

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária

ISSN 3085-9514

***Eventos Técnicos
& Científicos***



Junho, 2026

**Resumos expandidos
21ª Jornada Acadêmica
da Embrapa Soja**

30 de junho e 1º de julho de 2026
Londrina, PR

Embrapa Soja
Londrina, PR
2026

Embrapa Soja

Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Caixa postal
4006, CEP 86085-981, Distrito de
Warta, Londrina, PR
(43) 3371 6000
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Roberta Aparecida Carnevali

Secretária-executiva

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite*

Membros

*Adonis Moreira, Clara Beatriz
Hoffmann-Campo, Claudine Dinali
Santos Seixas, Claudio Guilherme
Portela de Carvalho, Fernando
Augusto Henning, Leandro Eugênio
Cardamone Diniz, Liliane Márcia
Mertz-Henning, Maria Cristina Neves
de Oliveira*

Organização da publicação

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite
Liliane Márcia Mertz-Henning
Kelly Catharin*

Normalização

Valéria de Fátima Cardoso

Capa

Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol

Diagramação

*Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol e
Marisa Yuri Horikawa*

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (21. : 2026: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XXI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, Londrina,
PR, 30 de junho e 1 de julho de 2026 – Londrina : Embrapa Soja, 2026.

PDF (157 p.) - (Eventos técnicos & científicos / Embrapa Soja, ISSN 3085-9514; 8)

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Título. II. Série.

CDD (21. ed.) 630.2515

Silenciamento dos genes *GmDRIP* sob estresse salino em soja

Maria Eduarda Silva Osco⁽¹⁾, Suéllen Rosa de Almeida Polizeli⁽²⁾, Rodrigo Thibes Hoshino⁽³⁾, Silvana Regina Rockenbach Marin⁽⁴⁾, Liliane Marcia Mertz-Henning⁽⁵⁾, Alexandre Lima Nepomuceno⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Doutoranda, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽³⁾ Bolsista Faped/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Analista, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a oleaginosa de maior relevância no cenário agrícola global, e desempenha um papel central na segurança alimentar e na economia do Brasil (Andrade Neto; Raiher, 2024). Sua versatilidade abrange desde a produção de farelo para proteína animal até a extração de óleo para indústrias alimentícias e de biocombustíveis (Colen et al., 2019). No entanto, a manutenção de patamares elevados de produtividade enfrenta desafios crescentes, como a expansão em áreas com condições edafoclimáticas marginais e a pressão por sistemas de cultivo mais sustentáveis (Balbinot Junior et al., 2022).

Apesar do alto potencial genético das cultivares modernas, a expressão desse potencial é frequentemente limitada por estresses abióticos. Estima-se que fatores como seca, temperaturas extremas e salinidade sejam responsáveis por reduções superiores a 50% no rendimento médio (Wang et al., 2003; Kopecká et al., 2023). Esses estresses desencadeiam uma cascata de respostas negativas, incluindo o fechamento estomático, a redução da taxa fotossintética e a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), que comprometem a integridade das membranas celulares e o desenvolvimento morfológico da planta (Munns; Tester, 2008; Van Zelm et al., 2020).

Dentre os estresses abióticos, a salinidade destaca-se por sua natureza bifásica. Em um primeiro momento, o acúmulo de sais no solo reduz o potencial osmótico da solução, dificultando a absorção de água pelas raízes, fenômeno fisiologicamente análogo ao estresse hídrico. Em seguida, ocorre efeito citotóxico pelo acúmulo específico de íons Na^+ e Cl^- , que interferem no metabolismo enzimático e na

homeostase iônica (Munns; Tester, 2008). Em razão dessa correlação com o estresse hídrico, o uso de cloreto de sódio (NaCl) em ensaios controlados é uma estratégia amplamente aceita para simular condições de déficit osmótico de forma reprodutível e quantificável (Munns; Rajaona, 2010).

Nesse contexto, proteínas DRIP (*DREB-Interacting Proteins*) emergem como reguladoras relevantes da resposta ao estresse osmótico em plantas. Identificadas originalmente em *Arabidopsis thaliana*, as proteínas DRIP1 e DRIP2 são *ligases E3 ubiquitina* contendo domínio RING do tipo C3HC4, capazes de interagir com o fator de transcrição DREB2A no núcleo, promovendo sua ubiquitinação e degradação via proteassoma 26S, atuando como reguladores negativos da resposta a déficit hídrico (Qin et al., 2008). Em soja, ortólogos desse sistema foram identificados e associados à modulação da resposta ao déficit hídrico (Marcolino-Gomes et al., 2013).

A avaliação funcional de plantas com esses genes DRIPs silenciados por edição gênica (editado) é fundamental para compreender sua contribuição à tolerância a condições adversas. A identificação e validação de genes relacionados à tolerância a estresses osmóticos são vitais para o melhoramento genético de precisão, fundamentando a geração de cultivares de elite mais resilientes frente às adversidades climáticas contemporâneas.

O presente estudo objetivou avaliar o efeito do estresse salino em plântulas de soja editadas para os genes *GmDRIP03* e *GmDRIP19*, em comparação à cultivar convencional usada como *background* BRS 573, analisando parâmetros morfológicos e fisiológicos relacionados à tolerância osmótica.

Material e Métodos

Sementes da cultivar BRS 573 foram semeadas em copos de polipropileno (180 mL) contendo mistura de areia e vermiculita (1:1 v/v) como substrato. Os copos foram mantidos em câmara de crescimento com fotoperíodo de 16:8h (L/D), temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD) de $300 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, provida por LEDs (4000K, 650nm e 450nm).

As plantas foram cultivadas até o estágio V1 (unifólios expandidos), na escala de Fehr e Caviness (1977), momento em que se iniciou a

aplicação dos tratamentos salinos. O delineamento foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos, sendo 3 concentrações de NaCl (0, 120 e 180 mM) e 2 genótipos, Cultivar BRS 573 e Cultivar BRS 573 editada (DRIP), com 7 repetições por tratamento. Os tratamentos salinos foram preparados pela adição de NaCl à solução nutritiva base. Para evitar choque osmótico, a salinização foi gradual. Foram aplicados no primeiro dia 60 mM, e nos dias seguintes as concentrações respectivas dos tratamentos salinos (120 e 180 mM).

O monitoramento da salinidade no substrato foi realizado via análise do lixiviado. Diariamente, aplicou-se em cada tratamento um volume de 50 mL de solução por copo; caso a condutividade elétrica (CE) do lixiviado divergisse da CE da solução de tratamento, realizou-se a aplicação de outros 50 mL de solução, até a estabilização da CE no substrato. Nos finais de semana, as plantas receberam apenas água deionizada via capilaridade (pratos coletores).

Após 15 dias de estresse, avaliaram-se: altura da parte aérea (APA), comprimento radicular (CR), área foliar (AF), massas frescas e secas de folha, caule e raiz (MFF, MSF, MFC, MSC, MFR e MSR). A área foliar (AF) foi estimada por análise de imagem utilizando o software Siscob. O comprimento médio das raízes (CMR) e altura de parte aérea (ALT), foram determinados por análises de imagem pelo software ImageJ. O índice SPAD foi determinado com auxílio de um medidor portátil, as medições foram realizadas a partir do ponteiro na primeira e segunda folha completamente expandida, cada repetição foi composta pela média das duas aferições.

Foram calculados a massa foliar específica ($MFE = MSF/AF$) e o índice de estabilidade de membranas (IEM). Para o IEM, discos foliares de $1,33 \text{ cm}^2$ foram imersos em 5 mL de água deionizada por 24h para leitura da CE inicial (CE1). Posteriormente, as amostras foram submetidas à fervura em banho-maria por 30 min, seguidas de resfriamento para leitura da CE final (CE2). O índice foi calculado por: $IEM = [1 - (CE1/CE2)] \times 100$.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett), seguidos de análise de variância (ANOVA), e as médias das variáveis analisadas por teste de Tukey ($p < 0,05$) em esquema fatorial 2×3 (genótipo e salinidade) através do software R (pacote AgroR).

Resultados e Discussão

Efeito Geral da Salinidade e Desempenho dos Genótipos

De maneira geral, a salinidade atuou como o principal fator de variação, com reduções acentuadas em todos os parâmetros de crescimento à medida que as doses de NaCl foram incrementadas ($p < 0,01$). O genótipo editado (DRIP) apresentou um desempenho superior a cultivar não editada (BRS 573) ($p < 0,05$), embora sem interação significativa para a maioria das variáveis.

Desenvolvimento Vegetativo e Partição de Biomassa

O nocaute do gene *GmDRIP* resultou em um incremento no acúmulo de fitomassa, independentemente do nível de estresse. O genótipo DRIP foi significativamente superior a cultivar BRS 573 em massa fresca e seca de folha, bem como em massa fresca de raiz. Curiosamente, a planta editada apresentou menor altura (ALT) em relação ao *background* não editado, porém foi acompanhada por um aumento significativo no comprimento médio de raiz (CMR). Para as variáveis de caule (MFC e MSC), não foram observadas diferenças entre genótipos. Este padrão sugere que a edição alterou a arquitetura da planta, priorizando o investimento em sistema radicular e densidade foliar em detrimento do estiramento do caule (Tabela 1).

Área Foliar e Plasticidade Estrutural da Folha

Houve interação significativa (Genótipo x Salinidade) para a Área Foliar (AF) e Massa Foliar Específica (MFE). O DRIP manteve uma AF superior a BRS 573 tanto na condição controle quanto sob estresse severo (180 mM). Em relação à MFE, o genótipo editado apresentou um aumento significativo sob 180 mM de NaCl, comportamento não observado no genótipo selvagem. No controle (0 mM), o DRIP possuía menor MFE, indicando que a edição permite uma maior plasticidade foliar: as folhas são mais expandidas em condições ideais e tornam-se mais espessas/densas sob estresse salino severo, uma estratégia adaptativa importante para a conservação de água (Tabela 1).

Integridade Celular e Índices Fisiológicos

Os índices SPAD e de Estabilidade de Membranas (IEM) foram afetados pela dose de NaCl, com reduções significativas no estresse.

Embora o índice SPAD não tenha divergido entre genótipos, o IEM do DRIP foi significativamente inferior ao BRS 573. Esse resultado sugere uma resposta fisiológica complexa. O incremento constitutivo na área foliar e no sistema radicular do DRIP, embora vantajoso para o arranque inicial, pode ter induzido taxas transpiratórias e de absorção mais elevadas. Consequentemente, houve um provável acúmulo de íons Na^+ e Cl^- nos tecidos foliares, resultando em maior injúria às membranas celulares. Assim, a maior sensibilidade iônica observada no DRIP é interpretada não como uma falha na via de tolerância, mas como um efeito colateral do seu vigor vegetativo superior, que acelera a exposição dos tecidos ao estresse salino (Tabela1).

Tabela 1. Médias das variáveis: altura da parte aérea (APA), comprimento médio radicular (CMR), área foliar (AF), massa foliar específica (MFE), índice SPAD, índice de estabilidade de membranas (IEM), massas frescas e secas de folha, caule e raiz (MFF, MSF, MFC, MSC, MFR e MSR), de genótipos de soja editado (DRIP) e genótipo selvagem (BRS 573), submetidas a estresse salino (0, 120 e 180 mM de NaCl).

ALT					MFF				
	0	120	180	GERAL		0	120	180	GERAL
BRS 573	17.0	14.0	13.9	14.9 A ¹	BRS 573	3.67	2.28	1.30	2.42 B
DRIP	15.1	11.6	11.1	12.6 B	DRIP	3.98	2.51	1.87	2.79 A
GERAL	16.0 A	12.8 B	12.5 B		GERAL	3.82 A	2.40 B	1.59 C	
CMR					MSF				
	0	120	180	GERAL		0	120	180	GERAL
BRS 573	7.30	7.90	6.65	7.28 B	BRS 573	0.65	0.41	0.23	0.43 B
DRIP	8.92	8.41	7.68	8.34 A	DRIP	0.70	0.41	0.32	0.48 A
GERAL	8.11 A	8.15 A	7.16 B		GERAL	0.68 A	0.41 B	0.27 C	
AF					MFC				
	0	120	180	GERAL		0	120	180	GERAL
BRS 573	196.2 aB ²	121.1 bA	65.7 cB	127.7	BRS 573	2.65	1.25	0.84	1.58
DRIP	242.7 aA	128.7 bA	87.2 cA	152.9	DRIP	2.67	1.28	0.92	1.62
GERAL	219.5	124.9	76.5		GERAL	2.66 A	1.27 B	0.88 C	
MFE					MSC				
	0	120	180	GERAL		0	120	180	GERAL
BRS 573	3.3 aA	3.3 aA	3.5 aA	3.4	BRS 573	0.37	0.16	0.11	0.22
DRIP	2.9 bB	3.2 bA	3.7 aA	3.3	DRIP	0.36	0.16	0.12	0.21
GERAL	3.1	3.3	3.6		GERAL	0.36 A	0.16 B	0.12 C	
SPAD					MFR				
	0	120	180	GERAL		0	120	180	GERAL
BRS 573	33.1	29.8	28.8	30.6	BRS 573	4.80	3.20	1.79	3.26 B
DRIP	32.9	28.6	28.2	29.9	DRIP	5.30	3.59	2.47	3.78 A
GERAL	33.0 A	29.2 B	28.5 B		GERAL	5.05 A	3.39 B	2.13 C	
IEM					MSR				
	0	120	180	GERAL		0	120	180	GERAL
BRS 573	86.6	83.3	77.4	82.4 A	BRS 573	0.57	0.28	0.17	0.34
DRIP	87.4	76.9	69.4	77.9 B	DRIP	0.56	0.31	0.25	0.37
GERAL	87 A	80.1 B	73.4 C		GERAL	0.56 A	0.30 B	0.21 C	

¹Letras iguais nas bordas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (interação não significativa). ²Médias iguais maiúsculas entre genótipos e minúsculas entre salinidades não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (interação significativa).

De modo geral, o aumento da concentração salina resulta em efeitos negativos significativos sobre os parâmetros morfológicos e fisiológicos (Phang et al., 2008; Kokebie et al., 2024). Em soja o estresse osmótico limita a expansão celular e a elongação dos entrenós, resultando em redução da altura (Hasanuzzaman et al., 2022; Kokebie et al., 2024). É conhecido na literatura que perturbações na via DREB, seja por superexpressão ou silenciamento de seus reguladores, podem interferir na biossíntese de giberelinas e, conseqüentemente, no porte da planta (Suo et al., 2012).

Em condições de déficit osmótico a planta apresenta diversas estratégias adaptativas, atuando sob o sistema radicular e também na espessura foliar. O incremento do comprimento radicular está associado à exploração de maior volume de solo em condições de déficit osmótico (Zou et al., 2021). A MFE tipicamente aumenta sob estresse salino em razão do incremento no tamanho das células do mesófilo ou do número de camadas celulares, como estratégia de isolamento iônico (Poorter et al., 2009).

A redução de pigmentos fotossintéticos sob salinidade em soja é amplamente relatada, sendo associada à inibição da síntese de clorofila mediada pelo acúmulo de íons Na^+ e ao comprometimento da integridade dos cloroplastos (Hasanuzzaman et al., 2022; Kokebie et al., 2024). Plantas do genótipo DRIP apresentaram sintomas visuais de clorose, coerentes com os valores de SPAD observados. A deterioração da integridade de membranas sob salinidade está associada à peroxidação lipídica mediada por EROs geradas em resposta ao acúmulo de Na^+ (Hasanuzzaman et al., 2022).

Os resultados indicam que o silenciamento do DRIP atua promovendo um vigor constitutivo superior na cultivar BRS-573. A edição não mitigou diretamente os danos deletérios da salinidade, mas elevou o patamar de crescimento inicial da planta. Genes de resposta ao estresse, previamente ativados apenas em condições adversas, podem estar operando de maneira constitutiva no DRIP, favorecendo o crescimento inicial.

Conclusão

A edição do gene *GmDRIP* é uma estratégia para obtenção de novos alelos que conferem as plantas maior arranque inicial e exploração radicular tanto em ambientes favoráveis quanto sob estresse.

Referências

- ANDRADE NETO, A. O. de; RAIHER, A. P. Impacto socioeconômico da cultura da soja nas áreas mínimas comparáveis do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 1, e267567, 2024. DOI: 10.1590/1806-9479.2022.267567.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; NEPOMUCENO, A. L.; HIRAKURI, M. H.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; COELHO, A. E. **Análise da produção, área cultivada, produtividade e estabilidade produtiva da soja nos estados brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021)**. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 20 p. (Embrapa Soja. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 27).
- COLEN, A. G. N.; SILVA, F. M.; PEDROZA, M. M.; OLIVEIRA, L. R. A. de; AMARAL, P. H. B. do. Rotas tecnológicas empregadas no aproveitamento de resíduos da indústria da soja. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, p. 326-363, 2019. DOI: 10.5380/rber.v8i1.57694.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).
- HASANUZZAMAN, M.; PARVIN, K.; ANEE, T. I.; MASUD, A. A. C.; NOWROZ, F. Salt stress responses and tolerance in soybean. In: HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K. (ed.). **Plant Stress Physiology: Perspectives in Agriculture**. London: IntechOpen, 2022. DOI: 10.5772/intechopen.102835.
- KOKEBIE, D.; ENYEW, A.; MASRESHA, G.; FENTIE, T.; MULAT, E. Morphological, physiological, and biochemical responses of three different soybean (*Glycine max* L.) varieties under salinity stress conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, 1440445, 2024. DOI: 10.3389/fpls.2024.1440445.
- KOPECKÁ, R.; KAMENIAROVÁ, M.; ČERNÝ, M.; BRZOBOHATÝ, B.; NOVÁK, J. Abiotic stress in crop production. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 7, 6603, 2023. DOI: 10.3390/ijms24076603.
- MARCOLINO-GOMES, J.; RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, M. C. N. de; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; ABDELNOOR, R. V.; MARCELINO-

GUIMARÃES, F. C.; NEPOMUCENO, A. L. Expression patterns of GmAP2/EREB-Like transcription factors involved in soybean responses to water deficit. **PLoS One**, v. 8, n. 5, p. 1-11, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0062294.

MUNNS, R.; RAJAONA, A. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 13, p. 3499-3507, 2010. DOI: 10.1093/jxb/erq199.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.

PHANG, T. H.; SHAO, G.; LAM, H. M. Salt tolerance in soybean. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50, n. 10, p. 1196-1212, 2008. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2008.00760.x.

POORTER, H.; NIINEMETS, Ü.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; VILLAR, R. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. **New Phytologist**, v. 182, n. 3, p. 565-588, 2009. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.02830.x.

QIN, F.; SAKUMA, Y.; TRAN, L. S.; MARUYAMA, K.; KIDOKORO, S.; FUJITA, Y.; FUJITA, M.; UMEZAWA, T.; SAWANO, Y.; MIYAZONO, K.; TANOKURA, M.; SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. *Arabidopsis* DREB2A-interacting proteins function as RING E3 ligases and negatively regulate plant drought stress-responsive gene expression. **The Plant Cell**, v. 20, n. 6, p. 1693-1707, 2008. DOI: 10.1105/tpc.107.057380.

SUO, H.; MA, Q.; YE, K.; YANG, C.; TANG, Y.; HAO, J.; ZHANG, Z. J.; CHEN, M.; FENG, Y.; NIAN, H. Overexpression of *AtDREB1A* causes a severe dwarf phenotype by decreasing endogenous gibberellin levels in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **PLoS One**, v. 7, n. 9, e45568, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0045568.

VAN ZELM, E.; ZHANG, Y.; TESTERINK, C. Salt tolerance mechanisms of plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 71, p. 403-433, 2020. DOI: 10.1146/annurev-arplant-050718-100005.

WANG, W.; VINOCUR, B.; ALTMAN, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**, v. 218, n. 1, p. 1-14, 2003. DOI: 10.1007/s00425-003-1105-5.

ZOU, Y.; ZHANG, Y.; TESTERINK, C. Root dynamic growth strategies in response to salinity. **Plant, Cell & Environment**, v. 45, n. 3, p. 695-704, 2021. DOI: 10.1111/pce.14205.