

RESPOSTA DE DOZE CULTIVARES DE SOJA AO DÉFICIT HÍDRICO NUM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DE CERRADOS DO DISTRITO FEDERAL

II - EVAPOTRANSPIRAÇÃO E EXTRAÇÃO DE ÁGUA¹

WALDO ESPINOZA²

RESUMO - Foi conduzido um estudo, sob condições de campo, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC/EMBRAPA), Planaltina, DF, visando determinar as necessidades de água de algumas cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) bem como observar o comportamento de doze cultivares ou linhagens quanto a sua evapotranspiração e capacidade de extração de água, em dois períodos de déficit hídrico, durante a época seca de 1979 e 1980. As cultivares Doko e Cristalina, quando irrigadas, mostram valores de evapotranspiração acumulada no período vegetativo de 650 e 604 mm, respectivamente. Os coeficientes k_c da cultura variaram desde 0,3 no início do desenvolvimento, a 1,0 no máximo desenvolvimento vegetativo e 0,45 no período de maturação fisiológica. Sob condições de déficit hídrico, não foi possível separar as cultivares com relação à capacidade de extração de água. A maior parte das cultivares mostraram, sob déficit hídrico, diminuição drástica da extração de água, 14-17 dias após a última irrigação. Em geral, 80% da água extraída pelas cultivares foi obtida dos primeiros 80 cm, o que explica a maior resistência da soja ao déficit hídrico em comparação ao milho ou arroz. A diminuição da extração de água da cultura parece estar associada aos reduzidos potenciais matriciais observados nas primeiras camadas do solo. Considerando-se que a maior parte da massa radicular (75-85%) se encontra nos primeiros 20 cm de solo, conclui-se que as raízes mais jovens, que, em pequena quantidade, se encontram abaixo dos 40 cm de profundidade, têm uma elevada eficiência de extração de água.

Termos para indexação: desenvolvimento radicular.

RESPONSE OF TWELVE SOYBEAN CULTIVARS TO WATER DEFICIT IN A CERRADOS DARK-RED LATOSOL OF THE FEDERAL DISTRICT. II - EVAPOTRANSPIRATION AND WATER EXTRACTION

ABSTRACT - A field study was conducted during the dry season of 1979 and 1980 at the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC/EMBRAPA) Planaltina, DF, Brazil to determine water use and to observe the capability of twelve soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars to extract soil water when subjected to water stress. 'Doko' and 'Cristalina' cultivars when irrigated permanently showed values of total accumulated evapotranspiration of 650 e 604 mm respectively. Crop coefficient k_c ranged from 0.3 at initial development stages to 1.0 at full vegetative stage and 0.45 at physiological maturity stage. Under water stress conditions it was not possible to separate cultivars in relation to its soil water extraction capability. Most of the cultivars showed a drastic reduction in water extraction 14-17 days after last irrigation. In general, 80% of soil water extracted was obtained from the upper 80 cm of soil profile, which helps to explain why soybean crops are more resistant to water stress than corn or rice crops. Reductions in water extraction seems to be associated to low soil water potential observed in the upper soil layers. Considering that most of the soybean roots (75-85%) were found in the upper 20 cm of the soil profile, it is concluded that younger roots found in small amount below the soil 40 cm have a high soil water extraction efficiency.

Index terms: root development.

INTRODUÇÃO

A soja tem-se transformado desde 1973 numa das culturas mais importantes no Brasil Central. Segundo Vilela et al. (1978), "a região dos Cerrados, por uma série de características (precipitação pluviométrica, temperatura, luminosidade e topografia) e por uma relativa proximidade de grandes

centros consumidores, se constitui numa opção privilegiada para a expansão daquela cultura". Queiroz et al. (1979) têm indicado que as exigências hídricas constituem um fator a ser considerado na adaptação da soja a uma dada região. A época de semeadura da soja recomendada para uma determinada região, além do fotoperíodo e temperatura, depende das disponibilidades hídricas durante o ciclo da planta. Dado o caráter aleatório da precipitação pluviométrica, muitas regiões apresentam veranicos ocasionais. Estes podem afetar a produção na medida em que atingem a cultura em

¹ Aceito para publicação em 16 de março de 1982.

² Eng^o Agr^o, Ph.D., Dept^o Diretrizes e Métodos (DDM)-EMBRAPA, Ed. Venâncio 2.000, 9º andar, sala 913, CEP 70333, Brasília, DF.

períodos críticos, causando flutuações na produção de soja. Flutuações mais severas, como a que ocorreu na safra de 1977/78, têm sido observadas, entretanto, a sua frequência pode ser considerada baixa.

Diversos autores como Shibles et al. (1975), Doss & Thurlow (1974), Doss et al. (1974), Sojka et al. (1977) têm observado que os rendimentos da soja no sudeste dos Estados Unidos têm variado consideravelmente de ano para ano. Eles atribuem este fato à falta de água em determinados períodos críticos do crescimento. Doss et al. (1974) indicam que a fase de enchimento de grãos seria o período mais crítico. Eles têm achado que a soja responde à irrigação e que as melhores respostas foram obtidas quando a irrigação foi efetuada no fim da floração. Estas pesquisas têm sido confirmadas no Brasil por Berlato & Bergamaschi (1979). Queiroz et al. (1979) atribuíram uma redução em rendimento de 3.132 kg/ha para 1.526 kg/ha na cultivar Paraná após uma estiagem que coincidiu com o período de enchimento de grãos.

Espinoza (1982), trabalhando com cultivares em Planaltina, DF, nas épocas secas de 1979 e 1980, achou que a média dos rendimentos submetidos a 27 e 36 dias sem irrigação, após o início da floração, foi, respectivamente, 77 e 44%, do rendimento obtido com as doze cultivares irrigadas.

Na região dos Cerrados, foram sugeridas diversas alternativas para reduzir os efeitos da seca (Espinoza 1980), sob condições de campo, durante a época chuvosa. Entre as que mais se sobressaem estaria o uso de cultivares resistentes à seca.

O presente estudo visa fornecer informações em relação às características de extração e às necessidades de água da cultura da soja, como forma de contribuir para adoção das alternativas mais adequadas para reduzir os efeitos da seca ou para eventualmente recomendar irrigação suplementar.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido nas épocas secas de 1979 e 1980 (maio-outubro) no CPAC/EMBRAPA, empregando-se doze cultivares de soja em cada ano. As características químicas do solo, climáticas, fenológicas, de manejo da cultura, as cultivares e linhagens estudadas com e sem irrigação são descritas na Parte I do trabalho (Espinoza 1982).

Para avaliar o uso de água das cultivares ou linhagens, todas as parcelas foram irrigadas semanalmente até a época de floração, momento em que a irrigação da metade das parcelas foi interrompida por um período de 27 dias, em 1977, e de 36 dias, em 1980, após o qual a irrigação foi iniciada normalmente. A outra metade das parcelas foi irrigada semanalmente sem interrupção.

No caso das parcelas submetidas ao déficit hídrico, a extração de água pelas cultivares ou linhagens foi avaliada durante o período da seca, através de amostragens semanais do solo para determinação de umidade, a cada 15 cm de profundidade, entre as fileiras, até 120 cm de profundidade. Neste caso a extração de água representa o somatório das perdas por evaporação, transpiração e drenagem.

No caso das parcelas irrigadas permanentemente, foi feito o balanço hídrico durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura da cultivar Doko, no ano de 1979 e da cultivar Cristalina, no ano de 1980. A evapotranspiração (ET) foi calculada pelo método de Reichardt (1975). Nas parcelas estudadas, foram colocados tensiômetros, triplicados, nas profundidades de 15 até 120 cm, e as leituras registradas diariamente. Os tensiômetros foram calibrados para obter a relação entre tensão de água no solo e conteúdo de água, sendo que $y = 45,71 x^{-0,21}$ com $R^2 = 0,94$, onde y = conteúdo de água (% volume) e x = leitura do tensiômetro, centibars. Para determinar os potenciais de água menores que -0,8 bars, em função da umidade do solo, foi utilizada a curva de retenção de água dos solos (Espinoza 1980). Os dados de condutividade hidráulica são aqueles determinados por Wolf (1975) no lugar do experimento. A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada a partir dos dados de evaporação fornecidos pelo tanque A, colocado a 100 metros dos experimentos, sendo que $ETP = \text{Evaporação tanque A} \times 0,85$ (Espinoza 1979).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração média mostrada pela cultivar Lo 75-2760 (Doko), em diferentes períodos, durante o experimento de 1979, aparece na Fig. 1. A mostrada pela cultivar Cristalina, em diferentes períodos do experimento de 1980, aparece na Fig. 2. Observa-se que, em geral, as curvas seguem uma tendência similar; a evapotranspiração atinge valores próximos a 2,0 mm/dia, nas primeiras fases de desenvolvimento, ascendendo em forma quase linear para atingir o máximo em torno de 6,5 mm/dia, após o início da floração, ou aos 60-70 dias após a emergência. Posteriormente, na medida em que começa a maturação fisiológica, a evapotranspiração diminui em forma evidente, atingindo valores de 3 a 4 mm/dia. Durante 1979 e 1980, os valores máximos de ET resultaram ser

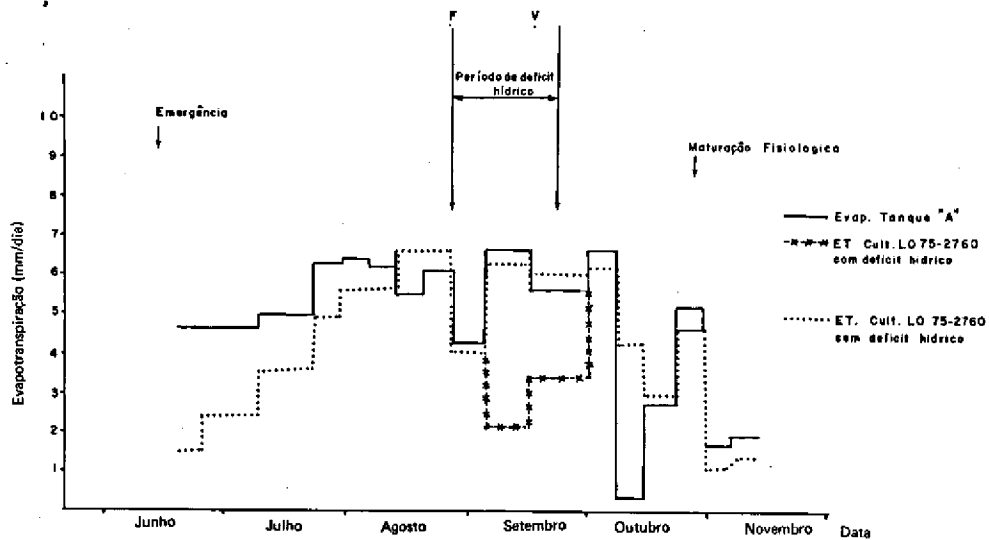


FIG. 1. Características de evapotranspiração observadas na cultivar Lo 75-2760 (Doko), sob irrigação permanente e sob déficit hídrico, durante a época seca de 1979.

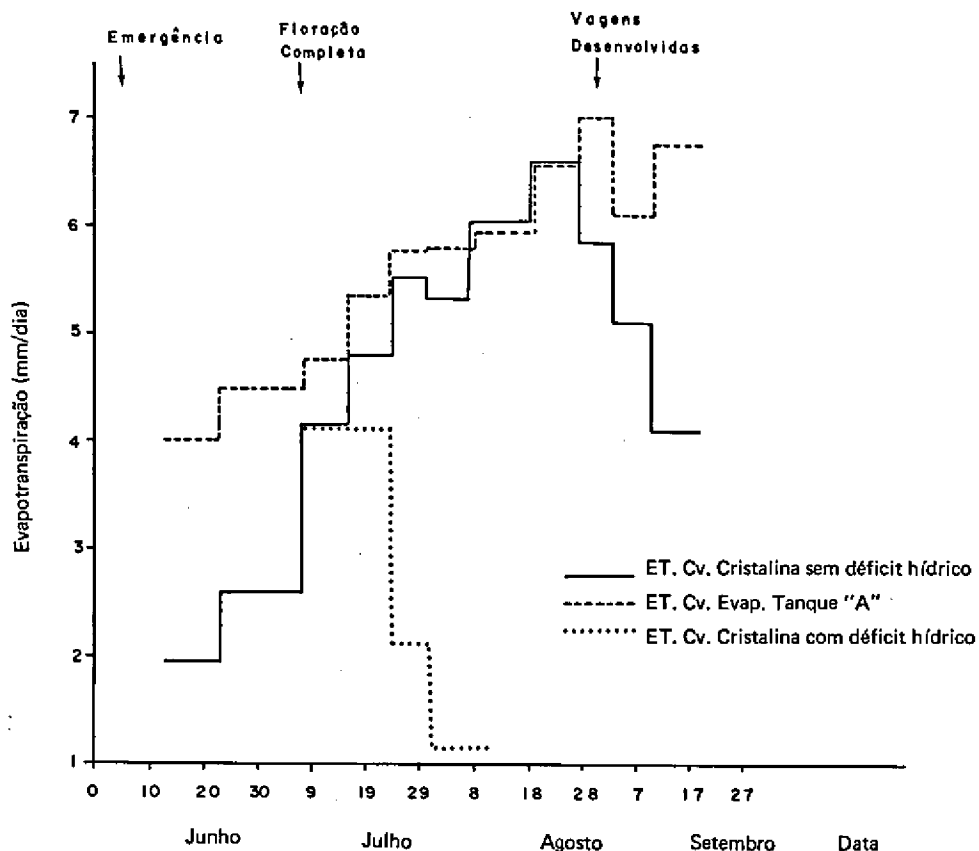


FIG. 2. Características de evapotranspiração (mm/dia) observadas na cultivar Cristalina, sob irrigação permanente e sob déficit hídrico, durante a época seca de 1980.

similares aos valores de ET potencial (evaporação tanque A x 0,85), confirmando assim resultados previamente publicados (Doorembos & Pruitt 1975). Disto se deduz, mais uma vez, que o tanque A pode ser instrumento útil para prever as necessidades de água das culturas. Nas Fig. 1 e 2, pode-se observar também a grande queda em ET no caso das cultivares submetidas a déficit hídrico pela interrupção das irrigações. A queda não foi tão considerável no ano de 1979 como no ano 1980, e poderia ser resultante da menor magnitude do déficit hídrico em 1979 (Espinoza 1982).

Na Fig. 3, podem ser observados os coeficientes de evapotranspiração (kc) da cultivar Cristalina, na época seca de 1980. Estes podem ser considerados como bastante similares aos valores obtidos com a cultivar Doko e variaram desde 0,3 nos primeiros estágios de desenvolvimento até 0,9 - 1,0 no máximo desenvolvimento vegetativo, para sofrer uma queda até 0,45 na medida em que avança o processo de maturação. Isto confirma os valores exibidos na literatura por Doorembos & Pruitt (1975). Sendo $kc = ET(cultura)/ETP$ os valores de

tanque A podem servir de ajuda no planejamento e prática da irrigação. Nas Fig. 4 e 5, podem ser observados os resultados de evapotranspiração acumulada (ETac.), obtidos no ano de 1979 com a cultivar Doko e, em 1980, com a cultivar Cristalina. As curvas são aproximadamente similares e indicam que o total de ETac. atingiu 650 mm para a cultivar Doko, sob irrigação após 150 dias de medição. A cultivar Cristalina atingiu, em 1980, no mesmo período e solo, um valor aproximado a 600 mm. A diferença entre as duas cultivares poderia ser devida ao fato de a cultivar Cristalina apresentar menor área foliar que a cultivar Doko. Contudo os valores são bastante aproximados e podem ser considerados como válidos para o cálculo da dotação de água num projeto de irrigação. Carvalho et al. (1975), em Dakota do Norte, EUA, achou uma ETac. para 90 dias de 457 a 475 mm, o que dá uma ET diária média de 5,0 - 5,3 mm/dia em comparação com 4,0 - 4,3 mm/dia para as condições do presente estudo.

Nas Fig. 6 e 7, podem ser observados os valores de extração de água acumulada no período de seca

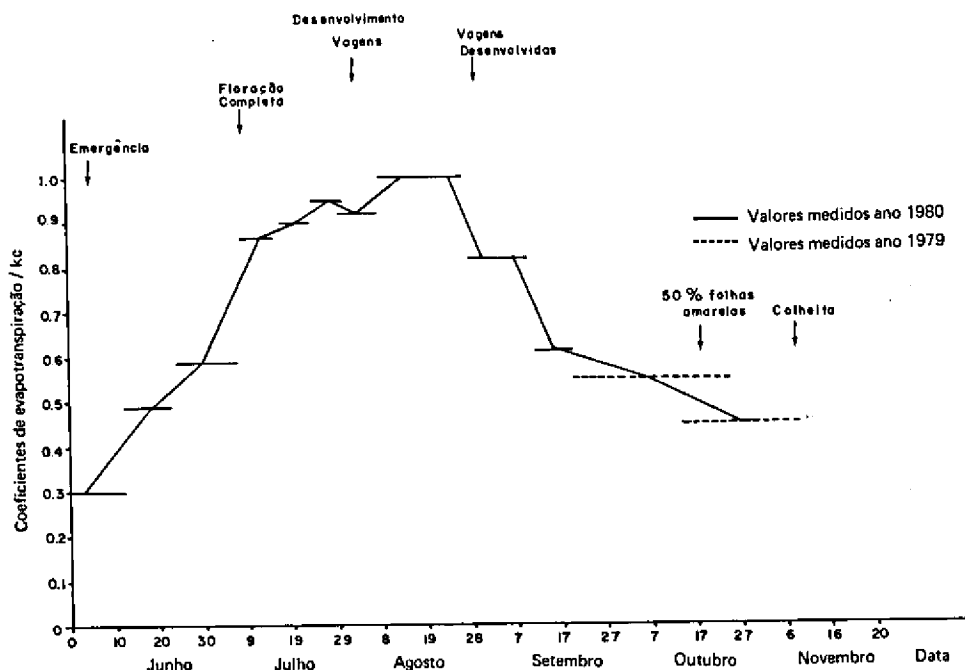


FIG. 3. Variação dos coeficientes de evapotranspiração da cultura, kc, observados na cultivar Cristalina, sob irrigação permanente, durante as épocas secas de 1979 e 1980.

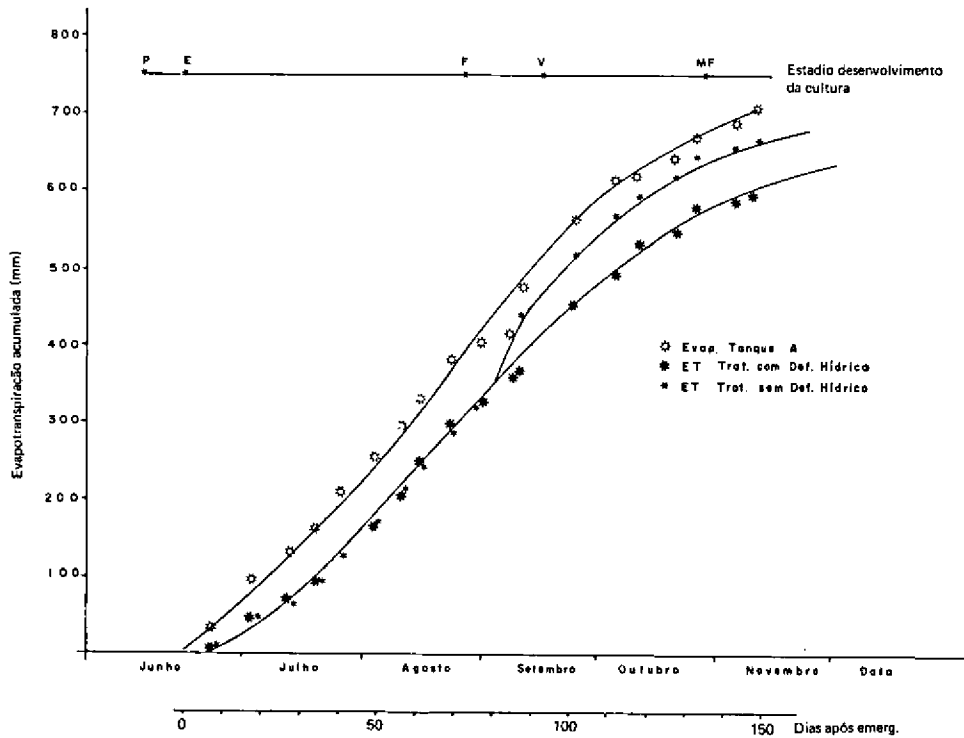


FIG. 4. Evapotranspiração acumulada (mm) mostrada pela cultivar Lo 75-2760 (Doko), sob irrigação e sob déficit hídrico, na época seca de 1979.

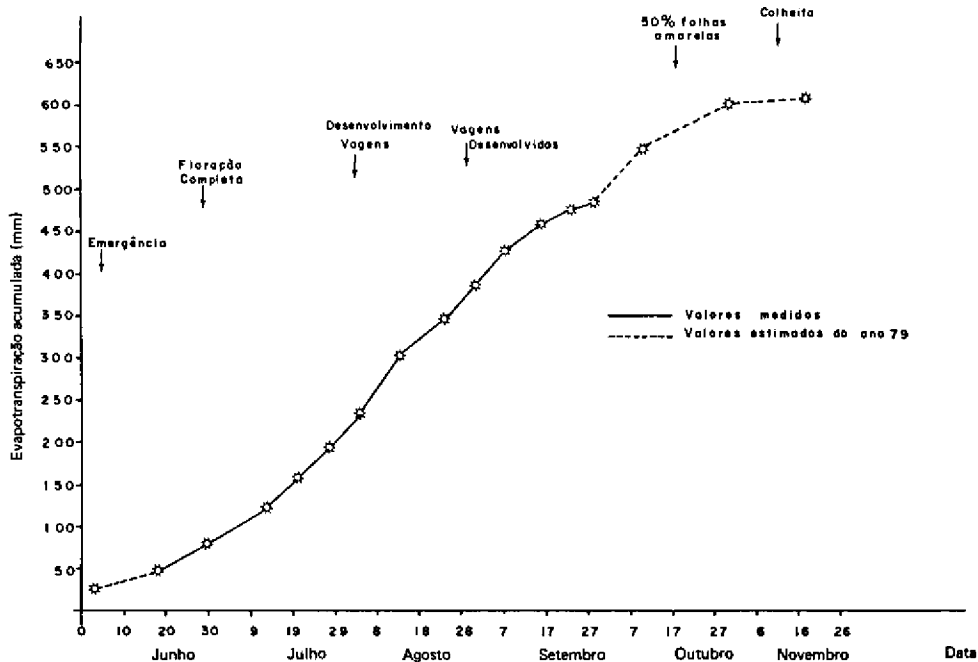


FIG. 5. Evapotranspiração acumulada (mm) mostrada pela cultivar Cristalina, sob irrigação permanente e sob déficit hídrico, na época seca de 1980.

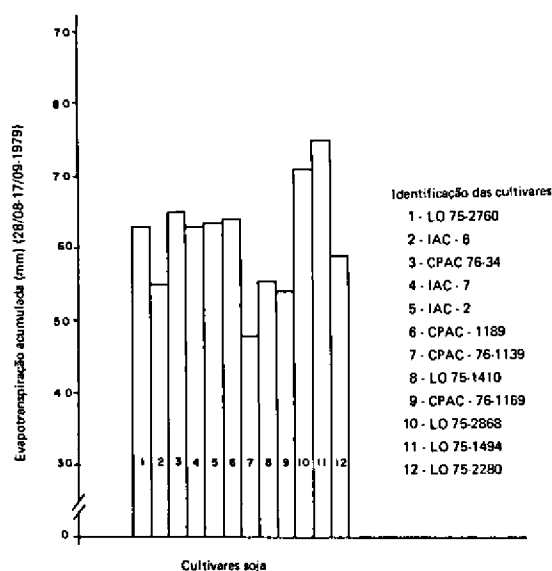


FIG. 6. Evapotranspiração acumulada (mm) mostrada por doze cultivares de soja, durante o período do déficit hídrico, na época seca de 1979.

de 1979 (28.8 - 23.9). Em geral, não foi observada diferença apreciável entre as cultivares, dada a elevada variação nos resultados. O problema maior reside em que a técnica de determinação gravimétrica da água do solo não permite o grau de precisão necessário para separar as diferentes cultivares ou linhagens. De qualquer forma, a Fig. 7 indica que, no período de 3-14.9.79, se detecta, em todas as cultivares, uma diminuição da ET. Isto significa que as cultivares começaram a sentir a seca no período de aproximadamente 14-17 dias após a suspensão da última irrigação. Posteriormente, a redução em ET, a partir dos 17 dias após a última irrigação, foi notável e, com certeza, a maior parte das cultivares já tinha sido afetada nos seus principais processos fisiológicos. Neste período, só foi possível medir a extração de água em algumas cultivares devido a problemas de amostragem de solos.

A Fig. 8, obtida na época seca de 1980, confirma os resultados anteriormente mencionados. Des-

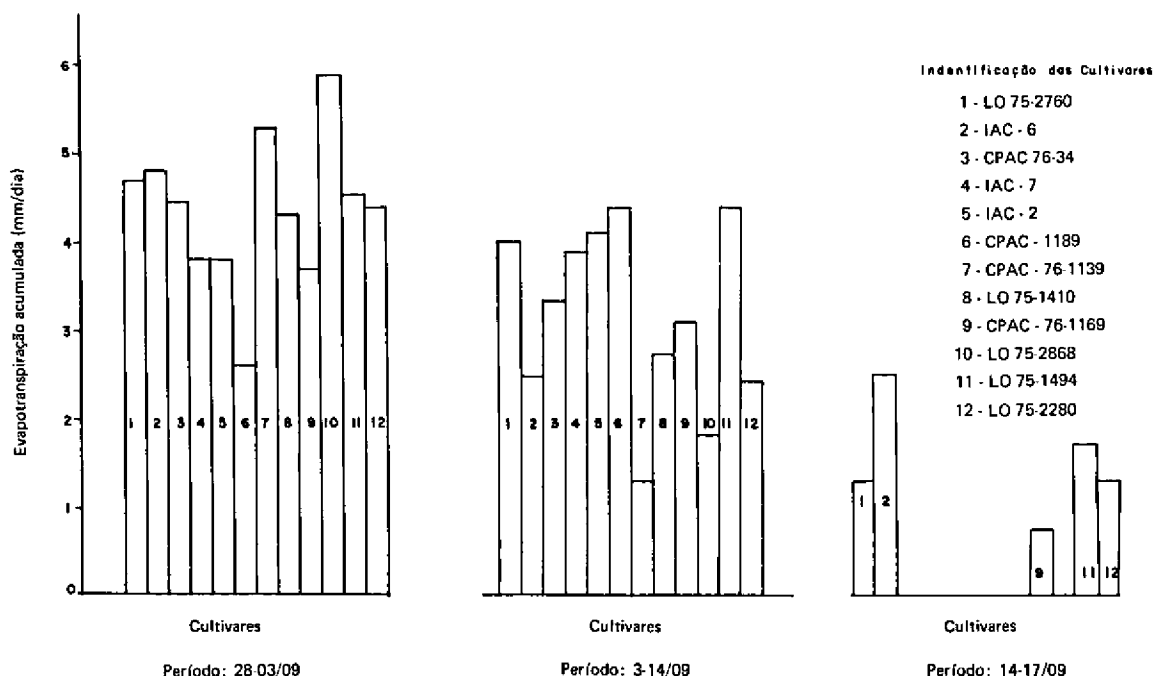


FIG. 7. Evapotranspiração (mm/dia) mostrada por doze cultivares de soja, em três períodos durante o regime de deficiência hídrica, na época seca de 1979.

sa vez, uma coleta de um maior número de amostras permitiu melhor avaliação da resposta das cultivares ao déficit hídrico. Observa-se que, em geral, a ET das cultivares sofreu uma queda considerável a partir de, aproximadamente, quinze dias após a suspensão das irrigações. Quase que todas as cultivares começaram com uma extração de água de aproximadamente 4 mm/dia para chegar, após 36 dias, a valores de 0,8 - 1,3 mm/dia. Sem dúvida que as reduções em rendimento das cultivares submetidas ao déficit hídrico (ver Parte I) se devem ao fato de as extrações de água terem sofrido uma queda tão acentuada. A cultivar Doko manteve uma ET relativamente elevada até os 23 dias após a última irrigação, mas ainda assim, sofreu uma gran-

de queda nos rendimentos. Também, neste caso, não foi possível observar diferenças apreciáveis entre as cultivares ou linhagens testadas.

Quanto às características de extração acumulada de água, o estudo com a cultivar Cristalina mostra, como se observa na Fig. 9, que a extração de água é relativamente independente do estágio de desenvolvimento da cultivar. Em geral, 60% da extração acumulada de água foi efetuada na profundidade 0-60 cm. Por isto, chama a atenção a característica da soja (cv. Cristalina) de extrair água, pelo fato de a maior parte de suas raízes encontrar-se (aproximadamente 80%) na profundidade 0-20 cm (Fig. 10). Isso coincide com a informação contida na literatura. Al-Ithawi et al. (1980), Boyer et al.

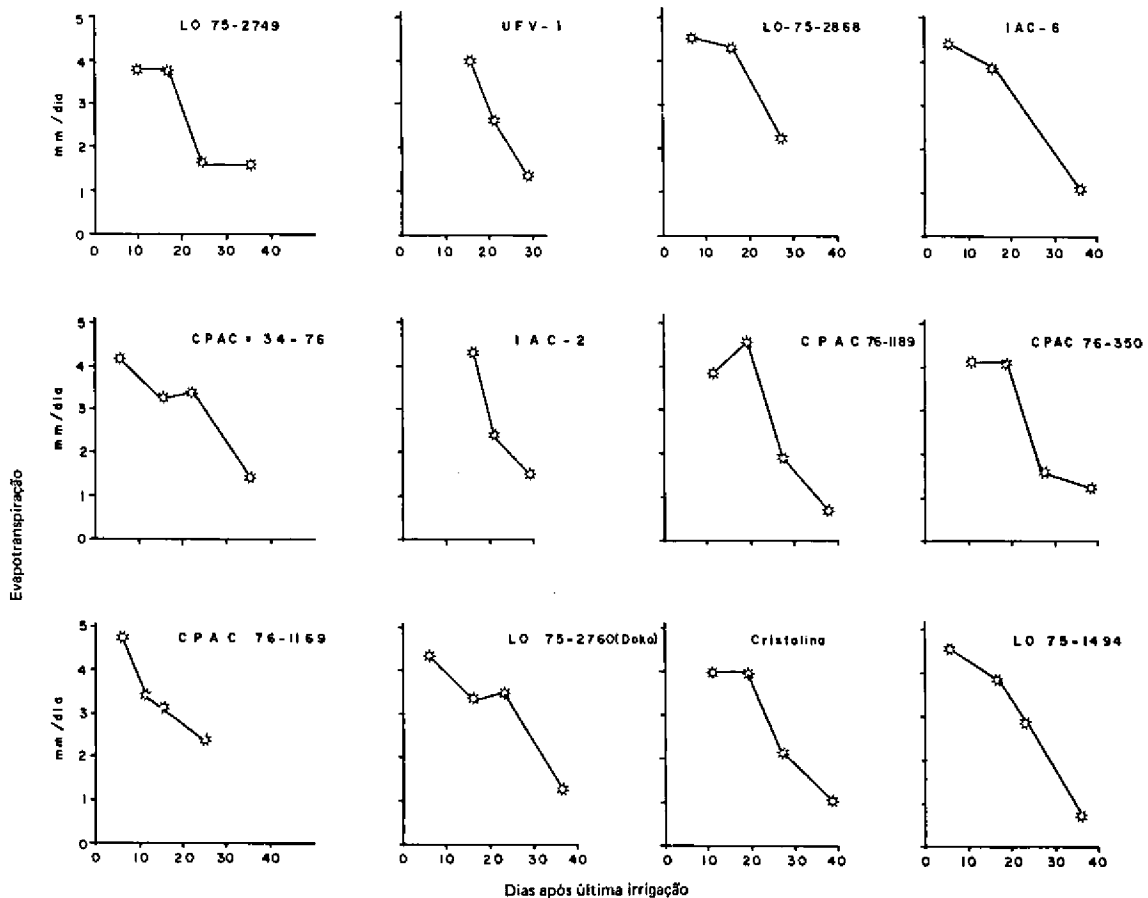


FIG. 8. Evapotranspiração (mm) mostrada por doze cultivares de soja, sob regime de déficit hídrico, em função do tempo após a suspensão da irrigação.

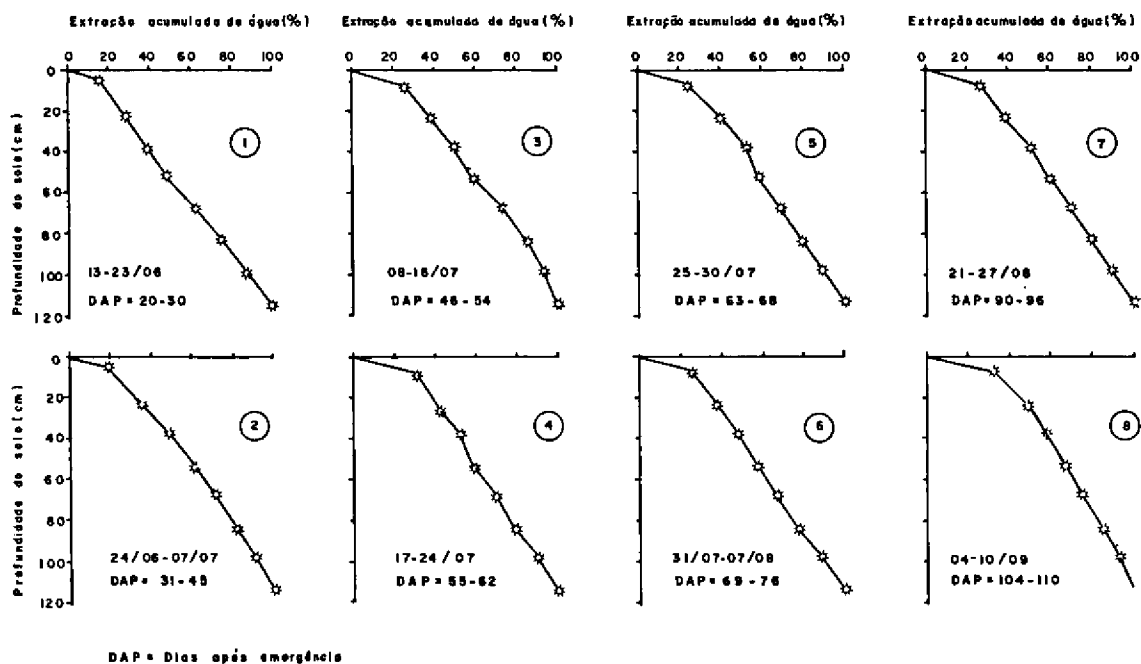


FIG. 9. Características de extração acumulada de água em função da profundidade, mostrada pela cultivar Cristalina em diferentes períodos do ciclo de desenvolvimento.

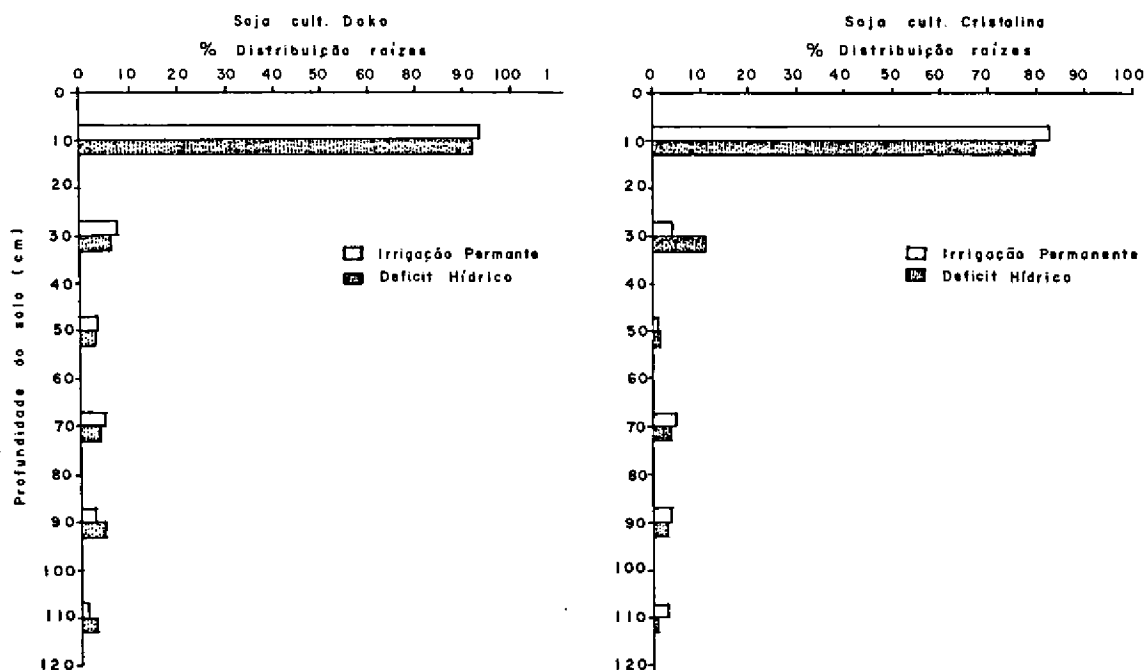


FIG. 10. Distribuição radicular (%) em função da profundidade do solo, mostrada pelas cultivares Doko e Cristalina, sob irrigação permanente e déficit hídrico, na época seca de 1980.

(1980), Mayaki et al. (1976), Taylor & Klepper (1973), Raper & Barber (1970) concluíram que, devido ao fato de as raízes velhas serem menos permeáveis que as raízes jovens, a maior parte da água é extraída por estas raízes, normalmente a proporção menor de toda a massa radicular. Eles indicam que as raízes profundas (jovens) no perfil do solo extraem água mais eficientemente, por unidade de comprimento de raiz, que aquelas raízes mais próximas à superfície do solo. Eles atribuem esta característica à idade da raiz, e à menor competição que existiria entre elas.

A Fig. 11 ilustra a variação dos potenciais matriciais da água em função da profundidade do solo.

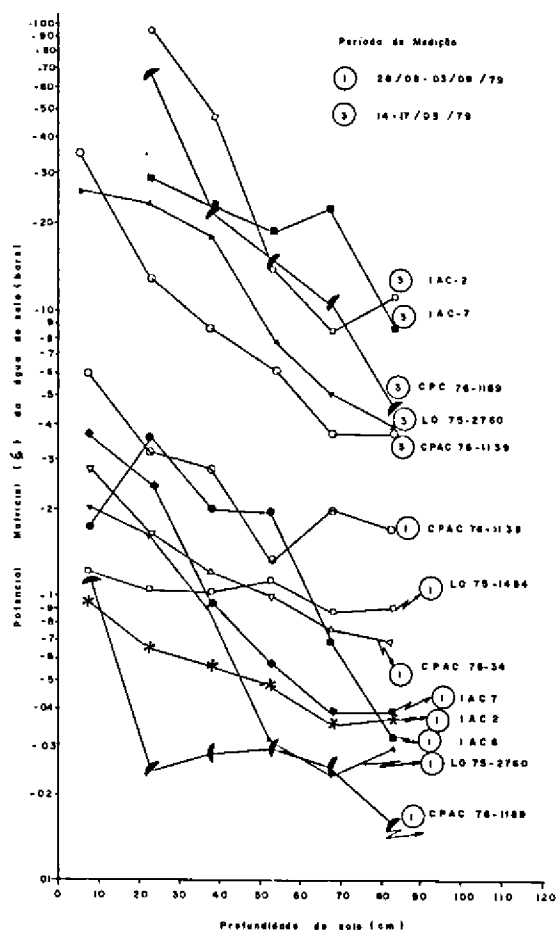


FIG. 11. Variação do potencial matricial em função da profundidade do solo, para diferentes cultivares de soja e em duas épocas de medição durante o período de déficit hídrico.

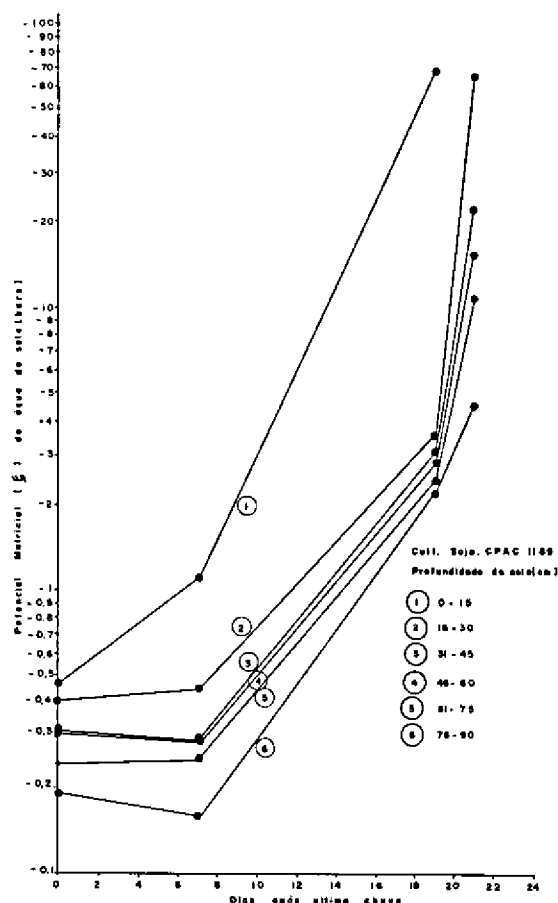


FIG. 12. Variação do potencial matricial em diferentes profundidades do solo, em função do tempo após a última irrigação.

lo em duas amostragens, durante o período de seca de 1979. Observa-se que os menores potenciais matriciais encontram-se na superfície do solo, mas, no primeiro período de 28.8-3.9, as quedas de potencial em relação às profundidades inferiores não são tão drásticas quanto no segundo período de medição em que o solo entre 0 e 50 cm se encontra com potenciais inferiores a -10 bars.

Allmaras (1975) encontrou que a condutividade de água nas raízes diminuiu na medida em que cresceu o potencial de água no solo. A Fig. 12 mostra que a superfície do solo atinge potenciais matriciais baixos, apenas sete dias após o início do período de seca. As profundidades maiores mostram potenciais inferiores a -10 bars, após 19 dias de seca; somente a última profundidade estava em

condições de fornecer água à planta, mas dificilmente seria capaz de fornecê-la em taxa igual aos requerimentos da cultura e demanda atmosférica, de modo que a planta sofria de déficit hídrico.

CONCLUSÕES

1. A evapotranspiração, medida pelo método do balanço hídrico sob condições de irrigação permanente, atingiu um total de 650 e 604 mm, para as cultivares Doko e Cristalina, nos anos de 1979 e 1980, respectivamente.

2. Os coeficientes k_c correspondem àqueles descritos na literatura. No início do período vegetativo são iguais a 0,3; atingem um máximo de 1,0 aos 60-70 dias após a emergência, e chegam a 0,45 no fim do período de desenvolvimento.

3. Sob condições de déficit hídrico, não foi possível medir a capacidade de extração de água das cultivares. No entanto, foi observado que na maior parte delas a ET diminuiu drasticamente 14-17 dias após a interrupção do fornecimento de água.

4. As cultivares de soja extraíram a maior parte da água (80%) na camada de 0-80 cm do solo.

5. A diferença em produção entre as cultivares de soja (Parte I) pode ser atribuída à diferença em eficiência de uso de água entre cultivares.

6. Uma vez que a maior parte das raízes se encontra nos primeiros 20 cm do solo, conclui-se que as raízes mais jovens, que se encontram a partir dos 40 cm de profundidade e em pequena quantidade, têm uma elevada eficiência de extração de água.

REFERÊNCIAS

- ALLMARAS, R.R.; NELSON, W.W. & VOORHESS, W.B. Soybean and corn rooting in south-western Minnesota: II Root distribution and related water inflow. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:771-7, 1975.
- AL-ITHAWI, B.; DEIBERT, E.J. & OLSON, R.A. Applied N and moisture levels effects on yield, depth of root activity and nutrient uptake by soybeans. *Agron. J.*, 72:827-32, 1980.
- BERLATO, M.A. & BERGAMASCHI, H. Consumo de água em soja. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA RS/SC. 5. Pelotas, 1977. Ata... Pelotas, EMBRAPA-UEPAE de Pelotas, 1977. p. 206.
- BOYER, T.S.; JOHNSON, R.R. & SAUPE, S.G. Afternoon water deficits and grain yields in old and new soybean cultivars. *Agron. J.*, 72:981-6, 1980.
- CARVALLO, H.O.; CASSEL, D.K. & BAUER, A. Water losses from an irrigated soybean field by deep percolation and evapotranspiration. *Water Resour. Res.*, 11(2):267, 1975.
- DOOREMBOS, J. & PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Roma, FAO, 1975. 179p. (FAO, Irrigation and Drainage, Paper, 24).
- DOSS, B.D.; PEARSON, R.W. & ROGERS, H.T. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. *Agron. J.*, 66:297-9, 1974.
- DOSS, B.D. & THURLOW, D.L. Irrigation, row width and plant population in relation to growth characteristics of two soybean varieties. *Agron. J.*, 66:620-23, 1974.
- ESPINOZA, W. Efeito da densidade de plantio sobre a evapotranspiração do milho irrigado na época seca, em Cerrado do Distrito Federal. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 14(4):343-50, 1979.
- ESPINOZA, W. Manejo da cultura visando o melhor aproveitamento da água nos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5, Brasília, DF, 1979. Cerrado: uso e manejo. Brasília, Editerra, 1980. p.675-729.
- ESPINOZA, W. Resposta de doze cultivares de soja ao déficit hídrico num solo LE de Cerrados do Distrito Federal, Parte I. Rendimentos, área foliar e desenvolvimento radicular. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(3):447-58, 1982.
- MAYAKI, W.C.; STONE, L.R. & TEARE, I.D. Irrigated and non irrigated soybean, corn and grain sorghum root systems. *Agron. J.*, 68:532-4, 1976.
- QUEIROZ, E.F.; NEUMAIER, N. & TORRES, E. Ecologia e manejo da cultura. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Ecologia, manejo e adubação da soja. Londrina, 1979. p.63-91. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 2).
- RAPER JUNIOR, C.D. & BARBER, S.A. Rooting systems of soybean. II. Physiological effectiveness as nutrient absorption surface. *Agron. J.*, 62:585-88, 1970.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo/planta/atmosfera. Piracicaba, CENA/Fundação Cargill, 1975. 286p. (Publicação Especial).
- SAMMONS, D.J.; PETERS, D.B. & HYMOVITZ, T. Screening soybeans for drought resistance. II. Drought box procedure. *Crop Sci.*, 19(5):719-22, 1979.
- SHIBLES, R.; ANDERSON, I.C. & GIBSON, A.H. Soybean. In: EVANS, L.T. ed. Crop physiology; some case histories. Cambridge, Cambridge University Press, 1975. p.151-89.
- SOJKA, R.E.; SCOTT, H.D.; FERGUSON, J.A. & RUTLEDGE, E.M. Relation of water status to soybean growth. *Soil Sci.*, 123(3):182-7, 1977.
- TAYLOR, H.M. & KLEPPER, B. Rooting density and water extraction patterns for corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.*, 65:965-8, 1973.

VILELA, L.; MIRANDA, L.N. de.; PERES, J.R.R.;
SOUZA, P.J. de M.; SUHET, A.R.; SPEHAR, C.R.;
VARGAS, M.A.T. & VIEIRA, R.D. A cultura da
soja em solos de Cerrados do Distrito Federal.
EMBRAPA CPAC, 1978. 17p. EMBRAPA-CPAC,

Comunicado Técnico, 2).

WOLF, J. Water constraints to corn production in central
Brazil. Ithaca, N.Y. Cornell University, 1975. 199p.
Tese Doutorado.