

INFLUÊNCIA DO “DÉFICIT” HÍDRICO SOBRE A EFICIÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR EM SOJA

CONFALONE, Adriana e NAVARRO DUJMOVICH, Miguel¹

¹ Catedra de Agrometeorologia- Facultad de Agronomia- UNCPBA-cx:178, 7300- Azul, BA, Argentina
(Recebido para publicação em 01/08/1999)

RESUMO

Avaliou-se a influência do déficit hídrico induzido durante as fases fenológicas da soja [*Glycine max (L.) Merrill*], variedade Asgrow 4656, de crescimento indeterminado e seu efeito sobre a interceptação da radiação solar e eficiência de seu uso da radiação solar. O “deficit” hídrico afetou a quantidade de radiação solar capturada e a eficiência de utilização da radiação de forma diferencial, segundo o momento e severidade do estresse.

Palavras-chave: soja, irrigação, radiação solar.

ABSTRACT

WATER STRESS EFFECT ON THE RADIATION EFFICIENCY BY SOYBEAN. The experiment was performed at the Experimental Station of the Facultad de Agronomia - UNCPBA, Buenos Aires in 1997/1998. The influence of water deficit applied at different phenological phases and its effects on radiation interception and radiation use efficiency was evaluated. The results revealed that water deficit altered the values of capture and radiation use efficiency differently according to the time and the severity of stress.

Key words: soybean, irrigation, solar radiation.

INTRODUÇÃO

A otimização da utilização dos recursos naturais é essencial para aumentar a produção de alimentos preservando o ambiente. Dentre estes recursos, a radiação solar constitui-se numa fonte energética básica.

A produção de matéria seca de uma cultura pode ser expressa como o produto de três termos: - O recurso disponível por unidade de superfície de solo, - a quantidade de recurso capturado por unidade de recurso disponível (eficiência de captura) e - a taxa de produção de matéria seca por unidade de recurso capturado (eficiência de utilização do recurso) (MONTEITH, 1994).

A partir disto, uma aproximação quantitativa pode ser usada para determinar a relação entre produção de biomassa e radiação interceptada. Este modelo simples, baseado na eficiência da utilização da radiação (EUR), determinado por MONTEITH em 1977, tem sido amplamente utilizado para prever a produtividade dos cultivos, mas poucos estudos têm considerado a variação de EUR durante o desenvolvimento da cultura, considerando a matéria seca total (incluindo as raízes) ou considerando o crescimento em condições hídricas limitantes (WHEELER *et al.*, 1993; COSTA *et al.*, 1996; CONFALONE *et al.*, 1997).

A cultura da soja se encontra geralmente, durante algum período de seu ciclo, sujeita a estresse hídrico, o que pode afetar seus mecanismos de captura e utilização dos recursos nos diferentes estádios de desenvolvimento (MUCHOW *et al.*, 1993).

Objetivou-se avaliar os efeitos do estresse hídrico aplicado em diferentes fases fenológicas de uma cultivar de soja, de crescimento indeterminado, sobre a captura e utilização da radiação solar, no agroambiente do centro da Província de Buenos Aires.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Faculdade de Agronomia - UNCPBA, BA, Argentina, (latitude 36°45'S; longitude 59°50'W, altitude 132 m), durante o ano agrícola 1997/98, em um local de topografia plana. A cultivar de soja utilizada foi a Asgrow 4656, de crescimento indeterminado. A semeadura foi feita no dia 26 de novembro, em fileiras com 0,70m de espaçamento e uma densidade de 29 plantas por metro quadrado.

O clima da região é temperado úmido com influência oceânica do tipo fundamental Cfb (KÖPPEN, 1931), que predomina na região centro-leste da província de Buenos Aires.

O solo foi caracterizado como Argiudol típico, segundo Soil Taxonomy (USDA-SMSS, 1990), com alto teor de matéria orgânica.

Os tratamentos utilizados foram: a - complemento da chuva por irrigação, durante todo o ciclo (II), mantido sempre próximo à capacidade de campo; b - déficit hídrico entre os estádios reprodutivos R1 e R4 (NI) ou seja, durante o período de florescimento; c - déficit hídrico entre os estádios reprodutivos R4-R6 (IN), no período de enchimento de grãos; d - sem irrigação, ou seja, exposto à chuva, durante todo o ciclo (S).

Utilizou-se o delineamento experimental, em blocos casualizados, com quatro repetições. As unidades experimentais, medindo 15 x 6m, separadas por uma bordadura de 3m, foram agrupadas em quatro blocos, separados entre si por uma bordadura de 3,5m. Com o fim de evitar a incidência das chuvas sobre as parcelas destinadas aos tratamentos com deficiências, foi implementado um sistema de coberturas semi-desmontáveis, de polipropileno transparente, que permitia cobri-las durante as precipitações e preventivamente durante a noite. Ao redor de cada parcela foram construídos canais de 10cm de largura, para evitar o escoamento de água de precipitação para o interior das parcelas.

Para determinar o fim de um estádio e o início de outro, na escala de FHER & CAVINESS (1977), considerou-se que as plantas de cada parcela atingiram determinado estádio de desenvolvimento quando 50% das plantas apresentavam as características morfológicas descritas na escala.

A lâmina de água aplicada diariamente como complemento da precipitação, foi distribuída por meio de um sistema de irrigação por gotejamento. Foi calculada, considerando-se a evapotranspiração de referência, esta

obtida por meio da equação Penman-FAO, a qual foi multiplicada pelo coeficiente de cultura para obter a evapotranspiração (ET_c) da cultura da soja (DOORENBOOS & PRUIT, 1977).

O valor de umidade do solo à capacidade do campo foi determinado no campo de acordo com o método de CASSEL e NIELSEN (1986).

A umidade do solo foi monitorada semanalmente pelo método gravimétrico (GARDNER, 1986). Nos períodos de irrigação, o solo foi mantido próximo da capacidade de campo.

Semanalmente foram determinados, em cada parcela, o peso seco de 10 plantas (incluindo raízes) e o índice de área foliar (IAF), com um analisador do dossel (LAI 2000, LI-COR, Inc.).

A eficiência na utilização da radiação (quantidade de matéria seca produzida por unidade de radiação interceptada) foi determinada para cada subperíodo fenológico a partir de regressões lineares entre radiação interceptada e matéria seca acumulada.

O nível de estresse hídrico da cultura foi determinado através de medições do potencial osmótico do suco celular (extraído de amostras da cultura) por meio de um refratômetro (SLAVIK, 1974). As medições foram feitas a intervalos de 5

dias e foram amostradas 5 folhas totalmente expandidas de plantas de cada parcela.

As determinações de matéria seca foram feitas em estufa ventilada, a 65°C até peso constante.

Os dados agrometeorológicos foram obtidos no local do experimento e os dados correspondentes ao decêndio 1987-1996 foram obtidos dos boletins Agrometeorológicos do Centro Regional de Agrometeorologia da Faculdade de Agronomia – UNCPBA (CRAGM, 1997/98).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características das condições meteorológicas durante o experimento e a média climática para os meses de duração do experimento com os dados mensais médios do decêndio 1987-1996 podem ser observadas na Tabela 1. Durante o experimento houve menor disponibilidade de radiação solar, principalmente nos meses de novembro e dezembro, a precipitação pluviométrica apresentou valores superiores ao decêndio nos meses de janeiro e fevereiro.

Os valores de temperatura média e de evapotranspiração de referência foram um pouco inferiores aos do período 1987-1996.

TABELA 1. Comparação das médias dos elementos do clima (radiação solar, precipitação e temperatura) e da evapotranspiração de referência (ET₀) durante o experimento (EXP) com as médias do decêndio (DEC) 1987-1996. Estação Experimental da Faculdade de Agronomia, Azul, Buenos Aires, Argentina

MESES	RADIACÃO (MJ.m ⁻² .d ⁻¹)		PRECIPITAÇÃO (mm.d ⁻¹)		TEMPERATURA (°C)		ET ₀ (mm.d ⁻¹)	
	EXP	DEC	EXP	DEC	EXP	DEC	EXP	DEC
NOV	21,4	23,3	60,7	86,7	16,1	16,9	3,2	3,9
DEZ	22,1	25,0	115,0	131,6	17,8	20,1	3,6	4,4
JAN	24,9	24,3	187,7	142,3	20,1	21,2	4,6	4,4
FEV	22,0	22,7	105,3	84,1	18,1	20,5	3,2	3,7
MAR	18,0	18,1	100,2	124,5	17,5	19,2	2,7	2,7

Fonte: Boletines Agrometeorológicos CRAGM-UNCPBA

A emergência (E) ocorreu no dia três de dezembro, sete dias após a sementeira. Na Tabela 2, pode-se observar a duração, em dias, de cada sub-período fenológico, assim como os valores de potencial osmótico, e as variações no IAF. Observa-se que até o máximo volume de grãos (R6), não houve diferença na fenologia entre os tratamentos. A partir de R6, o tratamento II levou 20 dias para atingir a maturação fisiológica, R7, contra 14 dias do tratamento NI e dez dias do IN.

O resultado do potencial osmótico das folhas mostrou tendência a menores valores para os tratamentos com deficiência hídrica (-1,85 Mpa e -1,77 Mpa), nos tratamentos IN e NI, respectivamente. Na cultura sem estresse observou-se uma diminuição dos valores ao longo do ciclo.

O IAF do tratamento NI, sofre uma forte queda no crescimento (Tabela 2). No tratamento IN, que havia desenvolvido um grande IAF até R4, apresentou uma importante queda no IAF, devido ao efeito direto do déficit hídrico inferido, sobre o metabolismo do nitrogênio (WITTENBACH, 1982; CRAFTS-BRANDNER & EGLI, 1987; STEVEN *et al.*, 1986), e também pelo efeito indireto do desbalanço entre a fonte e a demanda (SINCLAIR & DE WIT,

1975; FRANCESCHI & GIAQUINTA, 1983; FREDERICK & HESKETH, 1994).

Durante todo o ciclo houve uma tendência a menores valores para os tratamentos sem irrigação. Estes valores são menores nas fases de florescimento e enchimento de grãos. A aplicação das coberturas provocou stresse maior do que o originado nas parcelas de sequeiro.

Desde o momento da aplicação dos tratamentos, os dados relativos à evolução da radiação interceptada, mostraram diferenças significativas (Tabela 3).

A deficiência hídrica provocou a diminuição do IAF dos tratamentos sem irrigação, com relação ao irrigado, o que afetou a captura de radiação.

Nos tratamentos sob coberturas, ocorreu uma diminuição nos valores de EUR.

Somente o tratamento NI não alcançou o IAF crítico. O nível de 95% de interceptação da radiação, ocorreu aos 48 DAE nos tratamentos sob irrigação, enquanto que no tratamento S, a ocorrência se deu aos 78 DAE.

TABELA 2. Duração (d), em dias, variação do IAF e as médias das valores de potencial osmótico do suco celular (P.O.), dos tratamentos nos distintos subperíodos fenológicos, durante o ano agrícola 1997-1998. Estação Experimental da Faculdade de Agronomia, Azul, Buenos Aires, Argentina .

Subperíodos	II			NI			IN			S		
	d (dias)	IAF	P.O. Mpa	d (dias)	IAF	P.O. MPa	d (dias)	IAF	P.O. MPa	d (dias)	IAF	P.O. MPa
E-R1	50	0,0-2,4	-0,84	50	0,0-2,4	-0,85	50	0,0-2,4	-0,84	50	0,0-1,8	-0,99
R1-R4	21	2,4-6,0	-0,87	21	2,4-4,1	-1,85	21	2,4-6,0	-0,82	21	1,8-5,3	-1,00
R4-R6	30	6,0-3,0	-0,90	30	4,1-2,0	-0,91	30	6,0-0,0	-1,77	30	5,3-2,4	-1,11
R6-R7	20	3,0-0,0	-0,92	14	2,0-0,0	-1,92	10	0,0-0,0	-0,94	20	2,4-0,0	-1,10

Tratamentos: II = irrigado por todo o período, mantido sempre próximo da capacidade de campo; NI = seca entre os estádios reprodutivos R1 e R4; IN = seca entre os estádios reprodutivos R4-R6; S = sem irrigação

Sub-períodos: E = emergência; R1= início da floração; R4 = legume completamente desenvolvida; R6 = semente completamente desenvolvida

TABELA 3. Radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada (IRFA; MJ.m⁻².d⁻¹), eficiência na utilização da radiação (EUR; g.MJ⁻¹), nas distintos períodos fenológicos, para todos os tratamentos

TRAT	VEGETATIVA		FLORESCIMENTO		ENCHIMENTO GRÃOS	
	IRFA	EUR	IRFA	EUR	IRFA	EUR
II	5,45 a	1,37 b	9,50 a	1,38 b	10,60 a	1,36 b
NI	5,39 a	1,39 b	7,10 c	1,04 c	9,20 b	1,19 c
IN	5,50 a	1,35 b	9,55 a	1,37 b	9,40 b	0,97 d
S	4,08 b	1,82 a	8,52 b	1,92 a	9,45 b	1,61 a

* Comparações na vertical, seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan (P < 0.05) períodos: Vegetativo: E-R1, Florescimento: R1-R4, Enchimento de grãos: R4-R6

Os resultados apresentados na Tabela 3, mostram que os tratamentos com estresse induzido (NI e IN) alcançaram os menores valores de eficiência de utilização da radiação quando comparado com o irrigado durante todo o período o tratamento NI diminuiu em 25% a EUR na fase de florescimento, enquanto que o tratamento IN diminuiu em 29% esta eficiência, no período de enchimento de grãos. O tratamento S foi mais eficiente em converter radiação solar em matéria seca que o tratamento irrigado durante todo o ciclo, em todas as fases fenológicas. O aumento da eficiência foi de 25%, 28% e 16% respectivamente, nos períodos vegetativo, florescimento e enchimento de grãos. Se pode observar que, ao mesmo tempo, a radiação interceptada foi reduzida em 25%, 24% e 21% respectivamente nos períodos vegetativo, florescimento e enchimento de grãos.

Os valores de EUR encontrados neste experimento, variaram de 0.97 a 1.92 g.MJ⁻¹, dependendo do estágio de desenvolvimento e do tratamento hídrico. Para o tratamento com irrigação, o valor de EUR médio foi de 1,37 g.MJ⁻¹, encontrando-se, este valor, dentro dos valores registrados na literatura. O valor de EUR médio para soja, determinado por WARREN e WILSON (1971) foi de 1,3 g.MJ⁻¹; outros autores encontraram valores de EUR que variaram entre 0,9 g.MJ⁻¹ a 2,67 g.MJ⁻¹ (NAKASEKO e GOTOH, 1983; MUCHOW *et al.*, 1993) em culturas sem estresse hídrico. Os valores mais baixos, entre 0,72 e 0,60 g.MJ⁻¹ foram registrados por WEBER, (1966) e MUCHOW, (1985), respectivamente e têm sido atribuídos ao baixo conteúdo de nitrogênio nas folhas (SINCLAIR, 1986). É também importante destacar que estes valores foram calculados com limitadas colheitas de biomassa, ou com medidas de interceptação calculadas em função do IAF e do coeficiente de extinção, ou seja, sem medidas diretas (MUCHOW *et al.*, 1993).

Os resultados mostraram que a eficiência de utilização da radiação, permanece praticamente constante nas

diferentes fases fenológicas da cultura que se encontra crescendo em condições hídricas não limitantes. Semelhantes resultados foram encontrados por MONTEITH e ELSTON (1983) e por MUCHOW *et al.* (1993) que expressam que em condições hídricas e nutricionais não limitantes, e na ausência de pragas e doenças a EUR não apresenta variações ao longo do ciclo da cultura de soja indeterminada. Em condições de déficits hídricos importantes, a EUR diminui, enquanto que em condições de estresse suave, a EUR aumenta, o que de certa forma compensa a menor radiação interceptada pela diminuição dos mecanismos de captura.

CONCLUSÕES

A eficiência da radiação solar permanece relativamente constante nas diferentes fases fenológicas da cultura da soja, crescendo em condições ótimas. Entretanto, essas diferenças são mais acentuadas nos tratamentos crescendo em condições de deficiências hídricas. Quando é exposta a estresse hídrico leve, a soja tende a maximizar a eficiência de utilização da radiação e a diminuir a eficiência de interceptação da RFA. O déficit hídrico severo reduz a eficiência de utilização da radiação.

O "déficit" hídrico produz um efeito diferencial sobre o crescimento e produção de biomassa na cultura da soja, segundo o momento e a severidade do estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASSEL, D.K., NIELSEN, D.R. Field capacity and available water capacity. In: KLUTE, A. (ed.) **Methods of soil analysis**, Madison, ASA-SSSA, Monograph N° 9, 1986, 25p.

- CONFALONE, A., COSTA, L. C., PEREIRA, C. R. Eficiência de uso de la radiación em distintas fases fenológicas bajo estres hídrico. **R. Fac. Agron.**, v. 17, n. 1, p. 63-66, 1997.
- COSTA, L. C., MORISON, J., DENNETT, M. Carbon balance of growing faba bean and its effect on crop growth: experimental and modelling approaches. **R. Bras. Agromet.**, v. 4, n. 2, p. 11-17, 1996.
- CRAFTS-BRANDNER, S., EGLI, D.B. Sink removal and leaf senescence in soybean. **Plant Physiol.**, v.85, p.662-666, 1987.
- CRAGM. Boletines Agrometeorológicos del Centro-Sur de la Provincia de Buenos Aires. 1977-1998. Facultad de Agronomía. UNCPBA. Argentina.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. **Necesidad de agua de los cultivos**, Roma: FAO, 1977. 194 p. (Serie riego y Drenaje).
- FEHR, W.R., CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**, Iowa Agric. Exp. Station, 1977. 80 p.(Spec. Rep.).
- FRANCESCHI, V., GIAQUINTA, R. The paravenial mesophyll of soybean leaves in relation to assimilate transfer and compartamentation. **Planta**, v. 157, p.411-421,1983.
- FREDERICK, J., HESKETH, J., Genetic improvement in soybean: physiological attributes. In: SLAFER, G. (ed) **Genetic improvement of field crops**. New York. 1994, p.237-286.
- GARDNER, W. H. Water content (Ed.) **Methods of soil analysis**. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, Wi, 1986, p. 493-594.
- KÖPPEN, W. **Grundriss der klimakunde**, Walter de Gruyter, Berlin, 1931, 338 p.
- MONTEITH, J.L. Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass. **Agric. For. Meteorol.** Amsterdam, v. 68, p. 220- 231, 1994.
- MONTEITH, J.L., ELSTON, J. Performance and productivity in the field. In DALE, J.E., MILTHORPE, F.L. (Eds) **The growth and functioning of leaves**. Cambridge University Press, 1983, p.499-518.
- MUCHOW, R.C. An analysis of the effects of water deficits on grain legumes grown in a semi-arid tropical environment in terms of radiation interception and its efficiency of use. **Field Crops Res.**, v.11, p. 309-323, 1985.
- MUCHOW, R.C; ROBERTSON, M.J., PENGELLY, B.C. Radiation-use efficiency of soybean, mungbean and cowpea under different environmental conditions. **Field Crops Res.**, v. 32 p.1- 6, 1993.
- NAKASEKO, N., GOTOH, K. Comparative studies on dry matter production, plant type and productivity in soybean, azuki bean, and kidney bean. **Jpa. J. Crop Sci.**, v.52, p. 49-58, 1983.
- SINCLAIR, T.R. Water and nitrogen limitations in soybean grain production. I. Model development. **Field Crop Res.**, v.15 p. 125-141, 1986.
- SINCLAIR, T., de WIT, C. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. **Science**, v.18, p.565-567, 1975.
- SLAVIK, B. **Methods of studying plant water relations**, Prague: Academy Publishing Company, 1974. 565 p.
- STEVEN, M., BISCOE, P., JAGGARD, K., PAUNTU, J. Foliage cover and radiation interception. **Field Crop Res.**, v.13, p.75-87, 1986.
- USDA-SMSS. Department of Agriculture. Soil Management Support Services. **Keys to soil taxonomy**. Washington, 1990. 422 p. (tech monograph, 19)
- WARREN WILSON, J. **Maximum yield potential**. In: Transition from Extensive o Intensive Agriculture with Fertilizers. Proc. 7th Colloquium Int. Potash Inst, IPI, Berne, 1971.
- WEBER, C.R. Effects of defoliation and topping simulating hail injury to soybeans. **Agron. J.** v. 47p. 262-266, 1966.
- WHEELER, T.R.; HADLEY, P.; ELLIS, R.H.; MORISON, J. Changes in growth and radiation use by lettuce crops in relation to temperature and ontogeny. **Agric. For. Meteorol.**, 66: 173-186. 1993.
- WITTENBACH, V. Effect of pod removal on leaf photosynthesis and soluble protein composition of field-grown soybeans. **Plant Physiology** v.70, p.1544-1548, 1982.