

REAÇÃO DE GENÓTIPOS FIXOS DE SOJA AO EXCESSO HÍDRICO: ESTIMATIVA DOS COMPONENTES DE VARIÂNCIA.

Cláudia Erna Lange⁽¹⁾, ¹Pesquisadora da EEA/IRGA, Av. Bonifácio Carvalho Bernardes, 1494, Caixa Postal 29, CEP 94930-030, Cachoeirinha - RS. E-mail: claudia-lange@irga.rs.gov.br.

Palavras-chave: *Glycine max*, hipoxia, inundação, tolerância.

O Rio Grande do Sul possui cerca de 5,5 milhões de hectare de solos propícios ao cultivo de arroz irrigado. Deste total, aproximadamente um milhão de hectares é cultivado anualmente com a cultura. O restante da área é utilizado para a pecuária extensiva, de baixo retorno financeiro. O cultivo de soja, em parte desta área, é uma alternativa atraente de intensificação do uso da terra e de diversificação da renda da propriedade agrícola, com a vantagem de aproveitar praticamente a mesma infra-estrutura da lavoura de arroz. Os solos de várzea geralmente são muito deficientes em drenagem natural, porém os genótipos de soja apresentam variação genética na tolerância ao excesso hídrico (HEATHERLY & PRINGLE, 1991; VANTOAI et al., 1994). Períodos de alagamento causam alterações anatômicas, morfológicas (BACANAMWO & PURCELL, 1999; PIRES et al., 2002) e fisiológicas nas plantas de soja (THOMAS et al., 2005), demonstrando ser possível aumentar a tolerância através do melhoramento genético.

Ensaio de avaliação da reação de genótipos de soja ao excesso hídrico permitem fracionar a variação dos dados entre os componentes do modelo experimental, possibilitando conhecer a proporção da variação devido às diferenças genotípicas daquela derivada das variações do ambiente. O entendimento da distribuição da variação entre os elementos causais facilita a compreensão de futuras estratégias experimentais e orienta as estratégias de melhoramento para a característica. O objetivo deste trabalho foi estimar a variância genotípica e de ambiente e a herdabilidade no sentido amplo dos ensaios de avaliação da tolerância de soja à inundação conduzidos na Estação Experimental do Instituto Rio Grandense do Arroz (EEA/IRGA) nas safras 2005/06 e 2006/07.

Foram conduzidos sete ensaios a campo na EEA/IRGA, conforme descrito na Tabela 1. Os ensaios seguiram o delineamento de blocos ao acaso. As unidades experimentais dos ensaios P, M, T, Reg, Rreg e RRI foram compostas de 4 linhas de 5 metros de comprimento, e 0,45 m de distância entre si. A unidade experimental do ensaio Linha foi uma linha de 5m de comprimento, com espaçamento entre linha de 0,45m. A semeadura foi realizada com uma semeadora de parcela no sistema de plantio direto para os ensaios Reg, Rreg, RRI e Linha, e em cultivo mínimo para P, M e T. A densidade de semeadura em todos os ensaios foi de 40 sementes aptas por metro quadrado. O excesso hídrico foi simulado inundando a área do ensaio, a qual foi cercada com taipa para manter uma lâmina de água de aproximadamente 5 cm. A duração e o estágio de início da inundação encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Identificação do ensaio, safra de condução, número de genótipos e de repetições, data de semeadura, estágio de desenvolvimento das plantas no início da inundação e período de duração da inundação. IRGA, Cachoeirinha, RS, 2007.

Ensaio	Safra	Número de genótipos	Número de repetições	Data de semeadura	Estádio no início da inundação	Período da inundação
P, M e T	2005/06	14, 15 e 10	4	16/11/2005	V ₆ a V ₈	24 horas
Reg, RReg e RR	2006/07	18 e 15	4	10 e 13/11/2006	V ₉ a V ₁₀	14 dias
Linhas	2006/07	20	8	10/11/2006	V ₉ a V ₁₀	14 dias

A inundação foi mantida até aparecerem sintomas de murcha nas folhas e morte de plantas. Após o aparecimento dos sintomas, a área dos ensaios foi drenada, sendo que o solo permaneceu saturado por mais alguns dias. Sete dias após a drenagem, os genótipos foram avaliados através de uma escala que variou de 1 (todas as plantas vivas e sem sintomas) a 5 (todas plantas mortas). Os dados transformados por $(x+0,5)^{0,5}$ foram submetidos à análise de variância e os componentes de variância foram estimados a partir da esperança dos quadrados médios (STEEL & TORRIE, 1980; RAMALHO et al., 2000), conforme apresentado na Tabela 2. A estimativa de herdabilidade no sentido amplo (h^2) foi calculada como o quociente da variância genética pela variância fenotípica, esta última estimada pela soma das estimativas das variâncias genética e de ambiente.

Tabela 2. Fonte de variação, graus de liberdade e componentes esperados da variância. IRGA, Cachoeirinha, RS, 2007.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado médio	Quadrado médio esperado
Blocos	r-1		
Genótipos	n-1	Q ₁	$\sigma_e^2 + r \sigma_g^2$
Resíduo	(n-1)(r-1)	Q ₂	σ_e^2

O tempo necessário para o aparecimento dos sintomas variou dependendo do ano (Tabela 1), evidenciando um forte componente de ambiente na expressão da característica. Trabalhos semelhantes também indicam a ocorrência de interações genótipo x ambiente para a tolerância de soja à inundação (Cornelius et al., 2005). O quadrado médio de genótipos foi significativamente superior ao do resíduo em cinco dos sete ensaios avaliados, indicando haver distinção nas médias das reações dos genótipos à inundação (Tabela 3).

Tabela 3. Quadrado médio de bloco, genótipo e de resíduo, coeficiente de variação, estimativas das variâncias genética e de ambiente e de herdabilidade no sentido amplo de sete ensaios de avaliação da reação de genótipos de soja à inundação. IRGA, Cachoeirinha, RS, 2007.

Safr	Ensaio	Quadrado médio			CV	Variância		h ²
		Bloco	Genótipo	Resí- duo		Genética	Ambiente	
2005/06	P	0,067 *	0,125 ***	0,028	10,3	0,024	0,028	0,464
	M	0,012 ns	0,138 ***	0,038	10,7	0,025	0,038	0,397
	T	0,114 ns	0,015 ns	0,014	6,51	0,00025	0,014	0,018
2006/07	Linha	0,201 ***	0,386 ***	0,032	9,3	0,044	0,032	0,58
	Reg	0,135 *	0,117 ***	0,049	12,1	0,017	0,049	0,258
	RReg	0,230 **	0,142 *	0,077	16,6	0,016	0,077	0,174
	RRIntr	0,114 ns	0,067 ns	0,086	18	-0,005	0,086	0

* Significativo ao nível de 10% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

*** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Os valores das estimativas de variância devido ao ambiente foram sempre maiores que às variâncias genotípicas, exceto para o ensaio denominado “Linha”. Neste ensaio, um conjunto de genótipos, escolhidos com base no conhecimento prévio de suas reações à inundação, foi avaliado em unidades experimentais menores e com maior número de repetições, com o objetivo de aumentar a precisão das avaliações. O fato do ensaio “linha” apresentar o menor valor de variância de ambiente da safra 2006/07 indica que a estratégia foi eficiente.

As estimativas de herdabilidade variaram de zero a 0,58 (Tabela 3). O ensaio RRIntr apresentou estimativa da variância genética negativa, o que por defini o não existe. No entanto, o método de cálculo das estimativas aqui empregado não impõe esta restri o, podendo resultar em valores negativos. Tais valores devem ser interpretados como indicativo de variância muito baixa, próxima a zero. Neste caso, o valor de h^2   considerado zero.

Os valores de h^2 obtidos, que se situam entre baixos a moderados, refletem em parte uma baixa variabilidade genética.   possível aumentar a variância genética com a introdu o de genótipos de soja com maior tolerância   inunda o, obtidos junto a outros centros de pesquisa. A h^2 indica a propor o da variância total que   devida às diferenças entre genótipos, mas nada informa sobre a propor o da característica que um genitor transmitir  para sua descendência direta. Esta informa o   dada pela herdabilidade no sentido restrito (H^2). Cornelius et al., (2005) estimaram em 0,43 e 0,59 a H^2 para tolerância   inunda o em duas popula es de soja.

O aumento dos valores de herdabilidade também pode ser conseguido através da redu o do componente de variância devido ao ambiente. Neste caso, um maior número de repeti es em detrimento ao tamanho da unidade experimental parece ser a melhor op o.

A tolerância da soja ao excesso hídrico   uma característica quantitativa, porém há QTLs que repondem por uma propor o maior da varia o observada em popula es derivadas de genótipos contrastantes. Nestes casos, a estimativa da herdabilidade no sentido restrito apresenta valores medianos (CORNELIUS et al., 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Bacanamwo, M.; Purcell, L.C. Soybean root morphological and anatomical traits associated with acclimation to flooding. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 143-149, 1999.
- Cornelius, B. et al. Identification of QTLs underlying water-logging tolerance in soybean. *Molecular Breeding*, v.16, p. 103 -112, 2005.
- Heatherly, L. G.; Pringle, H.C.III. Soybean cultivar’s response to flood irrigation of clay soil. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, p.231-236, 1991.
- Pires, J.L.F. et al. Adapta es morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecu ria Brasileira**, Brasília, v.37, n.1, p.41-50, 2002.
- Ramalho, M.A.P. et al.. **Experimenta o em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.
- Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. **Principles and procedures of statistics** – a biometrical approach. 2. Ed. New York: McGraw-Hill Inc. 1980, 633 p.
- Thomas, A.L. et al. Aerenchyma Formation and Recovery from Hypoxia of the Flooded Root System of Nodulated Soybean. **Annals of Botany**, Oxford, v. 96 n.7, p. 1191 - 1198. 2005.
- VanToai, T.T. et al. Genetic variability for flooding tolerance in soybeans. **Crop Science**, Madison, v.34, p. 1112-1115, 1994.