

EXCESSO HÍDRICO SOBRE OS COMPONENTES DO RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA¹

HIDRICAL EXCESS ON YIELD COMPONENTS IN SOYBEANS

Edgar Ricardo Schöffel² Ailo Valmir Saccol³ Paulo Augusto Manfron³
Sandro Luis Petter Medeiros⁴

RESUMO

O cultivo da soja em solos hidromórficos do Estado do Rio Grande do Sul vem sendo utilizado como opção em rotação com arroz e pastagens. O presente trabalho teve como objetivos determinar o comportamento dos componentes do rendimento de quatro cultivares de soja, para as condições dos solos hidromórficos, e verificar as variações de comportamento em função do estágio de desenvolvimento em que ocorre o estresse por excesso hídrico. O experimento foi conduzido em uma estrutura com cobertura plástica, em vasos de PVC, no ano agrícola de 1995/96, no Departamento de Fitotecnia da UFSM, em Santa Maria, RS. O solo utilizado foi um planossolo pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, fatorial (4 x 5) com três repetições. As cultivares Ocepar 14, FT Saray, IAS 5 e CEP 16 foram submetidas a tratamentos de saturação hídrica do solo por um período de 15 dias a partir dos estádios de desenvolvimento V2 e V6; e por um período de 10 dias a partir dos estádios R2, R3 e R4. Os resultados indicaram que as quatro cultivares de soja utilizadas apresentaram boa tolerância à saturação hídrica no solo e que, em termos de duração desse estresse, a tolerância à saturação hídrica no solo é maior no subperíodo vegetativo do que no subperíodo reprodutivo.

Palavras-chave: cultivares, estágio de desenvolvimento, excesso hídrico.

SUMMARY

Soybean cultivars in rotation with rice and pastures in hydromorphic soils in Rio Grande do Sul, has been used as an agricultural option. The present report had as main objective to determine the performance on the yield component of soybeans cultivars under hydromorphic soil conditions, and in the verification of the crop responses to excess of water in the soil at

different stages of growth. The study was conducted during the crop year of 1995/96, bellow extructure covered, at the Plant Sciences Department of the Federal University of Santa Maria, RS, Brazil (29° 41' S latitude, 58° 48' W longitude, 95 m above the sea level). PVC pots were filled with planossolo soil. The experimental design randomized blocks, bifactorial with three replications. Cultivars Ocepar 14, FT Saray, IAS 5 and CEP 16 were submitted to hydrical saturation in the V2, V6, R2, R3 and R4 plant development stages. The results indicated that the used cultivar soybeans, they showed a good tolerance to the hydrical saturation in the soil, and this tolerance to hydrical saturation in the soil is higher in the vegetative stage than in the reproductive stage.

Key words: cultivar, stages of development, hidrical excess.

INTRODUÇÃO

Em solos de várzea, a soja [*Glycine max* (L.) Merr.] vem sendo utilizada como opção de cultivo em rotação com arroz e pastagem, por facilitar o controle de plantas invasoras à cultura do arroz, por ser uma cultura de verão com boa tolerância a períodos curtos de inundação e por proporcionar boas garantias de comercialização.

O efeito do estresse por saturação hídrica do solo sobre as plantas é complexo e dependente do estágio de desenvolvimento da planta (VAN'T WOUTD & HAGAN, 1974; MOMEN *et al.*, 1979; TAIZ & ZEIGER, 1991; SALISBURY & ROSS, 1992) e da duração desse estresse (BARNI, 1973; GOMES *et al.*, 1992), sendo os resultados não con-

¹Parte da dissertação de Mestrado defendida pelo primeiro autor no Curso de Pós-graduação em Agronomia, na Área de Produção Vegetal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

²Engenheiro Agrônomo, Doutorando da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo, Rodovia Carlos Tonnan, Km 05, 14870-000, Jaboticabal. E-mail: schoffel@fcav.unesp.br. Autor para correspondência.

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Titular do Departamento de Fitotecnia (UFSM).

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia (UFSM).

clusivos sobre qual o estágio em que as plantas são mais tolerantes à saturação hídrica do solo. CANNEL *et al.* (1977) mostram que plantas de ervilha são mais sensíveis às condições de excesso hídrico durante os estádios iniciais de desenvolvimento. No entanto, WATSON *et al.* (1976) afirmam que a saturação hídrica do solo, nos estádios iniciais de crescimento da cevada e da aveia, reduz mais o rendimento do que nos estádios de desenvolvimento subseqüentes.

A saturação hídrica do solo, aplicada a leguminosas, prejudica o desenvolvimento das raízes e da parte aérea e também a fixação de nitrogênio pelo sistema radicular, em virtude de reduzir o oxigênio para os nódulos, resultando numa conseqüente redução do número de nódulos por área radicular (BARNI & COSTA, 1975; DE WIT, 1978).

Para a cultura da soja, a saturação hídrica do solo, durante o subperíodo vegetativo, retarda o desenvolvimento vegetativo e reduz o número de flores das plantas (RUNGE & ODELL, 1960), bem como o rendimento de grãos. Entretanto, COSTA (1973) observou que o número de dias da sementeira ao florescimento da soja se manteve inalterado, apesar da saturação hídrica do solo no subperíodo vegetativo.

Quando a saturação hídrica do solo é aplicada durante a formação de flores, reduz o período de florescimento, a produção de flores e o número de legumes devido ao aborto floral (SIONIT & KRAMER, 1977). Além disso, o número de sementes por legume também diminui com a saturação hídrica do solo (BARNI, 1973; GRIFFIN & SAXTON, 1988), principalmente ocorrendo no subperíodo reprodutivo, sendo que esse componente não é afetado se a saturação hídrica ocorrer durante o enchimento de grãos (SIONIT & KRAMER, 1977).

A tolerância da soja ao encharcamento foi demonstrada por COSTA (1973), submetendo plantas dessa espécie à saturação hídrica do solo por um período de 4 meses, no qual essas plantas permaneceram vivas, completaram o ciclo e produziram grãos.

Nas décadas de 70 e 80, várias cultivares de soja testadas apresentaram excelente rendimento de grãos em solos hidromórficos, entre elas destacaram-se: Planalto, Bragg, Ipagro-20 e BR7 (BARNI, 1980; SACCOL, 1986), porém, nos últimos anos, essas cultivares não são mais recomendadas para o cultivo no Estado do Rio Grande do Sul.

Como as cultivares atualmente recomendadas são pouco conhecidas quanto a sua adaptação ao encharcamento do solo, estabelecendo-se dificuldades para recomendá-las nessas condições, o pre-

sente trabalho teve como objetivos determinar o comportamento dos componentes do rendimento de quatro cultivares de soja, de ciclo precoce, e verificar as variações de comportamento em função do estágio de desenvolvimento em que ocorre o estresse por excesso hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no ano agrícola 1995/96, em uma estrutura com cobertura plástica, com laterais livres, instalada em área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, localizada no município de Santa Maria, RS (latitude: 29°41'S, longitude: 58°48'W e altitude: 95m). O solo utilizado foi um planossolo pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (BRASIL, 1973), coletado na camada de 0 a 20cm de profundidade e seco ao ar, peneirado em peneira com 4mm de malha e acomodado em vasos de PVC, com 70cm de altura e 20cm de diâmetro.

A adubação corretiva do nível de fertilidade do solo foi efetuada de acordo com a análise química do solo, com aplicação dos elementos fósforo e potássio. As sementes foram inoculadas com *Bradirizobium japonicum* e, em seguida, semeadas ao solo. Após o raleio do excesso de plantas, foram obtidas cinco plantas por vaso.

Os tratamentos constituíram-se de 4 cultivares de soja (OCEPAR 14, FT SARAY, CEP 16 e IAS 5), pertencentes ao grupo de maturação das precoces, e de cinco períodos de saturação hídrica do solo, nos quais cada tratamento sofreu um único período de estresse que teve início nos estádios V2 e V6, por um período de 15 dias e, nos estádios R2, R3 e R4, por um período de 10 dias. A escala de desenvolvimento utilizada foi a de COSTA & MARCHEZAN (1982). A definição do período de saturação hídrica do solo, em cada estágio, baseou-se nos resultados de avaliações preliminares realizadas, no mesmo local, durante os anos agrícolas de 1993/94 e 1994/95.

Para a aplicação dos tratamentos (saturação hídrica do solo a partir dos estádios V2, V6, R2, R3 e R4) elevou-se a água até a superfície do solo em cada vaso. Os vasos foram interligados a reservatórios de água (sistema de vasos comunicantes) e a alimentação de água foi controlada por um registro instalado na base inferior de cada vaso. Desse modo, a aplicação e a supressão dos tratamentos foram controladas com o manejo desses registros.

Após completar o ciclo, as plantas de soja foram colhidas, e os legumes e as sementes produzidos em cada tratamento foram contados individualmente. Em seguida, as sementes foram acondiciona-

dos em sacos de papel, devidamente identificados por tratamento, e levadas a uma estufa de circulação forçada a 60°C até atingir massa constante. Posteriormente, foi determinada a massa seca de sementes por tratamento. De posse desses resultados, foram determinadas a massa de 100 sementes e a produção de sementes por planta.

O experimento foi um fatorial 4 x 5 no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Os dados coletados foram analisados utilizando-se o software científico (SOC) desenvolvido pela EMBRAPA (STORCK, 1995). Procedeu-se à análise da variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de DUNCAN, em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise da variância, não houve interação significativa entre os dois fatores estudados (cultivar e época de ocorrência do estresse por saturação hídrica do solo) para todas as variáveis avaliadas neste experimento, por isso, os dados são apresentados individualmente para cada fator estudado.

O número médio de legumes por planta (Tabela 1) foi maior no tratamento em que o estresse por saturação hídrica do solo ocorreu a partir do estágio V6, que não diferiu dos demais tratamentos, exceto do encharcamento a partir do estágio R4 que apresentou o menor número de legumes por planta. Relativamente, esse tratamento em que o estresse ocorreu a partir do estágio R4 apresentou um número de legumes por planta 34,65% inferior àquele apresentado pelo tratamento a partir do estágio V6 que, por sua vez, embora não tenha diferido dos tratamentos de saturação hídrica do solo a partir de

V2, R2 e R3, foi, respectivamente, 17,43%, 23,86% e 33,02% superior a estes.

Esses resultados podem ser atribuídos ao excesso de água durante o subperíodo reprodutivo, que proporcionou uma abundante queda de flores e de legumes, fato que confirma resultados anteriormente obtidos por BARNI (1973 e 1978). A queda de flores e legumes, como resultado da saturação hídrica do solo, é devida à reduzida difusão de oxigênio (LUXMOORE *et al.*, 1973) e à pequena disponibilidade de nitrogênio para a planta (LATHWELL & EVANS, 1951), uma vez que, nestas condições, ocorre a decomposição de um grande número de nódulos, que possivelmente determine uma redução na fixação de nitrogênio atmosférico (COSTA, 1973). A redução no número de legumes por planta pode atingir valores de 31%, quando a saturação hídrica do solo ocorre no período vegetativo, e de 53%, no florescimento (BARNI, 1973), revelando-se como o componente do rendimento que mais decresce com a saturação hídrica do solo (BARNI, 1978). Para GRIFFIN & SAXTON (1988), esse componente não varia com o tempo de duração da saturação hídrica do solo.

O número médio de sementes por legume foi significativamente maior quando o estresse por saturação hídrica do solo foi aplicado a partir do estágio V6 do que nos demais tratamentos, conforme demonstrado na tabela 1. Resultados obtidos por GRIFFIN & SAXTON (1988) indicaram que, ao aplicar a saturação hídrica do solo, durante os estádios V6 e R2 da cultura da soja, obtiveram maior redução no número de sementes por planta, quando o estresse por saturação hídrica do solo foi aplicado durante o estágio R2, do que durante o estágio V6, confirmando os resultados obtidos neste experimento.

Os resultados da massa de 100 sementes (Tabela 1) mostraram que não houve diferença significativa pela análise da variância, porém, relativamente, o tratamento de estresse por saturação hídrica do solo a partir do estágio V2 foi, respectivamente, 11,80%; 12,84% e 13,60% superior aos estresses aplicados a partir dos estádios R3, R4 e V6 e apenas 4,44% superior ao estresse em R2. A menor massa de 100 sementes verificada no tratamento de saturação hídrica do solo a partir do estágio V6 pode ser atribuída ao maior número de legumes por planta e ao maior número de sementes por legume.

De acordo com SIONIT & KRAMER (1977) e GRIFFIN & SAXTON (1988), a massa de 100 sementes decai independentemente da fase de desenvolvimento da planta em que ocorre a saturação hídrica do solo. Essa redução na massa de 100 sementes pode ser atribuída à redução na absorção

Tabela 1 - Número de legumes por planta (NL), número de sementes por legume (NS), massa de 100 sementes (M100), em gramas, e produção por planta de soja, em gramas, em função do estágio de ocorrência da saturação hídrica do solo. Santa Maria, RS, 1997.

Estádios	NL	NS	M100	PRODUÇÃO
V2	29.84ab ¹	1.56 b	16.95 ^{ns}	7.89ab
V6	35.04 ^a	1.65a	14.92	8.62a
R2	28.29ab	1.59 b	16.23	7.30ab
R3	26.34ab	1.58ab	15.16	6.31ab
R4	22.90 b	1.57 b	15.02	5.40 b
Média	28.54	1.59	15.66	7.10
C.V. (%)	26.57	9.74	22.04	39.35

ns: não significativo pelo teste F.

1: As médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade de erro.

de água e nutrientes (LUTHIN, 1967; WESSELING, 1974; CARLESSO, 1995), à redução na zona de exploração de raízes (CÔRTE FILHO, 1984; KLUDZE *et al.*, 1993, KLUDZE *et al.*, 1994), à redução de área foliar e à baixa translocação de água e fotoassimilados na planta estressada (SIONIT & KRAMER, 1977; TAIZ & ZEIGER, 1991; SALISBURY & ROSS, 1992).

Os valores médios da produção de sementes por planta, em cada tratamento, estão apresentados na tabela 1. A análise desses dados sugere que há uma tendência da produção por planta diminuir com o atraso da ocorrência do estresse ao longo do ciclo. Assim, a produção por planta tende a ser maior quando o estresse por saturação hídrica do solo ocorre ao longo do subperíodo vegetativo, e diminuir quando este ocorrer ao longo do subperíodo reprodutivo, principalmente a partir do estágio R4, que apresentou uma produção por planta 37,36% menor do que a produção obtida no estresse aplicado a partir do estágio V6. Esses resultados coincidem com os obtidos por muitos pesquisadores (VAN'T WOUTD & HAGAN, 1974; KRAMER, 1975; MOMEN *et al.*, 1979), os quais concluíram que o efeito da saturação hídrica do solo sobre as plantas de soja depende do estágio de desenvolvimento da planta.

Para SCOTT *et al.* (1989), a saturação hídrica do solo, no estágio V4 do desenvolvimento da soja, promove redução de 18% na sua produtividade, enquanto que se ela ocorrer no estágio R2, a redução pode ser de 26%. Para GRIFFIN & SAXTON (1988), a aplicação da saturação hídrica do solo às plantas de soja no estágio V6 evidencia sintomas de danos que são recuperados com o decorrer do tempo, afetando menos a produtividade do que quando esse estresse ocorre após a floração, sugerindo que, na metade do subperíodo vegetativo, a soja apresenta maior tolerância à saturação hídrica do solo (STANLEY *et al.*, 1980; GRIFFIN & SAXTON, 1988) e que o subperíodo reprodutivo é mais sensível aos efeitos da saturação hídrica do solo (BARNI, 1973; SIONIT & KRAMER, 1977; BARNI, 1978; GRIFFIN & SAXTON, 1988). A causa dessa resposta é atribuída à queda abundante de flores e legumes que determinam a redução do número de legumes por planta (BARNI, 1973; BERGAMASCHI & BERLATO, 1973; BARNI, 1978). Como consequência, a produtividade pode ser reduzida em 31%, quando a saturação hídrica do solo ocorre no subperíodo vegetativo e 53%, quando esse estresse ocorre no florescimento (BARNI, 1973).

Pode ser observado na tabela 2 que o número de legumes por planta foi menor nas cultivares de soja FT Saray e IAS 5, e foi maior na cultivar Ocepar 14. Já o número de sementes por legume foi significativamente maior na cultivar FT Saray do que nas demais cultivares de soja avaliadas. Esses resultados indicam que as plantas de soja da cultivar FT Saray compensaram, em parte, a redução do número de legumes, produzindo maior número de sementes por legume.

A cultivar CEP 16 apresentou maior massa de 100 sementes, em torno de 23,82%, do que a cultivar FT Saray, que não diferiu das cultivares IAS 5 e Ocepar 14 (Tabela 2). O baixo valor para este componente apresentado pela cultivar FT Saray deve-se, possivelmente, ao elevado número de sementes por legume apresentado por essa cultivar, indicando que as reservas que a planta dispunha não foram suficientes para o máximo enchimento das sementes, culminando em sementes de peso reduzido.

A produção por planta, apresentada na tabela 2, não revelou diferença significativa pela análise da variância entre as cultivares avaliadas. Os maiores valores, para esse parâmetro, foram obtidos com as cultivares CEP 16 e Ocepar 14, enquanto que os menores valores foram obtidos pelas cultivares IAS 5 e FT Saray que foram, em termos relativos, 23,71% e 15,93%, respectivamente, abaixo da produção obtida pela cultivar CEP 16.

Os baixos valores de produção por planta apresentados pela cultivar IAS 5 foram, possivelmente, consequência do baixo número de legume por planta e sementes por legume, da mesma forma que, para a cultivar FT Saray, a reduzida produção

Tabela 2 - Número de legumes por planta (NL), número de sementes por legume (NS), massa de 100 sementes (M100), em gramas, e produção por planta de soja, em gramas, para quatro cultivares de soja submetidas a tratamentos de saturação hídrica do solo. Santa Maria, RS, 1997.

Cultivares de soja	NL	NS	M100	PRODUÇÃO
OCEPAR 14	32.33a1	1.57 b	15.09ab	7.66ns
FT SARAY	26.62 c	1.80a	13.98 b	6.70
IAS 5	25.11 c	1.49 b	16.25ab	6.08
CEP 16	30.10 b	1.53 b	17.31a	7.97
MÉDIA	28.54	1.59	15.67	7.10
CV (%)	26.57	9.74	22.04	39.35

ns: não significativo pelo teste F.

1: As médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade de erro.

de legume por planta e massa de 100 sementes tenham contribuído para os baixos valores de produção por planta.

Vários trabalhos mostram que cultivares de soja pertencentes a diferentes grupo de maturação apresentaram significativas diferenças na produtividade para diferentes níveis de saturação hídrica do solo (MEDERSKI & JEFFERS, 1973; BARNI, 1980; VANTOAI *et al.*, 1994). VANTOAI *et al.* (1994) analisaram os resultados de 84 cultivares de soja cultivadas em solo saturado com água e obtiveram significativas diferenças entre cultivares e entre os estádios de crescimento, os quais sugerem que a variabilidade genética para tolerância à saturação hídrica do solo existe em soja e poderá progredir através da seleção genética.

CONCLUSÕES

Plantas de soja expostas ao estresse por saturação hídrica do solo a partir do estágio V6 apresentam os maiores valores de número de legume por planta, semente por legume e produção por planta, em relação aos encharcamentos aplicados a partir dos estádios V2, R2, R3 e R4. O número de legumes e a produção por planta foram menores em plantas de soja estressadas por saturação hídrica do solo, a partir do estágio R4 do que nas demais épocas de ocorrência do estresse por saturação hídrica do solo. A cultivar de soja IAS 5 proporcionou os menores valores de legume por planta e de sementes por legume.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNI, N.A. **Efeitos de períodos de inundação sobre o rendimento de grãos e características agrônomicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Porto Alegre, 1973. 153p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1973.
- _____. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à inundação do solo durante o período reprodutivo. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.14, n.2, p.215-225, 1978.
- BARNI, N.A., COSTA, J.A. Efeito de períodos de inundação do solo sobre o rendimento de grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.11, n.2, p.207-222, 1975.
- BARNI, N.A. **Comportamento de variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), recomendadas para o RS, cultivadas em terras de arroz irrigado**. Porto Alegre: UFRGS, 1980. (não paginado, mimeografado).
- BERGAMASCHI, H., BERLATO, M.A. Efeitos de tratamentos de drenagem na produção de duas cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), em terras de arroz. In: RIO GRANDE DO SUL. Supervisão da produção vegetal. **Relatórios de Pesquisa**, Porto Alegre, v.1, p.75-84, 1973.
- BRASIL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura/DNPA, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- CANNEL, R.Q., GALES, K., SUHAIL, B.A. Effects of water-logging under field conditions on the growth of peas. **Agricultural Research Council**, London, v.3, p.67-69, 1977.
- CARLESSO, R. **Drenagem e aeração do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1995. 61p.
- CÔRTE FILHO, P.P. **Efeito de profundidades do nível freático em várzeas arrozeiras nos componentes da produção da soja**. Santa Maria, 1984. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1984.
- COSTA, J.A. Efeito de inundação sobre a soja *Glycine max* (L.) Merrill. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.9, n.1, p.113-119, 1973.
- COSTA, J.A., MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30p.
- DE WIT, M.C. Metabolic adaptation to anoxia. In: HOOK, D.D., CRAWFORD, E.M.M. **Plant life in anaerobic environments**. Michigan: Ann Arbor Science, 1978. p.333-350.
- GOMES, A.S., SOUZA, R.O., LERÍPIO, A.A. Produtividade do arroz irrigado em diferentes sistemas de cultivo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20, 1992, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1992. 305p. p.108-112.
- GRIFFIN, J.L., SAXTON, A.M. Response of solid-seeded soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.885-888, 1988.
- KLUDZE, H.K., DeLAUNE, R.D., PATRICK, W.H. Aerenchyma formation and methane and oxygen exchange in rice. **Soil Society of American Proceedings**, Madison, v.57, n.2, p.386-391, 1993.
- KLUDZE, H.K., DeLAUNE, R.D., PATRICK, W.H. A colorimetric method for assaying dissolved oxygen loss from container-grown rice roots. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p.483-487, 1994.
- KRAMER, P.J. **Plant and soil water relationships: A modern synthesis**. 3.ed. New York: Mc Graw-Hill Book, 1975. 482p.
- LATHWELL, D.J., EVANS, C.E. Nitrogen uptake from solutions by soybeans at successive stages of growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.43, n.6, p.264-270, 1951.
- LUTHIN, J.N. **Drenaje de tierras agrícolas, teoría y aplicaciones**. México: Limusa Wiley, 1967. 685p.
- LUXMOORE, R.J., SOJKA, R.E., STOLZY, L.H. Flooding and temperature affects on wheat during grain filling. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.3, p.361-364, 1973.
- MEDERSKI, H. J., JEFFERS, D.L. Yield response of soybean varieties grown at two soil moisture stress levels. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.3, p.410-412, 1973.

- MOMEN, N.M., CARLSON, R.E., SHAW, R.H., *et al.* Moisture-stress effects on the yield components of two soybeans cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, n.1, p.86-90, 1979.
- RUNGE, E., ODELL, R. T. The relation between precipitation, temperature and the yield of soybeans on the agronomy south farm. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, n.5, p.245-247, 1960.
- SACCOL, A.V. Experiências com o cultivo da soja na unidade de solo Vacacaí em Santa Maria, RS. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVAS AO SISTEMA TRADICIONAL DA UTILIZAÇÃO VÁRZEAS DO RS (1984), I, 1984, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre : Pró-várzeas Nacional, Ministério da Agricultura, 1986. 281p. p.166-184.
- SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4.ed. California : Wadsworth, 1992. 682p.
- SCOTT, H.D., DeANGULO, J., DANIELS, M.B., *et al.* Flood duration effects on soybean growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.631-636, 1989.
- SIONIT, N., KRAMER, P.J. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, p.274-278, 1977.
- STANLEY, C.D., KASPAR, T.C., TAYLOR, H.M.. Soybean top and root response to temporary water tables imposed at three different stages of growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.341-346, 1980.
- STORCK, L. **SOC - Software científico**. Santa Maria: Faftec/CCR, 1995. 33p.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. California : Plant Science, 1991. 559p.
- VAN'T WOUDT, B.D., HAGAN, R.M. Respuestas de los cultivos a niveles excesivamente elevados de humedad del suelo. In: LUTHIN, J. N. **Drenaje de tierras agrícolas - teorías y aplicaciones**. 2. ed. México : Limusa, 1974. p.571-645.
- VANTOAI, T.T., BEUERLEIN, J.E., SCHMITTHERNNER, A.F., *et al.* Genetic variability for flooding tolerance in soybeans. **Crop Science**, v.34, p.1112-1115, 1994.
- WATSON, E.R., LAPINS, P., BARRON, R.F.W. Effects of waterlogging on the growth, grain and straw yield of wheat, barley and oats. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.16, p.114-122, 1976.
- WESSELING, J., VAN WIJK, W.R., FIREMAN, M. *et al.* Drenaje de terrenos agrícolas en relación con los suelos y las plantas de cultivo. In: LUTHIN, J. N. **Drenaje de tierras agrícolas - teorías y aplicaciones**. 2. ed. México : Limusa, 1974. p.511-545.