

DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO DE CULTIVARES DE SOJA SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Murilo Fuentes Pelloso¹, Arthur Almenara Rosendo², Raphael Felipin Azevedo³, Valvenarg Pereira da Silva⁴, Joslanny Higino Vieira⁵

RESUMO:

A disponibilidade hídrica exerce influência direta sobre o crescimento e o desenvolvimento da soja, especialmente durante o período reprodutivo, quando a cultura se torna mais sensível à restrição de água. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as características morfológicas de seis cultivares de soja submetidas a duas condições de disponibilidade hídrica. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, no município de Cuiabá, MT, no primeiro semestre de 2021. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 6×2 , composto por seis genótipos de soja (TMG 4182, RSF 80I79, NS 6906 IPRO, DM 82I78 IPRO, NK 7201 IPRO e TMG 2776 IPRO) e duas lâminas de irrigação (400 e 200 mm), com 12 repetições. O déficit hídrico foi imposto a partir do estágio R1 e mantido até R8. Avaliaram-se altura de plantas, comprimento de raízes, massa fresca e massa seca. Os dados foram submetidos à análise de variância (5%) e as médias comparadas pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. A redução da disponibilidade hídrica promoveu diminuição da altura de plantas, evidenciando efeito negativo da restrição hídrica sobre o crescimento da parte aérea. RSF 80I79 e TMG 2776 IPRO apresentaram as maiores médias de altura sob a menor lâmina, enquanto DM 82I78 IPRO destacou-se para comprimento de raízes, massa fresca e massa seca. NK 7201 IPRO apresentou os menores valores para a maior parte das variáveis avaliadas. Os resultados evidenciam variabilidade entre cultivares quanto à resposta ao déficit hídrico, indicando potencial de uso dessas informações na escolha de materiais mais adaptados a condições de menor disponibilidade de água.

Palavras-chave: Déficit hídrico; florescimento; genótipos; irrigação deficitária.

MORPHOLOGICAL DEVELOPMENT OF SOYBEAN CULTIVARS UNDER IRRIGATION LEVELS

ABSTRACT:

Water availability directly influences soybean growth and development, especially during the reproductive period, when the crop becomes more sensitive to water restriction. In this context, the present study aimed to evaluate the morphological characteristics of six soybean cultivars subjected to two water availability conditions. The experiment was conducted under protected environment conditions in the municipality of Cuiabá, MT, in the first half of 2021. A completely randomized design was used in a 6×2 factorial scheme, composed of six soybean genotypes (TMG 4182, RSF 80I79, NS 6906 IPRO, DM 82I78 IPRO, NK 7201 IPRO, and TMG 2776 IPRO) and two irrigation depths (400 and 200 mm), with 12 replications. Water deficit was imposed from the R1 stage and maintained until R8. Plant height, root length, fresh mass, and dry mass were evaluated. Data were subjected to analysis of variance (5%) and means were compared by Tukey's test

¹Doutor em Agronomia. Professor Adjunto na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Mundo Novo-MS; murilo.pelloso@uems.br, <https://orcid.org/0000-0001-5627-8886>. ²Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, arthurosendo@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-8990-0578>. ³Doutor em Genética e Melhoramento. University of California, Davis. Tissue Culture Manager, D43 Dubai Group; rfelipinazevedo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4490-0823>. ⁴Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia. Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT). Cáceres-MT; silvabiologo@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8450-3016>. ⁵Doutora em Engenharia Agrícola. Professora Adjunta na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Mundo Novo-MS; joslanny.vieira@uems.br, <https://orcid.org/0000-0002-8079-3906>

at 5% probability. The reduction in water availability promoted a decrease in plant height, evidencing a negative effect of water restriction on shoot growth. RSF 80I79 and TMG 2776 IPRO presented the highest plant height means under the lower irrigation depth, while DM 82I78 IPRO stood out for root length, fresh mass and dry mass. NK 7201 IPRO presented the lowest values for most of the evaluated variables. The results show variability among cultivars regarding the response to water deficit, indicating the potential use of this information in the selection of materials better adapted to conditions of lower water availability.

Keywords: water deficit; flowering; genotypes; deficit irrigation.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ocupa posição de destaque na agricultura brasileira e sul-americana, com ampla relevância econômica e forte inserção nos sistemas produtivos voltados ao abastecimento interno e ao mercado externo. Além de sua importância para a produção de grãos, proteína e óleo, a cultura demanda estratégias de manejo e adequação de cultivares às distintas condições de cultivo (Toloi et al., 2021; dos Santos et al., 2026).

O desempenho produtivo da soja resulta da interação entre genótipo, ambiente e manejo, sendo fortemente condicionado pela disponibilidade hídrica ao longo do ciclo. Embora a cultura apresente relativa capacidade de adaptação a diferentes condições de cultivo, a ocorrência de déficit hídrico continua entre os principais fatores limitantes à expressão do potencial produtivo, sobretudo em ambientes sujeitos à irregularidade das chuvas (Guo et al., 2023; Ferreira et al., 2024). Em escala mais ampla, a intensificação de eventos climáticos extremos, incluindo a combinação entre altas temperaturas e baixa disponibilidade de água, tem ampliado o risco de perdas agrícolas e aumentado a instabilidade do rendimento em diferentes culturas, dentre elas a soja (Lesk et al., 2022).

Na soja, a restrição hídrica compromete processos fisiológicos essenciais, como a manutenção da turgescência celular, a expansão dos tecidos, a fotossíntese, a absorção de nutrientes e o metabolismo do nitrogênio, refletindo diretamente no crescimento e no acúmulo de biomassa (Wang et al., 2022; de Freitas et al., 2022). A magnitude desses efeitos, no entanto, depende da intensidade e da duração do estresse, bem como do estágio fenológico em que ele ocorre. Entre as fases do ciclo, o período reprodutivo, especialmente o florescimento e o enchimento inicial de grãos, é considerado mais sensível à deficiência hídrica, o que pode resultar em prejuízos expressivos ao desenvolvimento das plantas e ao rendimento final (Elsalahy e Reckling, 2022; Poudel et al., 2023).

A resposta da soja ao déficit hídrico não é uniforme entre genótipos, uma vez que diferentes cultivares podem adotar estratégias morfológicas e fisiológicas distintas para tolerar a limitação de água. Nesse contexto, características associadas ao crescimento da parte aérea, ao desenvolvimento radicular e ao acúmulo de biomassa constituem indicadores relevantes para a identificação de

materiais com melhor desempenho sob restrição hídrica (Rasheed et al., 2022; Narayana et al., 2024; Amjid e Üstün, 2025). Assim, a avaliação comparativa de cultivares em condições contrastantes de disponibilidade de água pode gerar informações úteis tanto para programas de melhoramento quanto para a recomendação de materiais mais adaptados a ambientes sujeitos a veranicos ou distribuição irregular das chuvas.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar as características morfológicas de seis cultivares de soja submetidas a duas condições de disponibilidade hídrica, com ênfase em altura de plantas, comprimento de raízes, massa fresca e massa seca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural no município de Cuiabá (MT), localizada nas coordenadas 15°40' S e 56°03' W. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado como tropical, com verão chuvoso e inverno seco.

Foi utilizado um esquema fatorial 6 × 2, composto por seis genótipos de soja (TMG 4182, RSF 80I79, NS 6906 IPRO, DM 82I78 IPRO, NK 7201 IPRO e TMG 2776 IPRO) e duas lâminas de irrigação (400 mm e 200 mm), em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com doze repetições, totalizando 144 parcelas, sendo cada parcela representada por um vaso, considerado a unidade experimental para fins de análise estatística. Desses, 72 vasos corresponderam à lâmina de irrigação de 400 mm e 72 vasos à lâmina de 200 mm.

A semeadura foi realizada na primeira quinzena de março de 2021, em vasos de polietileno com capacidade de 8,0 L, preenchidos com mistura composta por 50% de solo, 20% de substrato comercial e 30% de terra preta. Em cada vaso, foram semeadas 10 sementes de soja. O desbaste foi realizado uma semana após a emergência, mantendo-se três plantas por vaso.

A lâmina de água adotada como referência para os tratamentos foi estimada conforme Bernardo (1995), com base na irrigação real necessária (IRN, mm) (Eq. 1), considerando-se a capacidade de campo (CC, % em kg), o ponto de murcha permanente (PMP, % em kg), a densidade do solo (D_s , g cm⁻³), a profundidade efetiva do sistema radicular (Z, cm) e o fator de disponibilidade hídrica (f).

$$\text{IRN} = \left[\frac{(\text{CC} - \text{PM})}{10} \right] * D_s * Z * f$$

Substituindo-se os valores de $\text{CC} = 77$, $\text{PMP} = 18$, $D_s = 1,50 \text{ g cm}^{-3}$, $Z = 50 \text{ cm}$ e $f = 0,9$, obteve-se uma lâmina de 398,25 mm, posteriormente arredondada para 400 mm.

O segundo tratamento correspondeu a 50% desse valor, totalizando 200 mm. Considerando-se o diâmetro superior do vaso de 24 cm, a área superficial do recipiente foi de 452,39 cm². A conversão da lâmina de irrigação em volume total de água por vaso foi realizada pela expressão $V = (L \times A) \div 10$, em que 'V' representa o volume de água por vaso (mL), 'L' a lâmina de irrigação (mm) e 'A' a área superficial do vaso (cm²).

Dessa forma, a lâmina de 400 mm correspondeu ao volume total de 18.095,6 mL vaso⁻¹, enquanto a lâmina de 200 mm correspondeu a 9.047,8 mL vaso⁻¹, ao longo do período de imposição dos tratamentos. Considerando-se 60 dias de imposição do déficit hídrico e intervalo de dois dias entre irrigações, foram realizadas 30 aplicações no período, resultando em volumes médios de 603,2 mL vaso⁻¹ por irrigação para a lâmina de 400 mm e 301,6 mL vaso⁻¹ por irrigação para a lâmina de 200 mm.

A aplicação da água foi realizada por irrigação localizada, por gotejamento, próxima à região radicular, com duração de 60 minutos por irrigação, correspondendo a vazões de 0,603 L h⁻¹ e 0,302 L h⁻¹ por vaso para as lâminas de 400 e 200 mm, respectivamente. O déficit hídrico foi induzido a partir do estádio R1, caracterizado pela presença de pelo menos uma flor aberta em qualquer nó da haste principal em 50% das plantas, e mantido até o final do ciclo experimental (R8), quando 50% das plantas apresentaram cerca de 95% das vagens com mudança de cor para marrom ou palha.

As avaliações morfológicas realizadas foram: altura de plantas (cm), comprimento de raízes (cm), massa fresca (g) e massa seca (g). A altura da parte aérea e o comprimento das raízes foram determinados com auxílio de régua graduada. A massa fresca foi obtida em balança analítica, com precisão de 0,001 g. Em seguida, o material vegetal foi mantido em estufa de ventilação forçada a 65 °C, por 72 h e novamente pesado para determinação da massa seca.

Inicialmente, os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foram verificados pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, no software Sisvar (Ferreira, 2019), com nível de significância de 5%. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, com nível de significância de 5% e, quando constatado efeito significativo dos fatores ou da interação cultivar × lâmina, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, no software R, versão 4.1.0 (R Core Team, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cultivares de soja apresentaram diferenças quanto às características morfológicas avaliadas. Para a variável altura de plantas (AP), observou-se diferença entre cultivares dentro de cada lâmina de irrigação, conforme apresentado na Tabela 1. Assim, observou-se, de forma consistente, menor média de AP sob a lâmina de 200 mm (24,42 cm) em comparação à lâmina de 400 mm (37,72 cm), sugerindo efeito negativo da menor disponibilidade hídrica sobre o crescimento da parte aérea (Tabela 1). Na menor lâmina, TMG 2776 IPRO e RSF 80I79 apresentaram as maiores médias, com 29,3 e 28,7 cm, respectivamente, enquanto NK 7201 IPRO apresentou o menor valor (18,5 cm). Sob 400 mm, RSF 80I79 destacou-se novamente com a maior altura (50,5 cm), ao passo que NK 7201 IPRO permaneceu com o menor desempenho (22,6 cm). Esses resultados indicam que a redução da disponibilidade hídrica compromete o alongamento vegetal, mas também revelam diferenças entre os genótipos quanto à capacidade de manter o crescimento em condição de estresse.

A redução da AP sob déficit hídrico pode ser explicada pela limitação da expansão celular, pela menor turgescência e pela queda da atividade fotossintética, fatores já associados, em soja, à restrição do crescimento vegetal sob deficiência hídrica (Wang et al., 2022; Hossain et al., 2024a). No presente estudo, a altura média das plantas foi reduzida de 37,72 cm para 24,42 cm com a diminuição da lâmina de irrigação, o que corresponde a um decréscimo de 35,3%.

Tabela 1. Altura de plantas (AP, cm) de seis cultivares de soja submetidas a duas lâminas de irrigação (400 e 200 mm), impostas a partir do estágio R1, em ambiente protegido.

Cultivar	200 mm			Cultivar	400 mm		
	Erro	Desvio	AP		Erro	Desvio	AP
TMG 2776 IPRO	1,2	4,0	29,3 a	RSF 80I79	2,1	7,3	50,5 a
RSF 80I79	0,9	3,2	28,7 a	NS 6906 IPRO	2,2	7,5	44,5 ab
TMG 4182	1,0	3,5	23,8 ab	TMG 4182	2,0	7,0	40,8 bc
DM 82I78 IPRO	1,7	6,2	23,7 ab	TMG 2776 IPRO	1,3	4,4	36,0 cd
NS 6906 IPRO	1,1	4,0	22,5 b	DM 82I78 IPRO	1,4	4,9	31,9 d
NK 7201 IPRO	0,5	1,8	18,5 b	NK 7201 IPRO	1,3	4,4	22,6 e

Em soja, Narayana et al. (2024) observaram redução média de 20,1% na altura de plantas sob déficit hídrico, evidenciando que, nas condições aqui avaliadas, a resposta foi mais acentuada. Estudos recentes também mostram que a deficiência hídrica reduz a condutância estomática, a taxa fotossintética, a área foliar e o acúmulo de biomassa, sendo a magnitude dessas respostas dependente do genótipo e da intensidade do estresse (Hossain et al., 2024a; Elsalahy e Reckling, 2022). Nesse sentido, o desempenho superior de RSF 80I79 e o menor crescimento de NK 7201 IPRO sugerem diferenças de tolerância entre os materiais avaliados (Tabela 1).

Esse comportamento é coerente com estudos recentes que demonstram elevada variabilidade entre cultivares de soja quanto à resposta ao déficit hídrico em fases reprodutivas. Poudel et al. (2023), ao avaliarem cultivares submetidas à seca entre R1 e R6, observaram diferenças entre os materiais, com redução da condutância estomática, aumento da

temperatura do dossel e prejuízos reprodutivos expressos pela redução no número e no peso de sementes. De forma complementar, Hossain et al. (2024a) verificaram diferenças morfofisiológicas entre genótipos mantidos sob disponibilidade hídrica reduzida, incluindo variações na altura de plantas, na área foliar e em atributos fotossintéticos. Assim, a superioridade de RSF 80I79 e TMG 2776 IPRO sob a menor lâmina, bem como o menor desempenho de NK 7201 IPRO, reforçam a existência de contrastes genéticos relevantes para caracteres de crescimento sob limitação hídrica.

Para o comprimento das raízes, verificou-se diferença entre os genótipos, com destaque para DM 82I78 IPRO, que apresentou média de 12,1 cm, diferindo significativamente dos materiais de menor desempenho, seguido por RSF 80I79 (11,3 cm), enquanto NK 7201 IPRO apresentou o menor valor (7,5 cm) (Tabela 2).

Tabela 2. Comprimento de raízes (cm) de seis cultivares de soja obtido na média de duas lâminas de irrigação (400 e 200 mm), impostas a partir do estágio R1, em ambiente protegido.

Cultivar	Erro	Desvio	Média
DM 82I78 IPRO	1,5	5,4	12,1 a
RSF 80I79	0,8	2,7	11,3 ab
TMG 4182	1,0	3,5	10,0 abc
TMG 2776 IPRO	1,2	4,2	9,9 abc
NS 6906 IPRO	0,7	2,4	8,6 bc
NK 7201 IPRO	0,9	3,1	7,5 c

Estudos em soja também relatam variação entre genótipos para características radiculares sob deficiência hídrica. Dayoub et al. (2021) observaram ampla variabilidade para atributos do sistema radicular em cultivares avaliadas em estágio inicial, enquanto Bukan et al. (2024) verificaram redução média de 11% no comprimento de raízes sob seca induzida. Assim, os resultados do presente estudo

reforçam a existência de contraste genotípico para essa característica em condição de restrição hídrica.

Esse resultado evidencia desempenho diferencial entre os materiais quanto ao desenvolvimento radicular nas condições experimentais adotadas. A cultivar DM 82I78 IPRO pertence ao grupo de maturidade 8,2 e apresenta tipo de crescimento indeterminado, tendo se destacado

também em avaliações agronômicas no Oeste da Bahia (Carneiro et al., 2025), o que pode estar relacionado ao melhor desempenho observado neste estudo. Tal característica é agronomicamente relevante, uma vez que sistemas radiculares mais desenvolvidos podem favorecer maior exploração do solo e maior capacidade de absorção de água.

O crescimento radicular pode atuar como importante mecanismo de ajuste morfológico em plantas submetidas à limitação de água, embora essa resposta não ocorra de forma uniforme entre genótipos nem aumente indefinidamente com a intensidade do estresse. Evidências recentes indicam que déficits hídricos podem promover alterações no sistema radicular, enquanto restrições mais severas tendem a reduzir biomassa e funcionamento das raízes (Narayana et al., 2024; Wang et al., 2024).

Nesse contexto, o maior comprimento radicular observado para DM 82I78 IPRO e RSF 80I79 sugere maior capacidade de desenvolvimento radicular nas condições experimentais adotadas, ao passo que o menor valor registrado para NK 7201 IPRO indica menor desempenho morfológico para essa característica (Tabela 2).

A interpretação desse resultado pode ser ampliada pela noção de plasticidade radicular como componente importante da adaptação à seca. Narayana et al. (2024) verificaram, em soja, que a

deficiência hídrica pode elevar a massa de raízes, volume radicular e a relação raiz/parte aérea, ao mesmo tempo em que reduz o crescimento da parte aérea, indicando redistribuição de recursos em resposta ao estresse. De forma complementar, Dayoub et al. (2021) relataram ampla variabilidade entre cultivares de soja para atributos do sistema radicular, evidenciando que essa resposta depende do material genético.

Além disso, He et al. (2017) destacam que a morfologia e a arquitetura radicular podem favorecer a aquisição de água em condições limitantes, enquanto Wang et al. (2024) mostraram que a seca tende a reduzir atributos radiculares como comprimento total, área superficial e massa seca das raízes. Assim, os maiores valores observados para DM 82I78 IPRO e RSF 80I79 sugerem maior eficiência morfológica do sistema radicular nas condições experimentais, o que pode representar uma vantagem adaptativa importante em ambientes com restrição de água.

Para a variável massa fresca, DM 82I78 IPRO apresentou a maior média, diferindo dos genótipos com menores valores, especialmente NS 6906 IPRO e NK 7201 IPRO (Tabela 3). Tendência semelhante foi observada para massa seca, em que DM 82I78 IPRO também apresentou a maior média, enquanto NK 7201 IPRO registrou o menor valor (Tabela 4).

Tabela 3. Massa fresca (g) de seis cultivares de soja obtida na média de duas lâminas de irrigação (400 e 200 mm), impostas a partir do estágio R1, em ambiente protegido.

Cultivar	Erro	Desvio	Média
DM 82I78 IPRO	0,4	1,2	2,4 a
RSF 80I79	0,2	0,8	1,9 ab
TMG 4182	0,2	0,8	1,7 ab
TMG 2776 IPRO	0,3	0,9	1,7 ab
NS 6906 IPRO	0,2	0,6	1,4 b
NK 7201 IPRO	0,1	0,3	1,3 b

Tabela 4. Massa seca (g) de seis cultivares de soja obtida na média de duas lâminas de irrigação (400 e 200 mm), impostas a partir do estágio R1, em ambiente protegido.

Cultivar	Erro	Desvio	Média
DM 82I78 IPRO	0,4	1,2	2,3 a
RSF 80I79	0,2	0,7	1,9 ab
TMG 4182	0,3	1,1	1,6 ab
TMG 2776 IPRO	0,3	0,9	1,6 ab
NS 6906 IPRO	0,2	0,6	1,4 b
NK 7201 IPRO	0,1	0,3	1,3 b

De forma geral, RSF 80I79, TMG 4182 e TMG 2776 IPRO apresentaram desempenho intermediário para essas variáveis, indicando variação entre os genótipos quanto à capacidade de acúmulo de biomassa nas condições experimentais avaliadas.

A redução do acúmulo de biomassa em condições de deficiência hídrica está associada à menor assimilação de carbono, à redução da expansão foliar e às limitações fisiológicas impostas pela queda do potencial hídrico dos tecidos (Wang et al., 2022; Hossain et al., 2024a). Em soja, o estresse hídrico compromete processos essenciais como fotossíntese, regulação estomática, transporte de assimilados e manutenção da turgescência, refletindo diretamente em menor produção de massa fresca e seca (Wang et al., 2022; Hossain et al., 2024a). À luz desses mecanismos, o desempenho inferior de NK 7201 IPRO e o maior acúmulo de biomassa observado em DM 82I78 IPRO sugerem diferenças entre os genótipos quanto à resposta morfológica nas condições experimentais avaliadas.

A manutenção da biomassa sob seca também deve ser interpretada como reflexo da capacidade do genótipo em preservar processos fisiológicos ao longo do estresse e, em certa medida, recuperar-se após sua imposição. Elsalahy e Reckling (2022) demonstraram que cultivares de soja submetidas à seca podem apresentar recuperação parcial de características fotossintéticas, embora essa recuperação não seja completa para todos os atributos. De modo semelhante, Hossain et al. (2024a) destacaram que genótipos com melhor desempenho sob limitação hídrica tendem a conservar de forma mais eficiente características associadas ao crescimento e ao funcionamento fisiológico. Nesse contexto, o maior acúmulo de massa fresca e seca em DM 82I78 IPRO sugere melhor capacidade de sustentação do crescimento vegetal nas condições impostas, enquanto os menores valores de NK 7201 IPRO reforçam sua maior vulnerabilidade ao estresse.

No presente estudo, a massa seca não apresentou diferença significativa entre as lâminas de irrigação pelo teste de Tukey (5%), mas diferiu entre as cultivares, sugerindo que, para essa variável, o componente genético exerceu influência mais evidente que a diferença entre as lâminas testadas. Ainda assim, a diferença observada entre os materiais mostra que alguns genótipos apresentaram maior capacidade de acúmulo de biomassa nas condições

experimentais avaliadas, característica desejável em programas de melhoramento voltados à adaptação a ambientes com limitação hídrica.

Essa interpretação é coerente com trabalhos conduzidos em soja que também avaliaram biomassa seca sob deficiência hídrica. Hossain et al. (2024b) observaram, em oito genótipos de soja submetidos ao estresse hídrico, reduções de 46, 45 e 19% na matéria seca de folhas, caule e raízes, respectivamente, enquanto Umburanas et al. (2019) relataram alterações na biomassa de plântulas e na partição de biomassa para raízes sob déficit hídrico.

Considerando o conjunto das variáveis analisadas, observou-se comportamento contrastante entre os genótipos avaliados. A cultivar RSF 80I79 destacou-se quanto à altura de plantas nas duas lâminas de irrigação, com 28,7 cm sob 200 mm e 50,5 cm sob 400 mm, enquanto a DM 82I78 IPRO apresentou maiores médias para comprimento radicular (12,1 cm), massa fresca (2,4 g) e massa seca (2,3 g). Por outro lado, a NK 7201 IPRO apresentou os menores valores para a maior parte das variáveis avaliadas, com 18,5 cm de altura sob a menor lâmina, 7,5 cm de comprimento radicular, 1,3 g de massa fresca e 1,3 g de massa seca, sugerindo menor adaptação morfológica às lâminas de irrigação impostas no experimento.

Esses resultados reforçam a importância da caracterização morfológica na identificação de genótipos superiores e confirmam o potencial de uso dessas informações em programas de melhoramento genético da soja voltados à estabilidade produtiva em ambientes com limitação de água. Essa interpretação é coerente com a literatura, uma vez que Poudel et al. (2023), ao avaliarem cultivares submetidas à seca entre R1 e R6, observaram redução de 45% no número de sementes e de 35% no peso de sementes, associadas à redução da condutância estomática e ao aumento da temperatura do dossel.

De forma complementar, Narayana et al. (2024) relataram redução de 20,1% na altura de plantas sob déficit hídrico, além de aumento do peso de raízes, do volume radicular e da relação raiz/parte aérea, evidenciando respostas contrastantes entre genótipos. Essa perspectiva é particularmente relevante para a sojicultura brasileira, uma vez que eventos de seca têm sido associados a perdas de produtividade em mais de 50% das safras avaliadas no país ao longo de cinco décadas, com perdas acumuladas estimadas em 11,65% e maior

instabilidade em regiões como o Sul do Brasil (Ferreira et al., 2024).

CONCLUSÃO

As cultivares de soja avaliadas apresentaram respostas distintas às lâminas de irrigação impostas no início do florescimento. A redução do suprimento de água influenciou o desempenho morfológico das plantas, com diferenças entre os genótipos para as variáveis analisadas.

A cultivar RSF 80I79 destacou-se quanto à altura de plantas sob menor disponibilidade hídrica, enquanto a DM 82I78 IPRO apresentou maiores médias para comprimento de raízes, massa fresca e massa seca. Em contrapartida, a NK 7201 IPRO apresentou desempenho inferior na maior parte das variáveis avaliadas.

Os resultados evidenciam variabilidade entre cultivares quanto à resposta ao déficit hídrico, indicando potencial de uso dessas informações na escolha de materiais mais adaptados a condições de menor disponibilidade de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amjid, M. & Üstün, R. (2025). Selection of soybean genotypes exhibiting drought resistance by assessing morphological and yield traits. *Euphytica* 221: 44. DOI: 10.1007/s10681-025-03493-9.
- Bernardo, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657 p.
- Bukan, M., Kereša, S., Pejić, I., Sudarić, A., Lovrić, A., & Šarčević, H. (2024). Variability of Root and Shoot Traits under PEG-Induced Drought Stress at an Early Vegetative Growth Stage of Soybean. *Agronomy*, 14(6), 1188. DOI: 10.3390/agronomy14061188
- Carneiro, G.E.S.; Farias Neto, A.L.; Martins, M.C.; Tamai, M.A.; Ide, M.A.; Ribeiro, M.P.; Oliveira, A.R.C.; Mariano, J.R.; Almeida, M.R.S.; Carneiro, P.C.S. (2025). **Avaliação de cultivares de soja no oeste da Bahia: safra 2020/2021**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 428. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 16 p.
- Dayoub, E., Lamichhane, J. R., Schoving, C., Debaeke, P., & Maury, P. (2021). **Early-Stage Phenotyping of Root Traits Provides Insights into the Drought Tolerance Level of Soybean Cultivars**. *Agronomy*, 11(1), 188. DOI: 10.3390/agronomy11010188
- de Freitas, V.F.; Cerezini, P.; Hungria, M. & Nogueira, M.A. (2022). Strategies to deal with drought-stress in biological nitrogen fixation in soybean. *Applied Soil Ecology* 172: 104352. DOI: 10.1016/j.apsoil.2021.104352.
- dos Santos, J.W.S.; Araújo Junior, G.N.; Ferreira, F.E.P.; Teodoro, I.P.O.; Elli, E.F.; Barbosa, W.S.S.; Ferreira Junior, R.A.; Lyra, G.B.; Teodoro, I.; Magalhães, I.D.; Rocha, A.E.Q. & Almeida, A.C.S. (2026). Identifying optimum sowing dates for rainfed soybeans in Brazil's new agricultural frontier. *European Journal of Agronomy* 174: 127927. DOI: 10.1016/j.eja.2025.127927.
- Elsalahy, H.H. & Reckling, M. (2022). Soybean resilience to drought is supported by partial recovery of photosynthetic traits. *Frontiers in Plant Science* 13: 971893. DOI: 10.3389/fpls.2022.971893.
- Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4): 529–535. DOI: 10.28951/rbb.v37i4.450
- Ferreira, R.C.; Sibaldelli, R.N.R.; Crusiol, L.G.T.; Neumaier, N. & Farias, J.R.B. (2024). Soybean yield losses related to drought events in Brazil: spatial-temporal trends over five decades and management strategies. *Agriculture* 14(12): 2144. DOI: 10.3390/agriculture14122144.
- Guo, S.; Zhang, Z.; Zhang, F. & Yang, X. (2023). Optimizing cultivars and agricultural management practices can enhance soybean yield in Northeast China. *Science of The Total Environment* 857(Part 2): 159456. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159456.
- He, J., Jin, Y., Du, Y.-L., Wang, T., Turner, N. C., Yang, R.-P., Jin, Y., Xi, Y.-L., Zhang, C., Cui, T., Fang, X.-W., & Li, F.-M. (2017). Genotypic Variation in Yield, Yield Components, Root Morphology and Architecture in Soybean in Relation to Water and Phosphorus Supply. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1499. DOI: 10.3389/fpls.2017.01499

- Hossain, M. M., Al Mamun, M. A., Ahsan, M. K., Rahman, M. M., & Karim, M. A. (2024b). Dry matter distribution, yield and seed quality of soybean (*Glycine max*) genotypes as affected by water stress. *Acta Biologica Szegediensis*, 67(2), 221–233. DOI: 10.14232/abs.2023.2.221-233
- Hossain, M. S.; Khan, M. A. R.; Mahmud, A.; Ghosh, U. K.; Anik, T. R.; Mayer, D.; Das, A. K.; Mostofa, M. G. (2024a). Differential Drought Responses of Soybean Genotypes in Relation to Photosynthesis and Growth-Yield Attributes. *Plants*, 13(19): 2765. DOI: 10.3390/plants13192765.
- Lesk, C.; Anderson, W.; Rigden, A.; Coast, O.; Jägermeyr, J.; McDermid, S.; Davis, K.F. & Konar, M. (2022). Compound heat and moisture extreme impacts on global crop yields under climate change. *Nature Reviews Earth & Environment* 3(12): 872–889. DOI: 10.1038/s43017-022-00368-8.
- Narayana, N.K.; Wijewardana, C.; Alsajri, F.A.; Reddy, K.R.; Stetina, S.R. & Bheemanahalli, R. (2024). Resilience of soybean genotypes to drought stress during the early vegetative stage. *Scientific Reports* 14: 17365. DOI: 10.1038/s41598-024-67930-w.
- Poudel, S.; Vennam, R. R.; Shrestha, A.; Reddy, K. R.; Wijewardane, N. K.; Reddy, K. N.; Bheemanahalli, R. (2023). Resilience of soybean cultivars to drought stress during flowering and early-seed setting stages. *Scientific Reports*, 13: 1277. DOI: 10.1038/s41598-023-28354-0.
- Rasheed, A.; Mahmood, A.; Maqbool, R.; Albaqami, M.; Sher, A.; Sattar, A.; Bakhsh, G.; Nawaz, M.; Hassan, M.U.; Al-Yahyai, R.; Aamer, M.; Li, H. & Wu, Z. (2022). Key insights to develop drought-resilient soybean: A review. *Journal of King Saud University – Science* 34(5): 102089. DOI: 10.1016/j.jksus.2022.102089.
- R CORE TEAM. (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/>
- Toloi, M.N.V.; Bonilla, S.H.; Toloi, R.C.; Silva, H.R.O. & Nääs, I.A. (2021). Development indicators and soybean production in Brazil. *Agriculture* 11(11): 1164. DOI: 10.3390/agriculture11111164.
- Umburanas, R. C., Donegá, V. C., Queiroz, V. M., Fontana, D. C., Bampi, D., Dourado-Neto, D., & Reichardt, K. (2019). Root attributes and seedling biomass of old and modern soybean cultivars under water deficit. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31(9), 688–696. DOI: 10.9755/ejfa.2019.v31.i9.1994
- Wang, X.; Wu, Z.; Zhou, Q.; Wang, X.; Song, S. & Dong, S. (2022). Physiological response of soybean plants to water deficit. *Frontiers in Plant Science*, 12: 809692. DOI: 10.3389/fpls.2021.809692.
- Wang, X.; Zhao, W.; Wei, X.; Sun, Y.; Dong, S. (2024). Molecular mechanism of drought resistance in soybean roots revealed using physiological and multi-omics analyses. *Plant Physiology and Biochemistry*, 208: 108451. DOI: 10.1016/j.plaphy.2024.108451.