.

O alongamento foliar (Fig. 5) que é afetado pelo grau de estresse parece ser o fator responsável pelas diferenças de percentagem da cobertura vegetal (Fig. 6), afetando assim a área fotossintética independentemente do regime de irrigação. Com base, no princípio de que a acumulação de matéria seca é dependente da atividade fotossintética e da área fotossintética, poderia se concluir que a acumulação de matéria seca foi afetada pelo grau de estresse (Fig. 7) por causa da redução de área foliar independente da frequência de irrigação, uma vez que a taxa fotossintética não foi afetada por nenhum tratamento.

Embora a matéria seca total tenha sido reduzida, aproximadamente, à metade, nos tratamentos mais secos, verificou-se, de acordo com os dados da Tabela 3, que a partição de fotoassimilados não foi afetada por nenhum tratamento já que estes apresentaram aproximadamente o mesmo índice de colheita.

As linhas da Fig. 8, estatisticamente diferentes ao nível de 1%, mostram que tanto o grau de estresse como a frequência de irrigação afetaram a produção de sementes quando se relaciona unidade de produção à unidade de água evapotranspirada, sendo que a produção, para um mesmo nível de ET, foi maior nos tratamentos NF do que nos HF. A diferença na ET para um mesmo valor de produção entre as duas frequências foi atribuída à diferença de evaporação até o ponto em que a cultura atingiu 100% de cobertura vegetal.

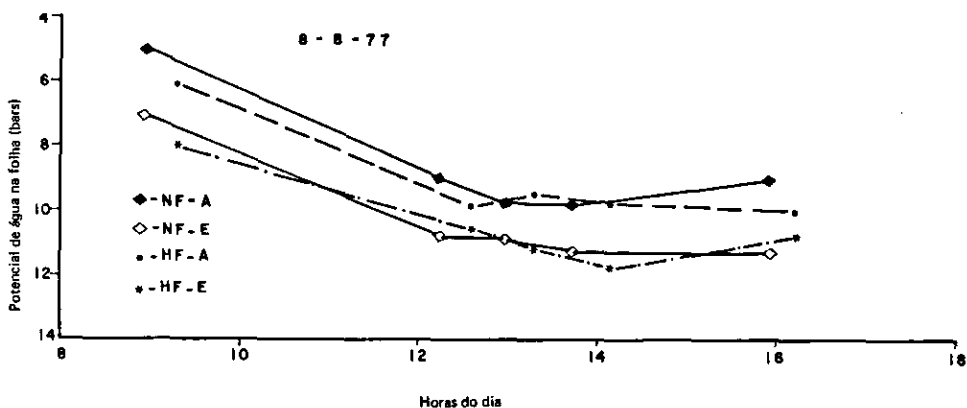


FIG. 2. Variações diurnas do potencial de água na folha, um dia antes das irrigações, durante o período de 1977.

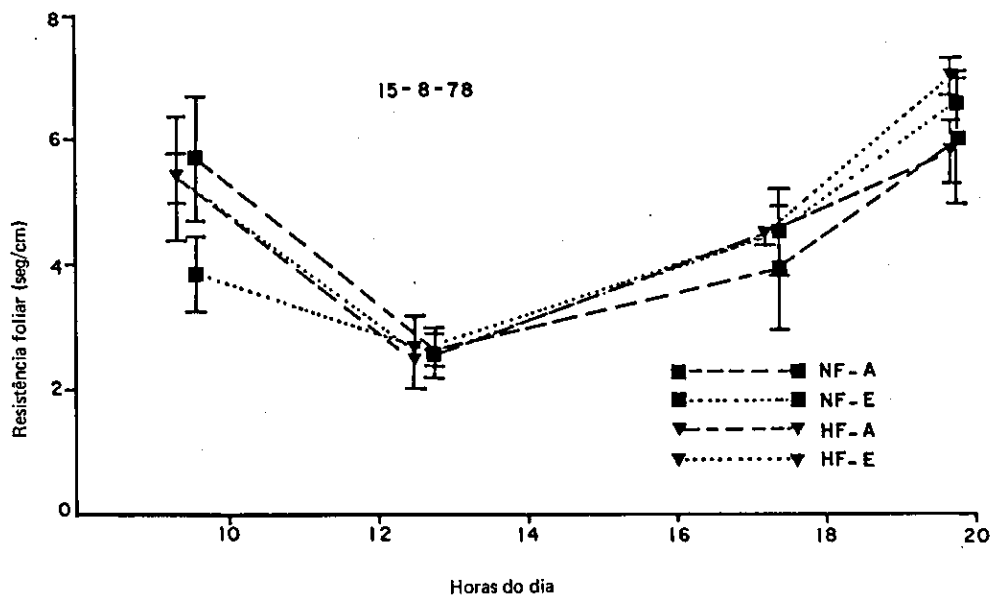


FIG. 3. Resistência difusiva na folha, três dias após a irrigação, nos tratamentos NF-A e NF-E, e um dia após a irrigação, nos tratamentos HF-A e HF-E.

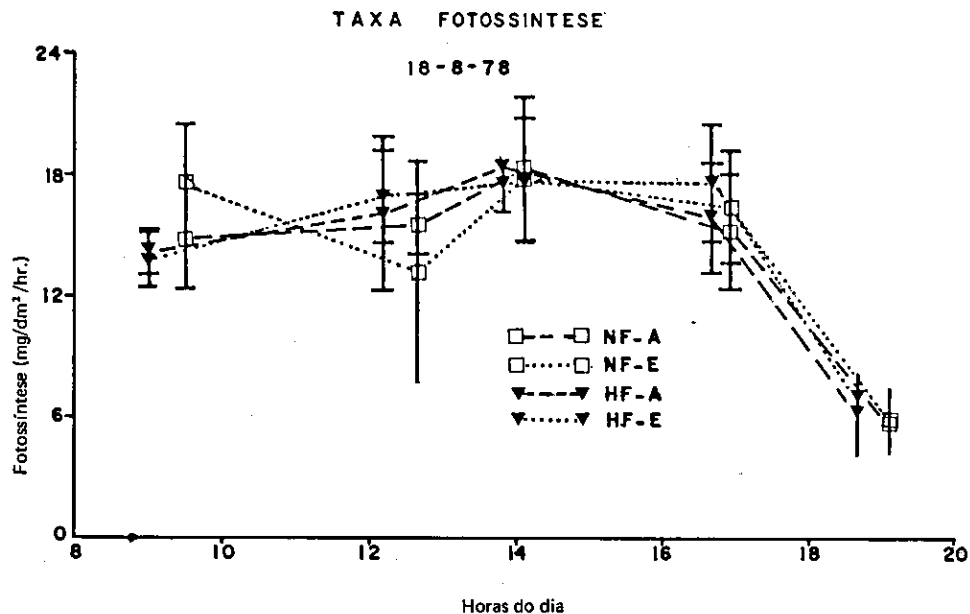


FIG. 4. Taxa fotossintética (mg CO₂/dm²/hr) 49 dias após o plantio.

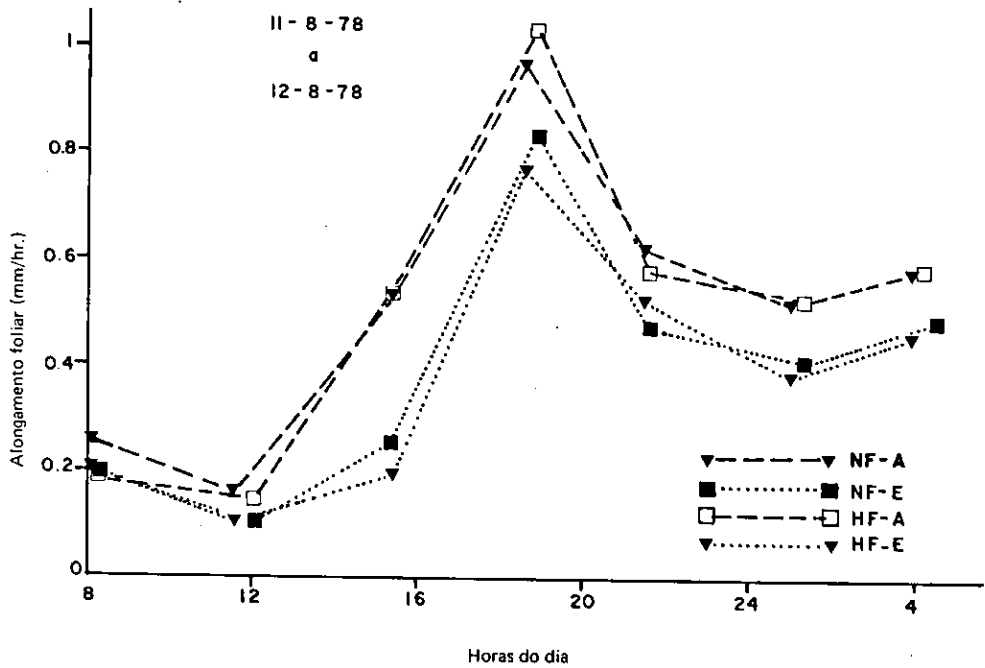


FIG. 5. Efeitos do regime de irrigação e grau de estresse de água na planta no alongamento foliar, 42 dias após o plantio.

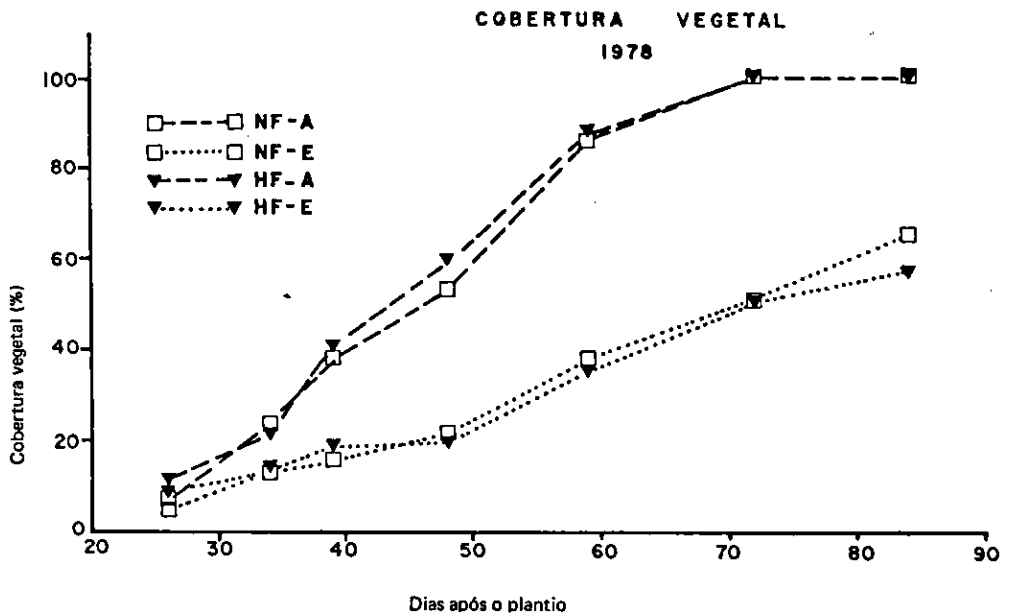


FIG. 6. Percentagem de cobertura vegetal durante a estação de crescimento (1978), em relação ao regime de irrigação e grau de estresse de água na planta.

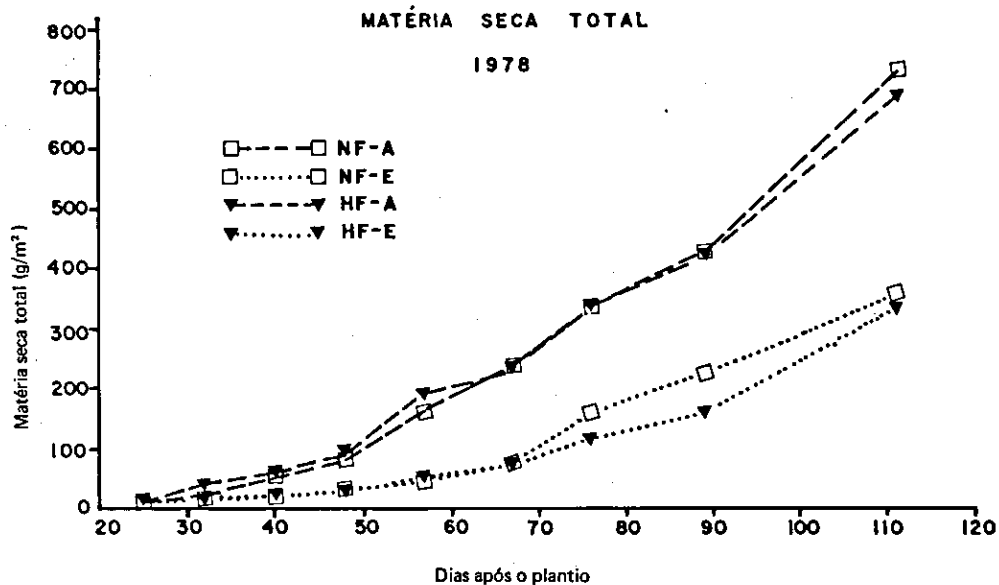


FIG. 7. Efeito dos diversos tratamentos na matéria seca total acumulado durante a estação de crescimento (1978).

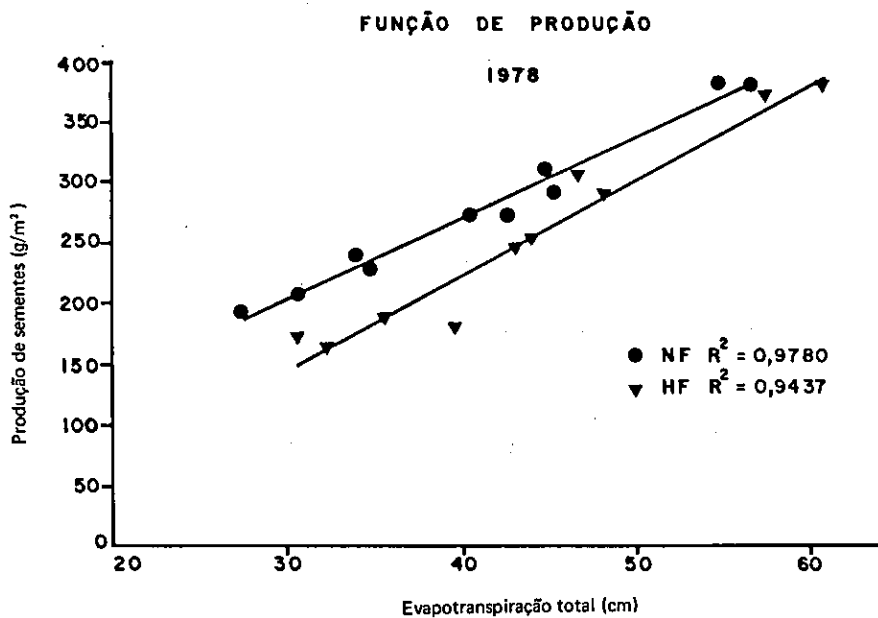


FIG. 8. Efeito da redução da evapotranspiração total na produção de sementes.

TABELA 3. Índice de colheita (IC) em 1978 (não incluído o Sistema Radicular) para cultura do feijão Kidney.

Tratamento	IC	Tratamento	IC
NF-A	0,44	HF-A	0,46
NF-B	0,44	HF-B	0,43
NF-C	0,46	HF-C	0,44
NF-D	0,43	HF-D	0,45
NF-E	0,45	HF-E	0,45

CONCLUSÕES

Se se afirmar que, para um mesmo nível de produção, a diferença em ET foi provocada por uma maior evaporação da água na superfície do solo, observa-se que na parte superior da Fig. 8, os tratamentos HF apresentam uma ET maior do que os NF, em torno de 4 cm de lâmina de água, e, para os tratamentos mais secos (parte inferior), 7,5 cm de lâmina. Estes valores representam, aproximadamente, de 7 a 21% da ET total perdida por evaporação, que, economizada, poderia ter contribuído para a produção de sementes se estivesse à disposição das plantas que sofreram estresse na transpiração. Isto vem indicar que os tratamentos mais secos HF, tiveram menor transpiração, embora tenham recebido mais água de irrigação do que os NF.

De acordo com os resultados do presente trabalho, os tratamentos HF mais secos tiveram efeitos adversos em relação aos HF, quando julgados com base na ET total e não benéfico.

Nenhuma medição feita nas plantas sugeriu algum processo de adaptação ou resposta fisiológica com relação ao efeito da frequência de irrigação, para um mesmo nível de estresse de água na planta.

Nos dois anos de experimento, nenhuma vantagem foi encontrada pelo uso de altas frequências de irrigação em todos os níveis de estresse, quando comparado com frequência normal.

Como conclusão geral pode-se afirmar que a transpiração, durante o ciclo da cultura, é o fator importante na determinação da produção de feijão (Kidney), em condições de estresse de água na planta, e que a frequência de irrigação não apresenta efeitos, exceto o aumento da evaporação nos tratamentos de alta frequência.

REFERÊNCIAS

- CLEGG, M.D.; SULLIVAN, C.Y. & EASTIN, J.D. A sensitive technique for the rapid measurement of carbon dioxide concentrations. *Plant Physiol.*, 62:924-6, 1978.
- FERERES, E.; AMRY, R.; FACI, J.; KAMGAR, A.; HENDERSON, D.W. & RESENDE, M. A closer look at deficit high-frequency irrigation. *Calif. Agric.*, 32: 4-5, 1978.
- FISHER, R.A. & TURNER, N.C. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 29:277-317, 1978.
- HANKS, R.J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V.P. & WILSON, G.D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.*; 40:426-9, 1976.
- JENSEN, M.E. & EIRE, L.J. Irrigation and water management. In: ———, *Advances in sugarbeet Production*. Ames, Iowa State University Press, 1971. p.190-222.
- MILLER, D.E. Deficit high-frequency irrigation of sugarbeet, wheat and beans. *Amer. Soc. Agric. Engr. Proc.* 1977.
- MILLER, D.E. & AARSTAD, J.A. Yield and sugar content of sugarbeet as affected by deficit high-frequency irrigation. *Agron. J.*, 68:231-4, 1976.
- PHENE, C.J. High frequency porous tube irrigation for water-nutrient management in humid regions. In: *INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS*, San Diego. Proceedings... San Diego, California, 1974. p.166-71.
- PHENE, C.J. & BEALE, O.W. High-frequency irrigation for water-nutrient management in humid regions. *Soil Sci. Soc. of Amer. J.*, 40:430-6, 1976.
- PHENE, C.J. & SANDERS, D.C. High-frequency trickle irrigation and row spacing effects on yields and quality of potatoes. *Agron. J.*, 68:602-7, 1976.
- RAWLINS, S.L. Principles of managing high-frequency irrigation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 37:626-9, 1973.
- RAWLINS, S.L. & RAATS, R.A. Prospects for high-frequency irrigation. *Science*, 188:604-10, 1975.
- SULLIVAN, C.Y.; CLEGG, M.D. & BENNET, J.M. A new portable method for measuring photosynthesis. *Agron. Abst.*, 77, 1976.