

# INFLUÊNCIA DO DÉFICIT HÍDRICO SOBRE A EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM SOJA

Adriana CONFALONE, Miguel NAVARRO DUJMOVICH, Alejandra CAÑIBANO e Patricia

SASTRE<sup>1</sup>

## RESUMO

O experimento foi conduzido na estação experimental da Faculdade de Agronomia-UNCPBA, BA, Argentina, em 1997/998. Avaliou-se a influência do estresse hídrico durante as fases fenológicas da soja (*Glycine max* [L.] Merrill), variedade Asgrow 4656, de crescimento indeterminado. O estresse hídrico afetou a quantidade de radiação capturada e a eficiência de utilização da radiação. Quando exposta ao estresse hídrico leve, a soja tende a maximizar a eficiência de utilização da radiação.

**Palavras-chave:** soja, irrigação, radiação

## INTRODUÇÃO

A otimização dos recursos naturais é essencial para aumentar a produtividade preservando o ambiente, sendo a luz um dos principais recursos.

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 simples modelo, eficiência na utilização da radiação (RUE) , determinado por Monteith em 1977, tem sido amplamente utilizado para prever a produtividade dos cultivos, mas poucos estudos têm considerado a variação de RUE 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, 1994; Confalone, 1997).

---

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía-UNCPBA, Azul, BA, Argentina

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., 1994).

O objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos do estresse hídrico aplicado em diferentes fases fenológicas da cultura da soja de crescimento indeterminado, sobre a captura e utilização da radiação, no agroambiente do centro da Província de Buenos Aires.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado durante o verão 1997/98, na estação experimental da Faculdade de Agronomia de Azul, Província de Buenos Aires (lat.: 36°45'S; long.: 59°50'W e 132 m). A variedade de soja Asgrow 4656, de crescimento indeterminado, foi semeada a uma densidade de 29 plantas por metro quadrado, em blocos casualizados em um delineamento de parcelas subdivididas em quatro blocos, sendo o tratamento principal as condições de complemento hídrico. As parcelas foram cobertas com polipropileno transparente sobre estruturas semi-desmontáveis. Os tratamentos utilizados foram: a - irrigado por todo o período (II), mantido sempre próximo à capacidade de campo, b - seco entre os estádios reprodutivos R1 e R4, ou seja, durante o florescimento, partindo de R1 com 50 % de água útil no perfil do solo de 40 cm de profundidade (NI), c - seco entre os estádios reprodutivos R4-R6 (IN), ou seja, no período de enchimento de grãos, d - seco, ou seja, exposto à chuva (S).

A lâmina de água a ser aplicada diariamente, por meio de um sistema de irrigação por gotejamento foi calculada considerando-se a evapotranspiração de referência por meio da equação Penman-FAO e multiplicada pelo coeficiente da cultura para obter a evapotranspiração da soja (Doorenbos & Pruitt, 1977)

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR), interceptada pelo dossel, foi medida em intervalos de dois dias, ao meio dia solar com um sensor quântico linear (LI-COR 1000). Os dados meteorológicos diários foram monitorados no local.

Semanalmente foram determinados o peso seco de 10 plantas (incluindo raízes) e o índice de área foliar (IAF). 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 estresse hídrico foi determinado através de medições do potencial osmótico do suco celular (extraído de amostras da cultura) por meio de um refratômetro (Slavik, 1974). O conteúdo de

umidade do solo e a evapotranspiração real (ETr), foram determinados pelo método gravimétrico (Gardner, 1986). Nos períodos de irrigação, o solo foi mantido próximo à capacidade de campo.

Para determinar o fim de um estádio e o início de outro, se utilizou a chave de Fher e Caviness (1977)

Semanalmente foram efetuadas medições de índice de área foliar, utilizando-se um analisador de dossel (LAI 2000, LI-COR, Inc.).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 se pode observar as características das condições meteorológicas durante o experimento, comparada com os dados mensais médios dos últimos dez anos.

QUADRO 1 - Comparação da média dos elementos do clima durante o experimento (EXP) e a média da última década (DEC)

MESES	RAD. (MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )		PRECIP. (mm.d <sup>-1</sup> )		TEMP.MAX. (°C)		TEMP. MIN (°C)	
	EXP	DEC	EXP	DEC	EXP	DEC	EXP	DEC
NOV	21.36	23.3	87.3	82.9	22.3	23.9	10	10
DEZ	22.12	25	67.3	86.3	24.4	27.1	11.2	13.1
JAN	27.04	24.3	187.7	85.1	27.1	28.5	13	13.9
FEV	22	22.7	50	87.2	23.7	27.5	12.6	13.6
MAR	18.9	18.1	57.4	105.1	24.4	25.8	10.6	12.5

Durante o período do experimento, com exceção do mês de janeiro, houve maior disponibilidade de radiação em todos os meses. Em relação à precipitação, o mês de janeiro apresentou valores mais elevados, que superaram ao duplo da média dos últimos dez anos.

A cultura da soja foi semeada dia 26 de novembro, ocorrendo a emergência dia três de dezembro. No Quadro 2 pode-se observar os dias de duração de cada sub-período fenológico, a relação entre a ETr e a ETc e as variações no IAF.

QUADRO 2: Duração (d), em dias e evapotranspiração diária do cultivo (ETc), para cada subperíodo considerado, variação do IAF e dos valores da relação ETR/ETc, nos distintos tratamentos

Sub-períodos	ETc mm/dia	II			NI			IN			S		
		d (dias)	IAF	ETR/ ETc	D (dias)	IAF	ETR/ETc	d (dias)	IAF	ETR/ETc	d (dias)	IAF	ETR/ETc
E-R1	2.21	50	0.0-2.4	1.10	50	0.0-2.4	1.10	50	0.0-2.4	1.10	50	0.0-1.8	0.80
R1-R4	4.22	21	2.4-6.0	1.00	21	2.4-4.1	0.31	21	2.4-6.0	1.00	21	1.8-5.3	0.81
R4-R6	3.15	30	6.0-3.0	1.00	30	4.1-2.0	1.00	30	6.0-0.0	0.28	30	5.3-2.4	0.77
R6-R7	1.35	20	3.0-0.0	1.00	14	2.0-0.0	1.00	10	0.0-0.0	1.00	20	2.4-0.0	0.90

\* Comparações na vertical, seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0.05$ )

O IAF do tratamento NI, sofreu uma forte queda no crescimento por causa do estresse hídrico inferido (ver relação ETR/Eto, no Quadro 2)

No tratamento IN, que havia desenvolvido um grande IAF até R4, apresentou uma queda importante no IAF, devido ao balanço entre as poucas folhas novas produzidas e à grande quantidade de folhas senescentes. Durante o período de enchimento de grãos, a seca produziu uma severa desfolha das folhas basais, produzida pela exportação de nitrogênio às outras partes da planta, isso pode ser interpretado como uma adaptação das plantas às condições de estresse hídrico (Sionit & Kramer, 1977)

Os valores de potencial osmótico refletem os períodos de estresse de cada tratamento. Apesar de que o total de água de chuva foi teoricamente suficiente durante o ciclo da cultura, essa precipitação apresentou uma distribuição irregular, pelo que se pode observar que também o tratamento S apresentou períodos de estresse (Quadro 3)

QUADRO 3: Valores de potencial osmótico (Mpa), para distintos dias depois da emergência (DDE), nas fases: vegetativa (VEG.), florescimento (FLO.) e enchimento de grãos (EG.) para os dois tratamentos

DDE	Fase	II	S	NI	IN
39	VEG.	-0.69	-0.99	-0.68	-0.67
41	VEG.	-0.78	-0.99	-0.79	-0.77
44	VEG.	-0.79	-1.01	-0.78	-0.78
50	VEG.	-0.80	-1.00	-0.79	-0.78
58	FLO.	-0.99	-0.99	-1.20	-0.80
61	FLO.	-0.98	-0.99	-1.56	-0.82
71	FLO.	-0.97	-1.22	-2.80	-0.85
86	LL.G.	-0.98	-1.10	-0.89	-1.75
95	LL.G.	-0.98	-1.10	-0.82	-2.85

O potencial osmótico das folhas mostrou que 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. Estos valores son menores en las fases de floración y llenado de granos. Os tratamentos provocaram um stress maior do que o originado nas parcelas de sequeiro (Quadros 2 e 3).

Os tratamentos sem irrigação e sem chuva, foram os que apresentaram os valores mais baixos de potencial osmótico.

Desde o momento da aplicação dos tratamentos, os dados relativos à evolução da radiação interceptada, mostraram diferenças significativas (Quadro 4).

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, existiu uma diminuição nos valores de RUE.

Somente o tratamento NI não alcançou o IAF crítico. 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.

Quadro 4: Radiação fotossintética interceptada (IPAR; MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>), eficiência na utilização da radiação (RUE; g. MJ<sup>-1</sup>), nas distintas fases fenológicas para todos os tratamentos

TRAT	VEGETATIVA		FLOR		ENCH. GRÃOS	
	IPAR	RUE	IPAR	RUE	IPAR	RUE
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

Os resultados apresentados no quadro 4, mostram que os tratamentos com estresse induzido (NI e IN) mostraram os menores valores de eficiência de utilização da radiação. O tratamento NI diminuiu em 25 % a RUE, comparada com o irrigado durante todo o período, 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 RUE encontrados neste experimento, variaram de 0,97 a 1,92 g.MJ<sup>-1</sup>, dependendo do estágio de desenvolvimento e do tratamento hídrico. Para o tratamento com irrigação, o valor de RUE médio foi de 1,37 g.MJ<sup>-1</sup>, encontrando-se, este valor, dentro dos valores registrados na literatura. O valor de RUE médio para soja, determinado por WARREN e WILSON (1971) foi de 1,3 g.MJ<sup>-1</sup>; outros autores encontraram valores de RUE que variaram entre 0,9 g.MJ<sup>-1</sup> a 2,67 g.MJ<sup>-1</sup> (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<sup>-1</sup> 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 têm sido 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, 1992).

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, RUE não apresenta variações ao longo do ciclo da cultura de soja indeterminada. Em condições de déficits hídricos importantes, a RUE diminui, enquanto que em condições de estresse suave, a RUE aumenta, o que de certa forma compensa a menor radiação interceptada pela diminuição dos mecanismos de captura.

## CONCLUSÕES

A eficiência de utilização da radiação permanece relativamente constante nas diferentes fases fenológicas da cultura da soja, crescendo em condições ótimas, entretanto, estas diferenças se fizeram notáveis nos tratamentos crescendo em condições de deficiências hídricas. Quando é exposta a estresse hídrico leve, a soja tende a maximizar o RUE e a diminuir a eficiência de interceptação de radiação PAR.

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.

## BIBLIOGRAFIA

- 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.).
- MONTEITH, J.L. Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass. **Agric. For. Meteorol.** Amsterdam, v. 68, p. 220- 231, 1994b.
- 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.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT user's guide: Release 6.03 ed. **SAS Ins**, Cary, NC. (1996).
- SHIBLES, R.M., WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v. 5, p. 53-56 1966.
- SINCLAIR, T.R. Water and nitrogen limitations in soybean grain production. I. Model development. **Field Crop Res.**, v.15 p. 125-141, 1986.
- SLAVIK, B. **Methods of studying plant water relations**, Prague: Academy Publishing Company, 1991. 565 p.
- 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