

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

I - RENDIMENTOS, ÁREA FOLIAR E DESENVOLVIMENTO RADICULAR¹

WALDO ESPINOZA²

RESUMO - Durante as épocas secas de 1979 e 1980 foi comparada, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, CPAC, EMBRAPA, Planaltina, DF, a resposta de doze cultivares ou linhagens de soja ao déficit hídrico induzido a partir da época de floração. Durante 1979, as cultivares foram submetidas a um déficit hídrico de 27 dias sem irrigação (128 mm evaporação tanque A) e, durante 1980, a 36 dias (245,8 mm evaporação tanque A). Os resultados obtidos até agora permitem separar as cultivares em três grupos: a) resistentes ao déficit hídrico; b) intermediárias; c) não resistentes ao déficit hídrico. Nos dois anos, os melhores resultados foram obtidos com as cultivares Doko e Cristalina. Durante 1979 e 1980, sob irrigação permanente, a cultivar Doko atingiu 4.194 e 3.079 kg/ha, respectivamente, e sob déficit hídrico, 2.452 e 1.482 kg/ha. No ano de 1980, a cultivar Cristalina atingiu 2.254 kg/ha sob irrigação permanente e 1.497 kg/ha sob condições de seca. O índice de área foliar (AIF) foi grandemente reduzido pelo déficit hídrico, mas não parece estar diretamente relacionado com a resposta da cultura ao déficit hídrico. No caso do desenvolvimento radicular, observa-se que 75-85% das raízes se acumulam nos primeiros 20 cm de solo. A diferença entre cultivares resistentes e não-resistentes à seca somente se manifestou na maior densidade radicular mostrada pelas cultivares resistentes, na primeira profundidade do solo. Em geral, não se observou diferença em densidade radicular para uma mesma cultivar submetida ou não a deficiência hídrica. Isto sugere que a densidade radicular não seria um parâmetro sensível para estudar a resposta da planta ao fenômeno.

Termos para indexação: irrigação, índice de área foliar, desenvolvimento radicular.

RESPONSE OF TWELVE SOYBEAN CULTIVARS TO WATER DEFICIT IN A CERRADOS DARK-RED LATOSOL OF THE FEDERAL DISTRICT I - YIELD, LEAF AREA AND ROOT DEVELOPMENT

ABSTRACT - During the dry season of 1979 and 1980, the response of twelve soybean cultivars to water deficit was studied at the Cerrados Research Center, Planaltina, DF, Brazil. The plants were exposed to a dry spell at flowering stage. During 1979, irrigation of the cultivars was suspended for 27 days (128 mm tank A evaporation) and during 1980 irrigation was suspended for 36 days (245.8 mm tank A evaporation). Yield response indicates that the cultivars can be classified into three groups. a) Resistant to water stress; b) intermediate and c) non resistant. Best results were obtained with cultivars Doko and Cristalina. During 1979 and 1980, under permanent irrigation, Doko cv. yields were 4,194 and 3,079 kg/ha, respectively; and under water stress, yields were 2,452 and 1,482 kg/ha, respectively. During 1980, Cristalina cv. yields were 2,254 kg/ha under permanent irrigation and 1,497 kg/ha under water stress conditions. Leaf area index (LAI) was greatly reduced by water stress but it was not clearly associated to cultivar response. 75 to 85% of soybean roots were distributed in the upper 20 cm of soil profile. Stress resistant cultivars showed higher root density in the upper 20 cm of the soil profile than the stress non-resistant cultivars. Root density showed by cultivars with or without permanent irrigation was not different, which suggests that this parameter is not sensible enough to study plant response to the phenomena.

Index terms: irrigation, root density, leaf area index.

INTRODUÇÃO

A soja é, atualmente, uma das culturas de maior importância para a economia nacional. Na década de 70, a soja registrou uma taxa geométrica anual de crescimento de 30%. O Brasil coloca-se, hoje,

na posição de segundo maior produtor e exportador de soja, responsável por 15% da produção mundial. Em 1979, a soja participou com 12% do total das exportações brasileiras, com o equivalente a 1 bilhão e 800 milhões de dólares (Oliveira et al. 1980).

A virtual ocupação das áreas tradicionalmente cultivadas com a soja fez surgir o interesse na utilização de novas áreas ainda não incorporadas à agricultura brasileira. Segundo Vilela et al. (1978), a região dos Cerrados, por uma série de caracterís-

¹ Aceito para publicação em 11 de setembro de 1981.

² Eng.^o Agr.^o, Ph.D., Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) - EMBRAPA, Caixa Postal 70.0023, CEP 73300 - Planaltina, DF.

ticas ambientais e por uma relativa proximidade de grandes centros consumidores, constitui uma opção privilegiada para a expansão dessa cultura. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1980), na região em que a cultura da soja encontra-se em expansão, ocorrem solos com os mais variados graus de fertilidade; a maior parte é ocupada por solos sob vegetação de Cerrado. Esta região abrange o Mato Grosso do Sul, o sul dos Estados de Mato Grosso, Goiás e Maranhão e o oeste de Minas Gerais e Bahia. Para a atual safra, é estimada uma produção superior a 2 milhões de toneladas o que corresponde a 13,4% da produção brasileira. O rendimento médio atual está em torno de 1.588 kg/ha. A área cultivada na safra 79/80 é estimada em 1.262.257 hectares. No entanto, existem problemas que precisam ser estudados, a fim de que se possa implantar, com sucesso, a cultura na região dos Cerrados.

Uma das principais limitações à produção de soja na região de Cerrados é constituída pelo fenômeno do veranico que pode chegar a reduzir drasticamente os rendimentos e aumentar o risco nas atividades agrícolas.

Os efeitos do déficit hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento têm sido examinados por diferentes autores, Doss et al. (1974), Sullivan & Brun (1975), Finn & Brun (1980). Esses autores verificaram que, em geral, a soja resiste a curtos períodos de seca, mas é suscetível na germinação, no período após emergência e nos estádios de floração, formação de vagens e de enchimento de grãos. Eles têm achado que os rendimentos das cultivares irrigadas foram 24 a 55% maiores que nos casos em que a água foi limitada a algum período durante a estação de crescimento.

Shibles et al. (1975) indicaram que, quando a soja está sob déficit hídrico, existe uma compensação entre os componentes de rendimento, o que permite à cultura certa estabilidade nos rendimentos. O processo de compensação seria maior nos estádios iniciais e diminuiria na medida em que progride o desenvolvimento.

Segundo Fin & Brun (1980), o déficit hídrico na soja reduz a fotossíntese, transpiração, diâmetro e altura do caule, respiração dos nódulos e fixação de N.

Em geral, existe, no Brasil, escassa informação

quanto aos efeitos do déficit hídrico sobre a produção, mas estima-se que eles não são diferentes daqueles reportados na literatura.

O presente estudo pretende fornecer informações quanto às diminuições de rendimento que apresentam diversas cultivares e linhagens de soja, submetidas a déficit hídrico na fase reprodutiva, com o objetivo de isolar genótipos de soja resistentes à seca.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido num Latossolo Vermelho-Escuro (LE), no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, da EMBRAPA (CPAC/EMBRAPA), Planaltina, DF, durante a época seca de 1979 e 1980.

Todas as cultivares e linhagens que compuseram o ensaio apresentavam alongamento do ciclo no plantio em dias curtos (inverno), em comparação com o plantio de dias longos (verão), à exceção de 'IAC-2' e 'UFV-1' que reduzem o ciclo em semeaduras na época seca (Spehar 1981)³. Esse material apresenta boa adaptabilidade, conforme experimentos conduzidos no Brasil Central (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979, 1980).

Os experimentos foram conduzidos sob condições de campo, com três repetições, num delineamento experimental de parcelas subdivididas ("split-plot") no qual o tratamento de irrigação constituiu a parcela principal e as cultivares representavam as subparcelas. Os dois plantios foram efetuados no mesmo local, a 6 e 7 de junho de 1979 e 20 de maio de 1980, com ciclos de desenvolvimento de 160 dias aproximadamente. As parcelas foram compostas de quatro linhas, espaçadas de 60 cm, com stand final de 25 plantas/metro. Na maturação foram colhidas as duas linhas centrais, excluindo-se 50 cm de cada extremidade, para avaliação de produção de grãos. A adubação foi recomendada⁴ pelo CPAC/EMBRAPA.

Para avaliar a resistência das cultivares ou linhagens ao déficit hídrico, todas as parcelas foram irrigadas semanalmente, até a época da floração, momento em que a irrigação da metade das parcelas foi interrompida por um período de 27 dias, em 1979 e de 36 dias em 1980. A outra metade das parcelas foi irrigada semanalmente sem interrupção. A irrigação foi feita com sífoes de 1/2" de diâmetro, a partir de calhas de cimento amianto, que permitem controlar uma carga hidráulica de 10 cm. No período de maior desenvolvimento da cultura, a frequência de irrigação foi de sete dias, e o tempo de irrigação para cada sulco de 10 metros de comprimento foi de 45 minutos, suficiente para molhar o solo até uma profundidade de, pelos

³ Spehar, Carlos R. 1981, comunicação pessoal.

⁴ Adubação manutenção: 80, 80, 30 e 30 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O e ZnSO₄, respectivamente.

menos, 80 cm. A irrigação ficou determinada de acordo com as características físicas do solo, descritas por Espinoza (1980). Os solos encontravam-se no terceiro ano de cultivo, com aplicações de adubos e corretivos; suas condições de fertilidade podem ser consideradas como regulares para o desenvolvimento da cultura. Por exemplo, no início do experimento de 1980 e antes da adubação de manutenção, o solo apresentava as características químicas que podem ser vistas na Tabela 1.

As principais características ambientais durante os anos de 1979 e 1980 aparecem na Tabela 2 e correspondem à informação obtida no posto meteorológico do CPAC, situado na área experimental.

Os resultados dos experimentos foram avaliados pelos seguintes parâmetros: produção de grãos (kg/ha); redução de produção (%), em relação aos rendimentos obtidos com fornecimento normal de água; índice de área foliar (IAF), obtido com o medidor de área foliar de laboratório (Hayashi, Denkoh, Tokyo, Japan, Modelo AAC-400); estádios fenológicos da cultura segundo Hanway & Thompson (1971) umidade do solo e densidade radicular. A medição da área foliar e do desenvolvimento radicular foi efetuada no fim da época de floração das cultivares ou linhagens. Para determinar a densidade radicular, foram escavados cubos de solo de 60 cm (largura) x 20 cm (comprimento) x 20 cm (profundidade), até 120 cm. Os cubos foram obtidos em forma transversal ao centro da fileira. Foram obtidas duas amostras de cada cultivar ou linhagem por parcela. Uma vez extraído, cada cubo de solo foi peneirado com peneira (com abertura de 0,5 cm x 0,5 cm) parcialmente submersa em água do canal. Posteriormente, o material de raiz obtido em cada profundidade foi lavado com água corrente, para separação de impurezas, e secado na estufa, durante 36 horas, a 60°C. A umidade do solo foi determinada por gravimetria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 aparecem as principais caracterís-

ticas fenológicas da maior parte das cultivares utilizadas na época seca de 1979.

Em geral, observa-se que, em relação à época chuvosa, as cultivares não foram afetadas pelas características climáticas que prevaleceram durante a época seca. As cultivares requereram de 130 a 150 dias, em média, para completar seu ciclo vegetativo. Nos estádios de emergência, floração ou formação de vagens, as cultivares apresentaram comportamento semelhante ao observado normalmente no cultivo da época das chuvas.

Na Figura 1, pode-se observar os períodos em que o déficit hídrico (veranico) foi simulado, sob condições de campo, na época seca de 1979. A suspensão da irrigação foi efetuada nos períodos de maior sensibilidade da cultura, i.e., entre 50% floração e formação de vagens. A interrupção das irrigações foi de 27 dias (28/08 até 23/09), período representativo do comprimento com que os veranicos ocorrem no Distrito Federal. Na Figura 2, observam-se as curvas fenológicas representativas das cultivares testadas na época seca de 1980. A não-coincidência no início da floração determinou diferentes datas de início do período de suspensão das irrigações. No experimento da época seca de 1979 (Fig. 1), observa-se que transcorreram 75 dias, aproximadamente, entre emergência e floração em comparação aos 50-55 dias observados durante a época seca de 1980 (Fig. 2). Esse fato já tem sido observado por Spehar⁵ no DF e pode ser atribuído principalmente às menores tem-

⁵ Spehar, C.R. comunicação pessoal, 1981.

TABELA 1. Algumas características químicas apresentadas pelo solo no início do experimento na época seca de 1980.

Profund. (cm)	pH (1:1)		Al ³⁺ (meq/100 ml)		Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (meq/100 ml)		P (ppm)		K (ppm)	
	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s
0-15	5.33	0.48	0.05	0.06	3.60	1.25	6.48	2.01	49.33	14.16
15-30	5.08	0.31	0.38	0.26	2.26	1.00	2.03	0.96	26.75	12.03
30-45	4.88	0.18	0.68	0.23	1.39	0.72	0.99	0.84	15.50	7.08
45-60	4.81	0.14	0.64	0.09	1.00	0.33	0.60	0.22	14.17	7.41
60-75	4.94	0.19	0.51	0.13	1.72	1.25	0.78	0.96	11.42	6.20
75-90	5.09	0.43	0.44	0.14	1.23	0.77	0.53	0.16	10.33	6.27

* Análise feita no CPAC/EMBRAPA.

TABELA 2. Principais características climáticas observadas no local dos experimentos (EMBRAPA/CPAC, Planaltina, DF), durante os meses de junho a dezembro de 1979 e 1980.

Pp média (mm)	Evap. média Tanque A (mm)	Rad. Solar média Cal.cm ⁻² .min ⁻¹	Temp. média do ar °C	Umidade relat. média %	Temp. média do solo - 2 cm °C	Temp. média do ar das máximas °C	Temp. média do ar das mínimas °C	Temp. mínima absoluta do ar °C
Junho/1979	0,0	368	19,1	67	19,7	24,7	13,5	9,8
Julho	0,5	385	19,8	63	19,3	26,1	13,5	7,4
Agosto	1,0	407	22,5	61	22,4	28,2	16,9	11,5
Setembro	0,5	379	22,8	64	23,0	28,6	16,9	11,8
Outubro	4,1	407	23,3	65	26,6	29,5	17,1	13,5
Novembro	4,3	411	22,4	76	27,4	27,6	17,3	14,7
Dezembro	7,5	430	17,3	77	27,5	28,2	17,3	14,0
Junho/1980	0,1	402	20,1	68	19,4	26,1	14,7	11,4
Julho	0,0	409	20,2	62	18,8	27,2	13,2	9,8
Agosto	0,0	378	22,3	64	21,4	28,9	15,6	11,4
Setembro	1,4	389	23,4	67	23,1	29,7	17,0	12,8
Outubro	0,7	445	24,7	59	25,2	31,0	18,4	15,3
Novembro	6,0	350	22,6	75	23,5	26,6	18,6	16,6
Dezembro	9,35	354	22,1	74	23,0	26,2	18,2	16,8

TABELA 3. Rendimentos (kg/ha) obtidos com doze cultivares de soja nos experimentos de 1979 e 1980, sob condições de irrigação permanente e com déficit hídrico.

Cultivar	1979			1980		
	Irrigação permanente	Cultivar	Com déficit hídrico	Irrigação permanente	Cultivar	Com déficit hídrico
Lo 75-2760 (Doko)	4194 a*	Lo 75-1494	2801 a	3626 a	Cristalina	1497 a
Lo 75-1410	3687 ab	Lo 75-1410	2596 ab	3079 ab	Lo 75-2760 (Doko)	1482 a
Lo 75-2280	3566 ab	Lo 75-2280	2573 ab	2867 ab	CPAC 76-1189	1363 ab
Lo 75-1494	3474 ab	CPAC 76-39	2511 ab	2763 ab	UFV-1	1229 abc
CPAC 76-39	3326 ab	Lo 75-2760 (Doko)	2452 ab	2500 abc	CPAC 76-350	1222 abc
CPAC 76-1189	3029 b	IAC-7	2434 ab	2497 abc	Lo 75-1494	1035 bcd
CPAC 34-76	2987 b	CPAC 34-76	2362 ab	2441 abc	Lo 75-2749	911 cd
CPAC 76-1189	2914 b	CPAC 76-1139	1987 abc	2254 bc	CPAC 34-76	839 dce
IAC-7	2862 b	IAC-6	1928 bc	1948 bcd	IAC-2	797 de
IAC-6	2804 b	CPAC 76-1189	1907 bc	1481 cd	IAC-6	772 de
Lo 75-2868	2769 b	Lo 75-2868	1904 bc	1359 cd	CPAC 1169	502 e
IAC-2	1730 b	IAC-2	1469 bc	933 d	Lo 75-2868	315 f
Média geral	3112		2244	2312		998

* Teste de Duncan (d=0,05). Médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes.

peraturas do ar, evaporação de tanque A e radiação solar que ocorreram na época seca de 1979 (T. 2).

Nas Figuras 3 e 4, são apresentados os resultados de rendimento médio mostrados pelas cultivares ou linhagens submetidas aos tratamentos de irrigação permanente e com déficit hídrico para as épocas secas de 1979 e 1980, respectivamente. Pode-se observar conjuntamente com as Tabelas 3 e 4 que, em geral, o efeito do veranico simulado sobre os rendimentos foi mais drástico durante o experimento de 1980.

A média geral dos rendimentos para as diversas cultivares ou linhagens nos tratamentos com veranico em relação aos tratamentos que não sofreram deficiência hídrica foi de 72,10% em 1979 e de 43,16% em 1980. Isso fica explicado pelo seguinte fato. Em 1979, as cultivares e linhagens foram submetidas a 27 dias sem irrigação e evaporação tanque A acumulada de 128 mm (\bar{X} = 4,74 mm/dia) e, em 1980, o período sem irrigação atingiu 36 dias com uma evaporação tanque A acumulada de 245,8 mm (\bar{X} = 6,83 mm/dia). Isto mostra que, neste último ano, a demanda ambiental pela evapo-

ração de água foi bem maior que para o caso do ano 1979. Sob as condições de deficiência hídrica já mencionadas, foi obtida uma média total de rendimentos de 2.244 e 997 kg/ha durante as épocas secas de 1979 e 1980, respectivamente.

A média total dos rendimentos com irrigação permanente foi de 3.112 em 1979 e de 2.312 kg/ha em 1980, o que pode ser explicado por diversas razões, como diferença na época de plantio e diferentes características climáticas entre um ano e outro. Por exemplo, as cultivares IAC-2 e Lo 75-2868 foram especialmente afetadas nos seus rendimentos sob condições irrigadas, durante o ano de 1980. Por outro lado, a cultivar CPAC 76-1189 produziu, em 1980, sob condições irrigadas, quase 1.000 kg/ha a mais que no ano de 1979.

A análise de variância e de Duncan (Tabela 4) da média dos rendimentos obtidos com e sem déficit hídrico, nos anos de 1979 e 1980, indica que a cultivar Lo 75-2760 (Doko) atingiu os melhores rendimentos e que as cultivares IAC-2 e Lo 75-2868 podem ser descartadas em função dos seus baixos

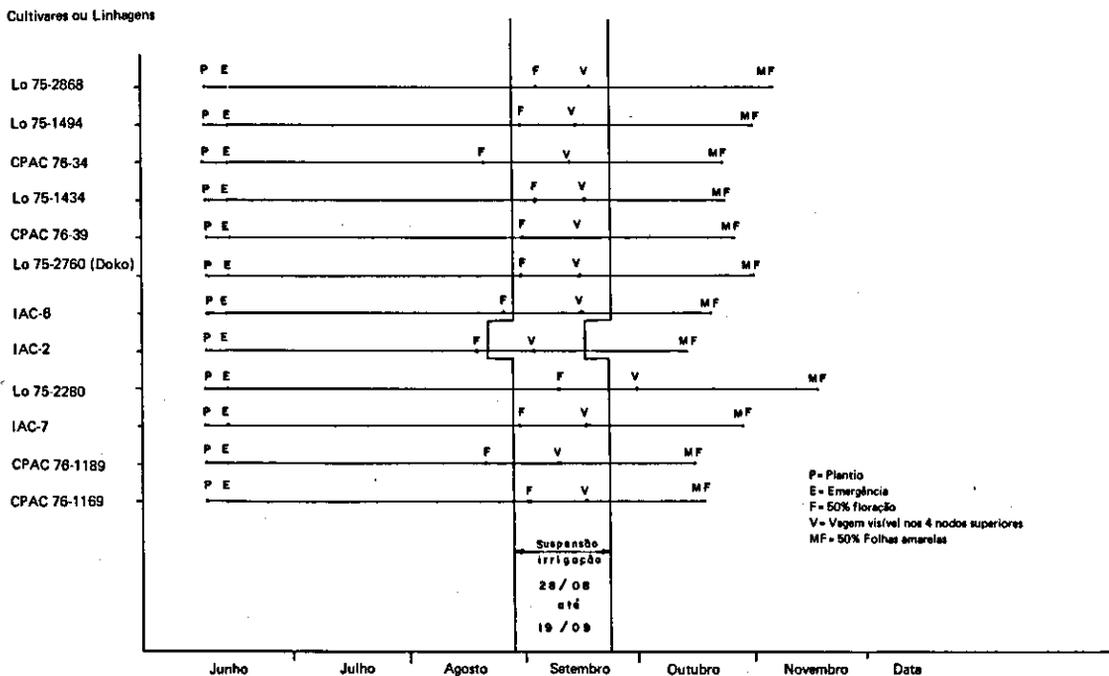


FIG. 1. Características fenológicas mostradas pelas cultivares testadas e o período de suspensão do fornecimento de água durante a época seca de 1979.

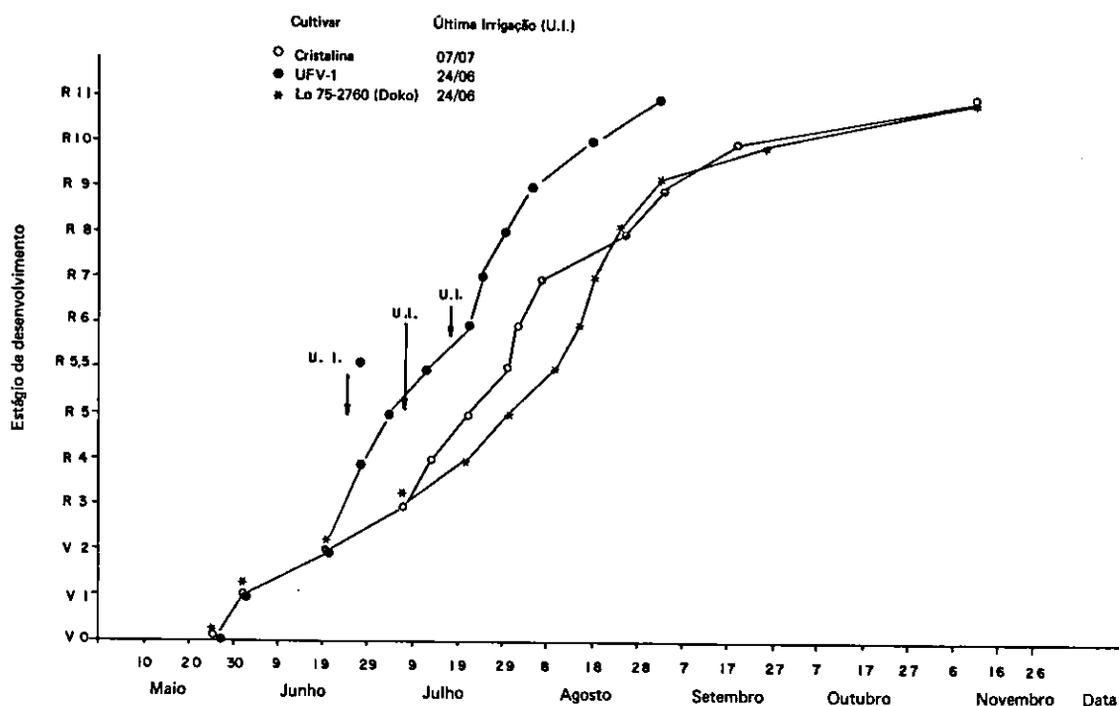


FIG. 2. Características fenológicas mostradas por quatro cultivares de soja durante a época seca de 1979.

TABELA 4. Rendimentos médios obtidos pelas cultivares de soja, com e sem déficit hídrico, durante as épocas secas de 1979 e 1980.

Cultivar ou linhagem	Ano 1980		Ano 1979		
	Produção* (kg/ha)	Teste de Duncan ($\alpha = 0,05$)**	Cultivar ou linhagem	Produção (kg/ha)	Teste de Duncan ($\alpha = 0,05$)
Lo 75-2760 (Doko)	2281,19	a	Lo 75-2760 (Doko)	3323,34	a
CPAC 76-1169	2064,32	ab	Lo 75-1410	3142,26	ab
CPAC 76-350	1993,00	ab	Lo 75-1494	3138,05	ab
CPAC 76-1189	1932,09	ab	Lo 75-2280	3069,97	abc
Cristalina	1876,26	ab	CPAC 76-39	2919,06	abcd
CPAC 76-34	1853,34	ab	CPAC 76-34	2675,52	bcd
Lo 75-1494	1738,62	abc	IAC-7	2648,15	bcd
IAC-6	1635,01	bc	CPAC 76-1169	2508,47	cd
UFV-1	1588,69	bc	CPAC 76-1189	2410,91	d
Lo 75-2749	1196,74	cd	IAC-6	2366,69	d
IAC-2	865,22	d	Lo 75-2868	2337,22	d
Lo 75-2868	837,57	d	IAC-2	1600,26	e

* Média dos tratamentos irrigados e não irrigados.

** Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes (Duncan 5%).

rendimentos. O restante das cultivares ou linhagens ocupa uma posição intermediária. Contudo, elas atingiram rendimentos, sob condições irrigadas, que variaram entre 2.500 e 3.500 kg/ha, um rendimento satisfatório.

Durante 1979, observa-se que as três melhores cultivares sob condições irrigadas, Lo 75-2760 (Doko), Lo 75-1410 e Lo 75-2280 (Figura 3), apresentaram rendimentos relativos, sob condições de déficit hídrico, inferiores à média geral, o que sugere que aquelas cultivares que atingem os rendimentos mais elevados com irrigação são mais sensíveis ao déficit hídrico. Essa situação pode ser novamente observada com as cultivares CPAC 76-1189 e CPAC 76-1169 que, em 1980, apresentaram, sob condições irrigadas (Figura 4), os rendimentos mais elevados, mas, em condições de déficit hídrico, mostraram rendimentos relativos de 34 e 14%, respectivamente. No entanto, nos dois anos de experimentação, a cultivar Doko mostrou os rendimentos médios, sob condições sem e

com déficit hídrico, mais elevados (Tabela 3). Isto sugere que essa cultivar parece ter uma maior adaptabilidade às condições de déficit hídrico. Também pode ser observado nas Figuras 3 e 4 que as cultivares que apresentaram menores rendimentos sob condições irrigadas foram aquelas que apresentam, sob déficit hídrico, os maiores rendimentos relativos. Isto sugere uma falta de adaptabilidade delas às condições ambientais de Cerrado do DF.

Considerando que durante 1980 as cultivares foram submetidas a condições extremas de déficit hídrico, é interessante observar que os maiores rendimentos, sob essas condições, corresponderam às cultivares Doko e Cristalina, com rendimentos de, aproximadamente, 1.500 kg/ha, após um período de seca de 36 dias (evaporação tanque A = 245,8 mm). Esses rendimentos teriam sido superiores se o déficit hídrico não tivesse sido tão drástico como no caso do ano 1979, quando a cultivar Doko atingiu 2.500 kg/ha, aproximadamente,

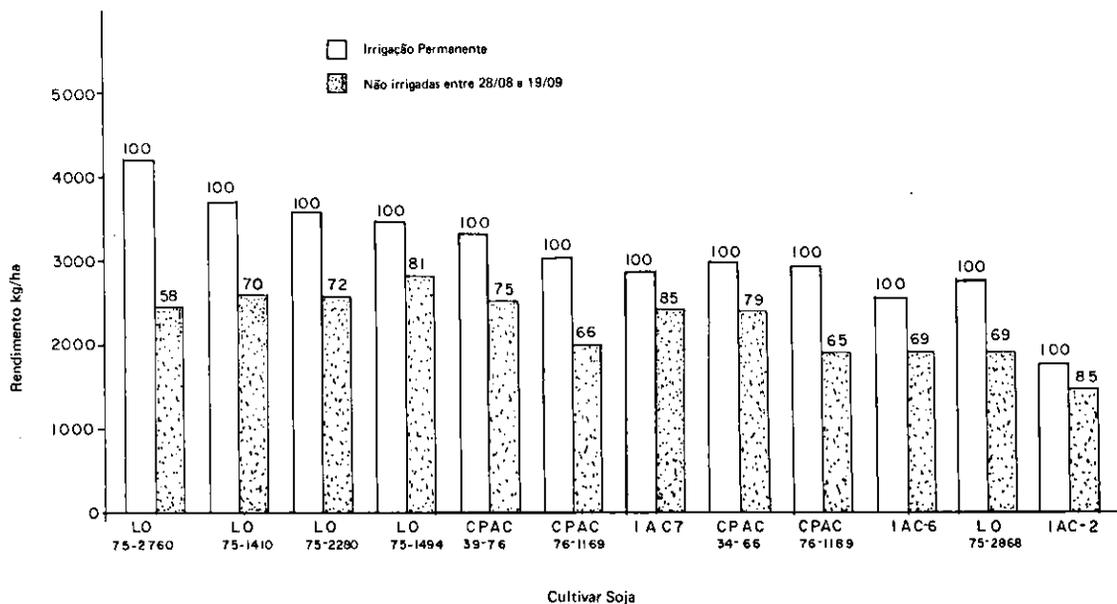


FIG. 3. Rendimentos das cultivares de soja, sem e com déficit hídrico, durante a época seca de 1979 (junho-nov.).

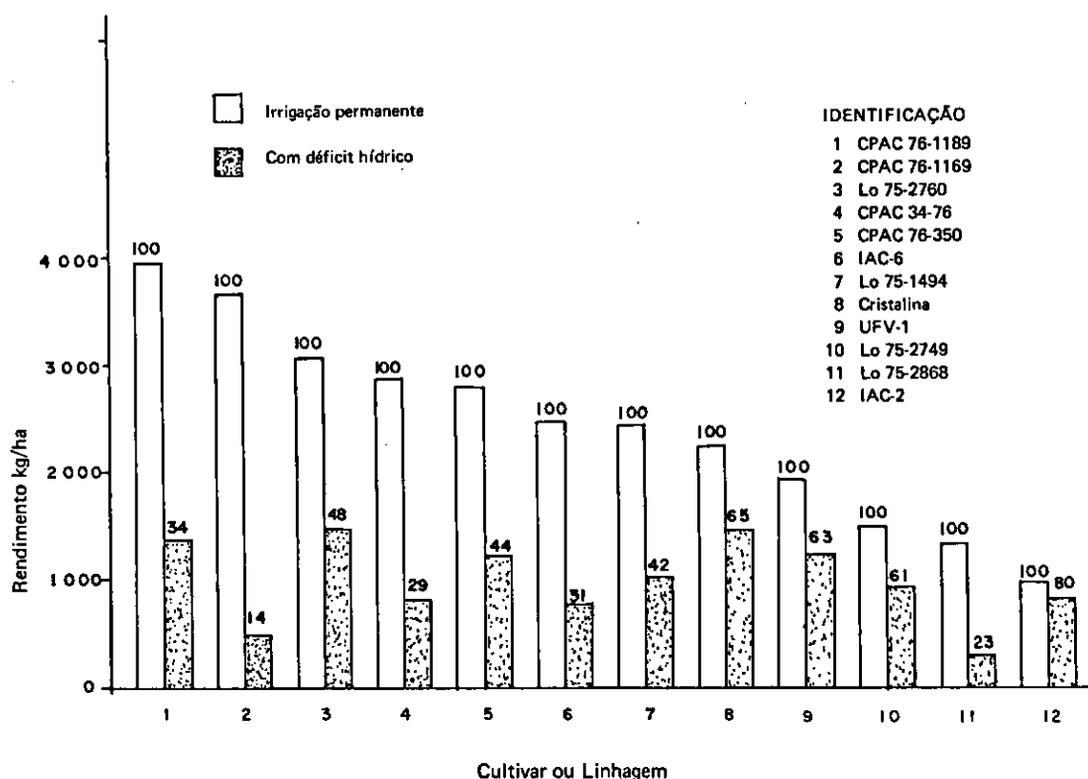


FIG. 4. Rendimentos das cultivares de soja, sem e com déficit hídrico, durante a época seca de 1980 (maio-out.).

após um período de seca de 27 dias ou 128 mm de evaporação no tanque A.

Na Tabela 5, pode ser observado o efeito do déficit hídrico sobre a área foliar das cultivares na época seca de 1980. Observa-se, na maior parte dos casos, um elevado efeito negativo do déficit hídrico sobre o índice de área foliar (IAF), confirmando ser este um parâmetro sensível ao estado da água na planta.

Contudo, não foi possível detectá-lo na relação entre o IAF e os rendimentos obtidos sob condições de irrigação permanente ou sob condições de déficit hídrico. Os resultados que aparecem na Figura 5 para o ano de 1980, foram similares aos obtidos na época seca de 1979. Sob condições de irrigação permanente, a relação entre IAF e rendimento foi de $r = 0,203$; não foi estatisticamente significativa, e confirmou Shaw & Laing (1966) que verificaram ser o rendimento função de um conjun-

to de parâmetros, e não apenas uma dependência do IAF. Por outro lado, sob condições de déficit hídrico, foi encontrada uma correlação negativa entre rendimento e IAF que não foi estatisticamente significativa, sugerindo que maior IAF resultou em menor rendimento. Isso pode ser explicado porque, sob condições de déficit hídrico, um maior IAF aumentou o nível do estresse de água dentro da planta devido a maior evapotranspiração. Ainda assim, quando foram correlacionados conjuntamente IAF e rendimentos obtidos sob condições de irrigação permanente e com déficit hídrico, foi obtida uma correlação positiva, significativa ao nível de 5% ($r = 0,485^*$), sugerindo que o IAF é, de qualquer forma, um componente importante nos rendimentos da soja. Também foi encontrada uma correlação negativa não significativa ($r = -0,186$) entre o IAF e a redução de rendimento das cultivares, o que sugere não

TABELA 5. Efeito do déficit hídrico na área foliar* de diversas cultivares de soja na época seca 1980.

Cultivar	Déf. hídrico	IAF	Área foliar (cm ²) por planta	Suspensão da irrigação desde	até
Lo 75-2749	Sem	7,79	1590,27	07/07	11/08
	Com	2,59	832,51		
CPAC 76-1169	Sem	6,19	2647,77	24/07	18/08
	Com	3,45	860,52		
Lo 75-2868	Sem	6,97	1277,02	24/07	18/08
	Com	5,06	1419,01		
Lo 75-1494	Sem	5,61	1526,52	16/07	20/08
	Com	4,26	1158,47		
CPAC 76-350	Sem	3,47	799,46	07/07	11/08
	Com	1,48	531,64		
CPAC 76-1189	Sem	4,59	1115,41	07/07	11/08
	Com	2,96	886,54		
CPAC 34-76	Sem	8,81	2397,47	24/07	18/08
	Com	4,72	1284,47		
Lo 75-2760 (Doko)	Sem	10,46	2043,26	16/07	20/08
	Com	3,67	890,77		
Cristalina	Sem	8,08	2072,98	07/07	11/08
	Com	3,64	1126,03		
IAC-6	Sem	8,06	3017,30	16/07	20/08
	Com	5,23	1304,18		
IAC-2	Sem	2,52	647,57	24/06	23/07
	Com	2,09	328,45		
UFV-1	Sem	1,95	438,05	24/06	23/07
	Com	1,49	326,39		

* Amostragem feita 25 dias após interrupção da irrigação.

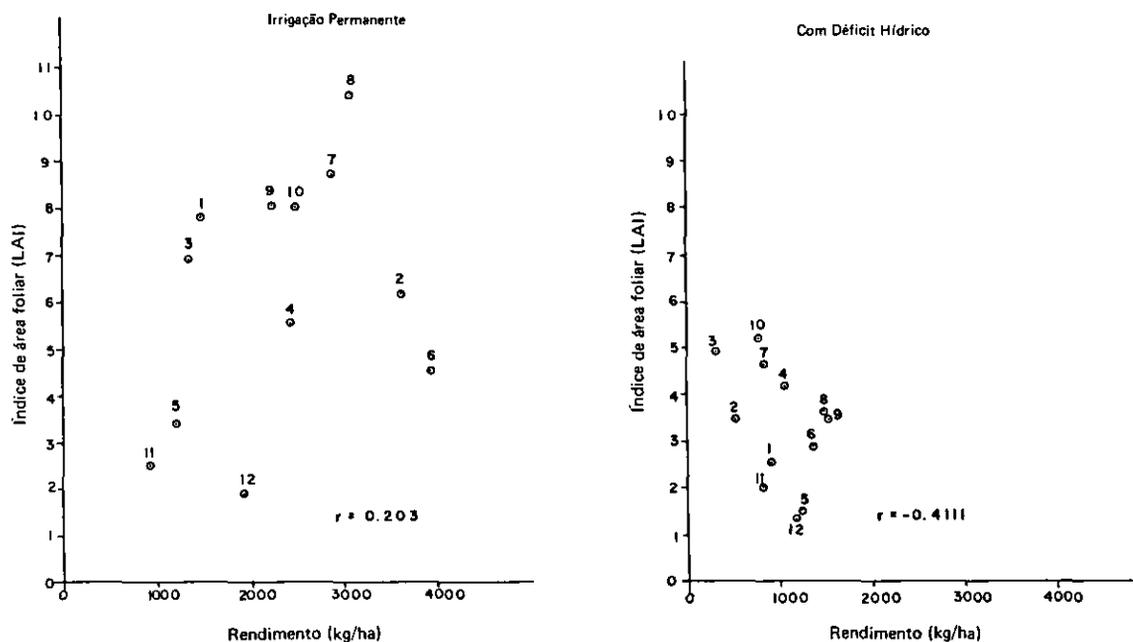


FIG. 5. Relação entre o índice de área foliar (IAF) e os rendimentos mostrados pelas cultivares testadas na época seca de 1980, sob condições de fornecimento normal de água e déficit hídrico, respectivamente.

existir um grau de homogeneidade como resposta ao déficit hídrico de parte das cultivares. Poderia ser esperado que aquelas cultivares que apresentam maior IAF e maior rendimento sob condições de irrigação, sejam as que mais sofrem na presença do estresse de água.

Na Tabela 6 e Figura 6 aparecem os resultados de densidade radicular de duas cultivares de elevado rendimento 'Doko' sob condições de seca, e

'Cristalina', e de duas cultivares de baixo rendimento, em 1980. Confirmando os resultados de Raper Junior & Barber (1970) e Al-Ithawi et al. (1980), foi encontrado que a maior parte do peso das raízes encontra-se restrito aos primeiros 20 cm do solo. No presente estudo, a maior diferença entre as cultivares foi encontrada na camada 0-20 cm. De modo geral, a densidade radicular diminuiu drasticamente abaixo dos 20 cm de profundidade e

TABELA 6. Distribuição relativa de raízes nas diferentes profundidades de solo em quatro cultivares de soja submetidas à irrigação permanente e déficit hídrico.

Cultivar ou linhagem	Prof. (cm) 0 - 20		Prof. (cm) 20 - 40		Prof. (cm) 40 - 60		Prof. (cm) 60 - 80		Prof. (cm) 80 - 100		Prof. (cm) 100 - 120	
	%		%		%		%		%		%	
	C.V.	I.P.	C.V.	I.P.	C.V.	I.P.	C.V.	I.P.	C.V.	I.P.	C.V.	I.P.
Lo 75-2760	82.9	81.71	7.10	5.49	2.26	2.23	4.19	3.46	2.58	4.88	0.97	2.24
Cristalina	82.78	79.93	4.01	11.31	0.95	1.46	4.48	3.65	3.54	2.92	2.83	0.73
IAC-2	75.21	68.13	10.26	7.97	2.99	3.99	4.27	6.37	4.70	7.97	2.56	5.58
UFV-1	77.56	64.55	5.37	9.80	3.41	6.63	6.83	10.09	4.83	5.76	2.44	3.17

C.V. = Com déficit hídrico

I.P. = Irrigação permanente

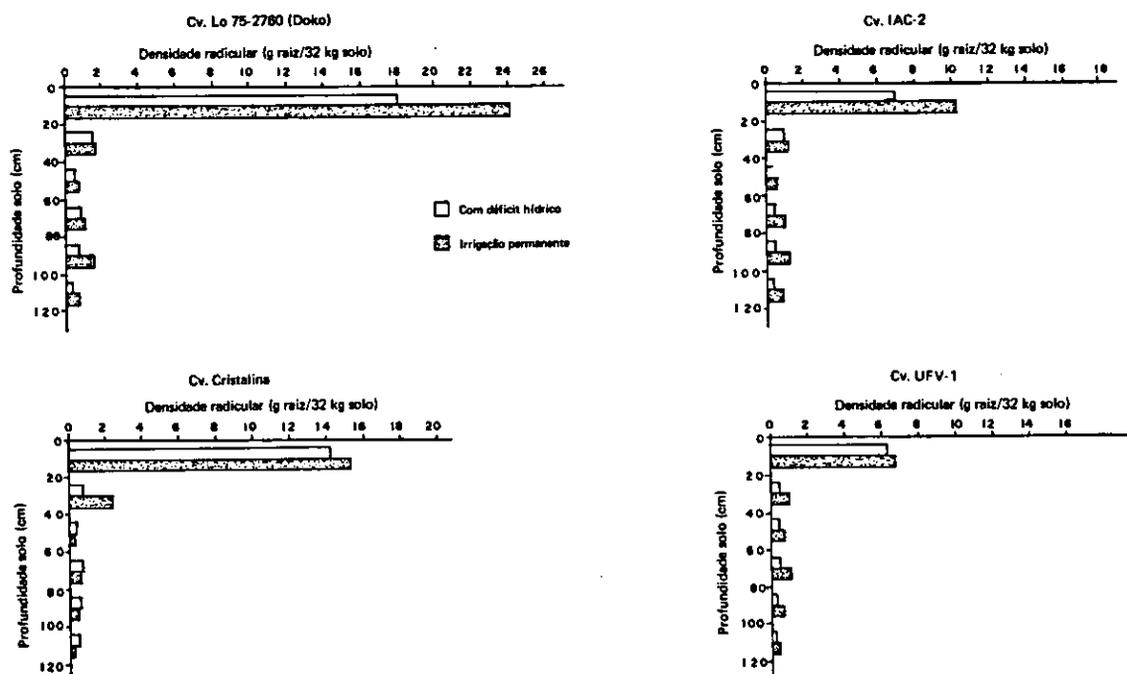


FIG. 6. Variação da densidade radicular de quatro cultivares de soja em função da profundidade do solo e do regime hídrico.

não se detectaram diferenças visíveis entre as cultivares. Apesar disso, a cultivar Doko parece apresentar maior densidade radicular que as outras cultivares, nas camadas inferiores do solo. Mais apropriado parece ser considerar a densidade radicular na primeira camada do solo como fator de seleção de cultivares em relação à resistência ao déficit hídrico. Contudo, Al-Ithawi et al. (1980), Boyer et al. (1980) e Taylor & Klepper (1973) evidenciam que a soja tem um forte potencial para extrair água e nutrientes do solo e que uma grande massa de raízes na superfície do solo não é um critério certo para indicar que a maior parte dos nutrientes e a água são aí absorvidos. A evidência indica que uma pequena porção do sistema radicular pode ser responsável pela maior parte da absorção de água da cultura. Stone et al. (1976) e Taylor & Klepper (1974) verificaram que as raízes mais velhas da superfície do solo são menos eficientes na condução de água que as raízes mais novas e profundas e que as raízes profundas são menos densas e não competem entre si, o que facilita a condução de água. Finn & Brun (1980), observaram que, na soja sob déficit hídrico, as reservas de carboidratos são remobilizadas das folhas e se acumulam nas raízes da planta.

CONCLUSÕES

1. A metodologia de campo adotada permite separar as cultivares testadas em relação à resistência ao déficit hídrico em três grupos: a. cultivares Doko e Cristalina (resistentes ao déficit hídrico); b. cultivares Lo 75-2868 e IAC-2 (não resistentes ao déficit hídrico); c. cultivares de resistência intermediária, com destaque para 'Lo 75-1410', 'Lo 75-1494', 'CPAC 76-34', 'CPAC 76-1169', 'CPAC 76-1189', 'CPAC 76-350'.

2. Foi observado que aquelas cultivares com maiores rendimentos sob irrigação foram as que apresentaram uma maior redução percentual de rendimento sob déficit hídrico. Ainda assim, esses rendimentos foram elevados em comparação às cultivares que mostraram menor potencial de rendimento.

3. A área foliar das cultivares mostrou uma grande sensibilidade ao estresse hídrico; a redução em IAF, devido à seca, foi considerável, até três

vezes menor, em alguns casos. No entanto, não foi observada uma clara relação entre IAF e o rendimento sob condições irrigadas ou não irrigadas, quando considerado o efeito separado.

4. A densidade radicular apresentada pelas cultivares resistentes à seca nos primeiros 20 cm de solo foi consideravelmente maior que no caso de cultivares que não apresentaram resistência. A maior parte da massa radicular (70-80%) nas cultivares estudadas foi encontrada nos primeiros 20 cm de solo. Menos de 10% da massa radicular foi encontrada em cada camada de 20 cm, na profundidade de 40 até 120 cm.

5. Não foram observadas diferenças apreciáveis na densidade radicular de cultivares com e sem déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- 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.*, 72:327-32, 1980.
- 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.
- 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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. Relatório técnico anual 1977-78. Brasília, 1979. 192p. il.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. Relatório técnico anual 1978-79. Brasília, 1980. 170p. il.
- ESPINOZA, W. Manejo da cultura visando o melhor aproveitamento da água nos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO; USO E MANEJO, 5, 1979. Brasília, Ed. Editerra, 1980. p.675-729.
- FINN, G.A. & BRUN, A. Water stress effects on CO₂ assimilation, photosynthate partitioning, stomatal resistance, and nodule activity in soybean. *Crop. Sci.*, 20(4):431-4, 1980.
- HANWAY, J.J. & THOMPSON, H.E. How a soybean plant develops. Ames, Iowa. Iowa State University Cooperative Extension Service, 1971. 18p. (Iowa State University. Cooperative Extension Service, Special Report, 53 rev.).
- OLIVEIRA, F.T.G. de.; SILVA, J.B. da.; GAZZONI, D.L. & ROWSSING, A.C. Manejo de pragas na cultura da soja; um caso de sucesso da pesquisa. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1980. 23p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos DDT, 1).

- RAPER JÚNIOR, C.D. & BARBER, S.A. Rooting systems of soybeans. II. Physiological effectiveness as nutrient absorption surface. *Agron. J.*, 62:585-8, 1970.
- SHAW, R.H. & LAING, D.R. Moisture stress and plant response. In: PIERRE, W.H.; HIRKHAM, D.J. & SHAW, R.E., eds. *Plant environment and efficient water use*. Madison, Wisc., ASA, SSSA, 1966. p.73-94.
- SHIBLES, R.; ANDERSON, I.C. & GIBSON, A.H. Soybean. In: EVANS, L.T., ed. *Crop physiology; some case histories*. Cambridge, Cambridge University, 1975. p.151-89.
- STONE, L.R.; TEARE, I.D.; NICHELL, C.D. & MAYAKI, W.C. Soybean root development and soil water depletion. *Agron. J.*, 68:677-82, 1976.
- SULLIVAN, T.P. & BRUN, W.A. Effect of root genotype on short water relations in soybeans. *Crop. Sci.*, 15: 319-22, 1975.
- TAYLOR, H.M. & KLEPPER, B. Rooting density and water extraction patterns for corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.*, 65:965-8, 1973.
- TAYLOR, H.M. & KLEPPER, B. Water relations of cotton: I Root growth and water use as related to top growth and soil water content. *Agron. J.*, 66: 584-8, 1974.
- VILELA, L.; MIRANDA, L.N. de.; PERES, J.R.R.; SOUZA, P.I. 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).