

RENDIMENTO DE GRÃOS DE CULTIVARES DE SOJA EM SOLO DE VÁRZEA

ANDRÉ LUIS THOMAS¹, JOÃO LEONARDO FERNANDES PIRES², VALMIR GAEDKE MENEZES³

RESUMO: Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha-Rio Grande do Sul, nas safras de 1997/98 e 1998/99, com objetivo de avaliar o rendimento de grãos da soja em solo de várzea. Na safra de 1997/98 foram avaliados 20 cultivares, sob uma precipitação de 774 mm e duas irrigações por inundação. O rendimento médio de grãos foi de 2598 kg/ha, destacando-se como mais produtivo o cultivar FT-Abyara (3727 kg/ha), não diferindo de outros 17 cultivares. O cultivar BR-4 apresentou menor rendimento (1555 kg/ha). Na safra de 1998/99, foi avaliado o rendimento de grãos de 30 cultivares, sob uma precipitação pluvial de 346 mm sendo analisado o efeito de dois períodos de inundação: um, de oito dias quando as plantas estavam com seis folhas desenvolvidas, e outro, de dois dias no início do enchimento de grãos. O rendimento médio de grãos foi 1010 kg/ha, com maior rendimento no cultivar FT-2004 (2065 kg/ha), não diferindo estatisticamente de outros 14 cultivares. Esses resultados demonstraram a existência de variabilidade genética nos cultivares de soja com excesso de água no solo.

Palavras chaves: *Glycine max*, irrigação por inundação, tolerância à inundação.

GRAIN YIELD OF SOYBEAN CULTIVARS IN FLOODED SOIL

SUMMARY: Two experiments were performed at the Rice Experimental Farm of IRGA, in the county of Cachoeirinha-Rio Grande do Sul, Brazil, in the 1997/98 and 1998/99 growing seasons, with objective to evaluate soybean grain yield grown in flooded soil. In the 1997/98 growing season, 20 cultivars were evaluated, under 774 mm of precipitation and two flooding irrigation at the reproductive stage. The medium grain yield was of 2598 kg/ha, the cultivar FT-Abyara (3727 kg/ha) produced the highest yield, and did not differ of other 17 cultivars. The cultivar BR-4 had the lowest grain yield (1555 kg/ha). In 1998/99 growing season, were evaluated 30 cultivars, under 346 mm of precipitation and two flooding periods: one of eight days when plants had six developed leaves and another of two days in the seed-formation begin. The medium grain yield was of 1010 kg/ha, with the highest yield in the cultivar FT-2004 (2065 kg/ha), although it did not differ of other 14 cultivars. These results demonstrated the existence of genetic variability in soybean cultivars under excess of soil water.

Key words: *Glycine max*, flood irrigation, flooding tolerance.

INTRODUÇÃO

A rotação de culturas, em solos de várzea, é uma prática recomendada para aumentar o rendimento de grãos do arroz, quer pelo efeito direto de quebrar o ciclo de insetos pragas, moléstias e de plantas daninhas, que prejudicam o desenvolvimento do arroz ou pelo efeito indireto na melhoria das condições químicas e físicas do solo. Entretanto, para que este efeito ocorra, é necessário buscar espécies e/ou cultivares que se adaptem às condições de excesso de água no solo e que proporcionem retorno econômico ao produtor. Nesse contexto, enquadra-se a cultura da soja, que, embora

introduzida e melhorada para áreas bem drenadas no Brasil, é uma espécie originária de áreas alagadiças do norte da China (EVANS, 1996), que, possivelmente, mantém em seu germoplasma, genes capazes de permitir sua adaptação às condições impostas pelo cultivo em várzeas.

O excesso de água no solo, seja em áreas naturais ou cultivadas, modifica o ambiente explorado pelas raízes das plantas, acarretando uma série de restrições ao seu desenvolvimento. Dentre as principais modificações, pode-se destacar alterações na atmosfera do solo promovendo a deficiência de oxigênio, acúmulo de gás carbônico

¹ Eng.º. Agr.º. M. Sc., professor do Departamento de Plantas de Lavoura da FA/UFGRS. Caixa Postal 776, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS.

² Eng.º. Agr.º. M. Sc., acadêmico de doutorado da FA/UFGRS. Bolsista do CNPq.

³ Eng.º. Agr.º. M. Sc., pesquisador da Estação Experimental do Arroz do IRGA. Caixa Postal 29, CEP 94930-030, Cachoeirinha, RS.

Recebido para publicação em 20/10/1999.

e etileno (COSTA, 1996), além de poder aumentar a disponibilidade de ferro (Fe) e Manganês (Mn), em níveis tóxicos às plantas. A redução, nos teores de O₂ no solo, induz a diminuição da respiração aeróbica nos tecidos submergidos, aumenta a respiração anaeróbica e por conseqüência diminui a disponibilidade de energia ao desenvolvimento das plantas (MARSCHNER, 1995). A adaptação ao excesso de água no solo em muitas espécies, está associada a modificações bioquímicas, morfológicas e anatômicas nas raízes e na parte aérea (VARTAPETIAN e JACKSON, 1997).

As leguminosas podem ser particularmente sensíveis ao excesso de água no solo, porque são dependentes da fixação simbiótica de nitrogênio, sendo esse um processo que requer disponibilidade de oxigênio e energia. No entanto, a modificação no padrão radicular com a morte de raízes estabelecidas antes da hipoxia e desenvolvimento de um novo sistema radicular, com predomínio de raízes adventícias e com tecido aerenquimatoso, pode proporcionar novos sítios de nodulação com suficiente oxigenação e suprimento de N. A formação de aerênquima na planta, sob condições de excesso de água, possibilita a transferência interna de O₂ atmosférico ou fotossintético da parte aérea aos tecidos submergidos, a fim de manter a respiração aeróbica, a fixação simbiótica de N e o crescimento (BACANAMWO e PURCELL, 1999). Essas modificações morfológicas, anatômicas e bioquímicas ocorrem em soja (BARNI e COSTA, 1976; RUSSELL et al., 1990; BACANAMWO e PURCELL, 1999). Entretanto, não se sabe a capacidade de adaptação das cultivares de soja indicadas para cultivo no Estado do Rio Grande do Sul (RS) ao excesso de água. Este trabalho teve por objetivo avaliar o rendimento de grãos de diferentes cultivares de soja em condições de solo de várzea.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha-RS, nos anos agrícolas de 1997/98 e 1998/99. O solo da área experimental é um planossolo, da unidade de mapeamento Vacacaí, com as seguintes características: teor de argila = 12%; pH (H₂O) = 5,5; Índice SMP = 6,9; Fósforo = 8,2 mg/l; Potássio = 93 mg/l e matéria orgânica = 1,4 %. O preparo do solo consistiu de uma lavração e três gradagens,

com posterior sistematização do solo em nível.

Na safra de 1997/98, foram avaliados os cultivares CEP 16-Timbó, FT-Guaíra, FT-Saray, FT-2003, IAS 5, Ivorá e OCEPAR 14, de ciclo precoce; Bragg, BR-4, BR-16, CEP-12 Cambará, Davis, EMBRAPA 66 e RS 7-Jacuí, de ciclo médio; CEP 20-Guajuvira, FT-Abyara, RS 9-Itaúba, Cobb, FEPAGRO RS-10 e RS 5-Esmeralda de ciclo tardio. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e tratadas com Captan, na dose de 90 g.i.a./ 100 kg de sementes. Os cultivares foram arranjados em parcelas de 1,8 m de largura e 5,9 m de comprimento, em blocos casualizados, com três repetições. A semeadura foi realizada com uma semeadora adubadora de parcelas em 09/12/1997. A densidade de semeadura foi de 50 sementes/m², com ajuste para 25 plantas/m² por meio de desbaste em V3 (terceiro nó da planta com folha desenvolvida, de acordo com COSTA e MARCHEZAN, 1982). O espaçamento entre linhas foi de 45 cm, com adubação na dose de 300 kg/ha da fórmula 0-20-30. O experimento foi mantido livre de plantas daninhas e insetos pragas. Apesar da ocorrência de 774 mm de precipitação pluvial durante a condução do ensaio, fez-se necessária a realização de duas irrigações por inundação (banhos) na fase reprodutiva para manter o solo úmido. O rendimento de grãos foi determinado em uma área de 2,7 m². A comparação entre médias de rendimento de grãos foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na safra de 1998/99, foram avaliados os cultivares BRS 137, BRS 138, FT-Guaíra, FT-Saray, FT-2003, IAS 5, Ivorá e OCEPAR 14, de ciclo precoce; Bragg, BR-4, BR-16, BRS 153, BRS 154, CD 201, CD203, CEP-12 Cambará, EMBRAPA 59, EMBRAPA 66, FT-2004, FT-2011, IAS 4, IPÁGRO 21 e RS 7-Jacuí, de ciclo médio e os mesmos cultivares de ciclo tardio testados em 1997/98, além do cultivar CD 205. A inoculação, o tratamento de sementes, a adubação, a semeadura, o delineamento experimental, o tamanho das parcelas, o número de repetições e a análise estatística foram semelhantes aos utilizados no ensaio de 1997/98. A semeadura foi realizada em 14/11/1998. A população obtida foi de 30 a 40 plantas/m². No manejo da água, foram utilizados dois períodos de inundação (mantendo-se uma lâmina de água com 5-8 cm), sendo um de oito dias, quando as plantas estavam com seis nós do caule com folhas desenvolvidas, começando com o nó das

folhas primárias (V6), e outro de dois dias no início do enchimento de grãos (R5 - presença de grãos com 3 mm num legume dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida), a fim de verificar a tolerância dos cultivares à inundação. Deve-se considerar ainda um período de dois a três dias de encharcamento do solo, após a retirada da lâmina de água, o que ampliou o estresse provocado pela inundação. Durante o período de realização do ensaio, a precipitação foi de 346 mm. O rendimento de grãos foi avaliado numa área de 4,0 m².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento médio de grãos, no ano de 1997/98 foi de 2598 kg/ha (Tabela 1), destacando-se como mais produtivo o cultivar FT-Abyara (3727 kg/

ha), não diferindo de outros 17 cultivares. O cultivar BR-4 apresentou o menor rendimento (1555 kg/ha), referendando a sua não indicação para cultivo em solos hidromórficos, como vem sendo estabelecido pela pesquisa (UNICRUZ, 1998). O cultivar Bragg (1700 kg/ha) da mesma forma que BR-4, diferiu significativamente do cultivar FT-Abyara. Esses resultados demonstraram que existe variabilidade genética nos cultivares de soja ao excesso de água no solo. Em função disso, se efetuou uma seleção mais rigorosa nos cultivares, com dois períodos de inundação, na estação de crescimento de 1998/99, sendo obtido um rendimento médio de 1010 kg/ha, com maior rendimento no cultivar FT-2004 (2065 kg/ha), não tendo diferido de outros 14 cultivares (Tabela 1).

Tabela 1 - Rendimento médio de grãos de cultivares de soja semeadas em solo Vacacaí, Cachoeirinha-RS, 1997/98 e 1998/99

Cultivar	Ciclo	Rendimento de grãos (kg/ha)	
		Safra 1997/98 ^{1/}	Safra 1998/99 ^{2/}
CEP 16-Timbó		3345 ab*	—
BRS 137	P	—	593 c
BRS 138	r	—	1038 abc
FT-Guaíra	e	1996 ab	1190 abc
FT-Saray	c	2033 ab	851 bc
FT-2003	o	2213 ab	610 c
IAS 5	c	2641 ab	749 bc
Ivorá	e	2584 ab	941 bc
OCEPAR 14		2662 ab	1046 abc
Bragg		1700 b	1099 abc
BR-4		1555 b	1162 abc
BR-16		2873 ab	563 c
BRS 153		—	1187 abc
BRS 154		—	1746 ab
CD 201	M	—	1001 bc
CD 203	é	—	563 c
CEP 12-Cambará	d	2823 ab	839 bc
EMBRAPA 59	i	—	903 bc
Davis	o	2166 ab	—
EMBRAPA 66		2053 ab	871 bc
FT-2004		—	2065 a
FT-2011		—	735 bc
IAS 4		—	1163 abc
IPAGRO 21		—	1048 abc
RS 7-Jacuí		3151 ab	1202 abc
CEP 20-Guajuvira		3186 ab	1369 abc
FT-Abyara	T	3727 a	1312 abc
RS 9-Itaúba	a	3336 ab	847 bc
CD 205	r	—	928 bc
Cobb	d	2854 ab	597 c
FEPAGRO RS-10	i	3102 ab	1034 abc
RS 5-Esmeralda	o	1967 ab	1096 abc
Média		2598	1010
C.V. (%)		23	32

^{1/} Safra com 774 mm de precipitação pluvial e duas irrigações na fase reprodutiva.

^{2/} Safra com 346 mm de precipitação pluvial e dois períodos de inundação, um de oito dias, quando as plantas estavam com seis folhas desenvolvidas, e outro de dois dias no início do enchimento de grãos.

* M dias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Nos Estados Unidos, existem estudos indicando ser possível colher até 5300 kg/ha de grãos de soja em várzeas, com a utilização de sistemas de subirrigação e drenagem (COOPER et al., 1991), no entanto este sistema é oneroso devido à construção e à manutenção dos drenos. Para as condições de várzea no Brasil deve-se ter uma filosofia diferenciada, na qual a planta de soja deve adequar-se às condições impostas pela várzea e, não a várzea suprir as condições necessárias para a sobrevivência e produção da planta. Este sistema está baseado na identificação de cultivares de soja com tal capacidade ou, na transferência de tais características de alguma linhagem ou espécie por meio de métodos de melhoramento. No entanto, é mais interessante a primeira estratégia, devido a sua maior rapidez. A busca de tolerância, ao excesso de água no solo, em cultivares de soja já indicadas para cultivo no RS, se justifica pela facilidade, se identificado o material tolerante, da semeadura em várzeas, devido à disponibilidade de sementes e do conhecimento das características de importância agrônômica que foram melhoradas, como tolerância à doenças e resistência ao acamamento.

É importante que, a identificação e indicação de materiais com capacidade de adaptação e cultivo em solos de várzea seja feita o mais rápido possível, pois há grande interesse no setor orizícola pela utilização de outras culturas na rotação com arroz, principalmente para auxiliar no controle do arroz vermelho. Muitos produtores já utilizam alguns cultivares de soja na várzea, mas muitas vezes vem obtendo baixos rendimentos, devido a deficiência hídrica em algumas safras ou ao excesso de água em anos com precipitação normal. A identificação de cultivares tolerantes ao excesso de água no solo proporciona maior estabilidade no rendimento, pois possibilitaria a utilização de irrigação por inundação em anos com deficiência hídrica.

A soja tem capacidade de sobreviver e de produzir grãos em condições de excesso de água na várzea, porque desenvolve mecanismos capazes de superar, mesmo que em parte, as restrições impostas pela hipoxia, os teores elevados de elementos tóxicos no solo, as desordens metabólicas e a redução na absorção de nutrientes. Estes mecanismos estão fundamentados basicamente na formação de tecido aerenquimatoso, que se forma na base do caule, proporcionando uma rota alternativa para o fornecimento de oxigênio às raízes. A tolerância à inundação pode estar associada à velocidade de

formação do tecido aerenquimatoso. As diferenças de rendimento, obtidas nos cultivares de soja, demonstram a existência de variabilidade genética para a tolerância ao ambiente com excesso de umidade, com baixa disponibilidade de oxigênio e com presença de elementos tóxicos no solo, que caracterizam as áreas de várzea.

Na safra de 1997/98, o rendimento médio de grãos (2598 kg/ha) dos cultivares na várzea foi superior ao maior rendimento médio histórico (2091 kg/ha) da cultura no Estado do Rio Grande do Sul, ocorrido no mesmo ano (UNICRUZ, 1998). Já em 1998/99 foi verificado baixo rendimento dos cultivares (1010 kg/ha) em função da seleção mais rigorosa imposta pelos dois períodos de inundação.

As diferenças observadas entre cultivares, na tolerância às condições impostas pela inundação do solo, necessitam ser melhor estudadas, a fim de identificar qual ou quais os mecanismos envolvidos na adaptação. Sabe-se que existem mecanismos de impedimento e tolerância ao estresse, que surgem como respostas das plantas à inundação. O principal seria a reoxigenação das raízes, evitando a morte da planta. No entanto, mecanismos que envolvem a eliminação de compostos tóxicos, gerados pela respiração anaeróbica, impedimento e tolerância a teores elevados de nutrientes (principalmente Fe e Mn), capacidade de suprir N para os nódulos, atividades enzimáticas, podem estar sendo ativados de forma distinta nos cultivares, culminando em respostas diferenciadas.

CONCLUSÃO

Os cultivares indicados para semeadura no Rio Grande do Sul apresentam variabilidade genética para tolerância a condições de excesso de água no solo.

Os cultivares mais adaptados podem evitar reduções drásticas de rendimento, quando utilizados em várzeas sujeitas a excesso de água no solo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BACANAMWO, M.; PURCELL, L.C. Soybean root morphological and anatomical traits associated with acclimation to flooding. **Crop Science**, Madison, v.39 ,n.1 , p.143-149, 1999.
- BARNI, N.A.; COSTA, J.A. Efeito de períodos de inundação do solo sobre o crescimento e características morfológicas da planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agronomia**

- Sulriogradense**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p.163-172, 1976.
- COOPER, R.L.; FAUSEY, N.R.; STREETER, J.G. Yield potential of soybean under a subirrigation/drainage water management system. **Agronomy Journal**, Mádison, v.83, n.5, p.884-887, 1991.
- COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I.Manica, J.A. Costa, 1996. 233p.
- COSTA, J.A., MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30p.
- EVANS, L.T. **Crop evolution, adaptation and yield**. Cambridge: University Press, 1996. 500p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.
- RUSSELL, D.A; WONG, D.M.-L.; SACHS, M.M. The anaerobic response of soybean. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 92, n.2, p.401-407, 1990.
- UNICRUZ REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 26., 1998, Cruz Alta. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 1998/99**. Cruz Alta, RS: UNICRUZ, 1998. 133p.
- VARTAPETIAN, B.B.; JACKSON, M.B. Plant adaptations to anaerobic stress. **Annals of Botany**, Londres, n.79, Supplement A, p.3-20, 1997.