

IMPORTÂNCIA DO BIORREGULADOR H2 RAIZ NO ESTABELECIMENTO DE MILHO (*Zea mays* L.) EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO

GRATÃO, M. S.¹, SANTOS, W. S.¹, MACEDO, G. C.¹, QUEIROZ, S. B.¹, MELO, M. P. R.¹, MATOS, F.S.¹

¹Grupo de Pesquisa Fisiologia da Produção Vegetal – Universidade Estadual de Goiás, Campus Sul, UnU Ipameri - Rodovia GO 330, Km 241, Anel Viário, S/N – CEP: 75780 000, Ipameri-GO.

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes cultivadas globalmente por conta da sua gama de utilidades, principalmente no ramo alimentício, além de possuir ampla adaptabilidade climática. É um dos destaques na produção brasileira, mas, devido as alterações climáticas, pode acabar tendo sua produtividade afetada por conta do aumento das secas. Com isso, o uso de biorreguladores vem ganhando ênfase, afinal eles podem auxiliar na manutenção e produtividade em situações de déficit hídrico. O presente estudo objetivou identificar o efeito do H2 RAIZ® no estabelecimento de plantas de milho sob deficiência hídrica. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com sombrite com interceptação de 50% da radiação solar, em uma região que possui clima tropical com inverno seco e verão úmido. A irrigação ocorreu diariamente até completar 10 dias após a germinação e, posteriormente, elas receberam o H2 RAIZ® por dois dias seguidos em diferentes concentrações (T1 – sem concentração do produto, T2 – concentração de 0,25 ml/L⁻¹, T3 – concentração de 0,5 ml/L⁻¹, T4 – concentração de 0,75 ml/L⁻¹ e T5 – concentração de 1 ml/L⁻¹), logo após, as plantas foram submetidas a cinco dias de déficit hídrico. Foi possível observar que o biorregulador exerce importância positiva no desenvolvimento de plantas de milho em dose de 1 ml/L por incrementar o crescimento da parte aérea e o estabelecimento da planta através do maior desenvolvimento do sistema radicular, permitindo maior exploração de volume de solo, podendo a planta assim executar ações importantes de absorção de solução do solo.

Palavras-chave: Insumos agrícolas; Escassez de água; Mudanças Climáticas; Tolerância hídrica.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas importantes cultivadas globalmente, podendo ser encontrado em regiões com clima tropical, subtropical e temperado, devido sua alta adaptabilidade, representada por uma variedade de genótipos. Possui uma gama de utilidades, dentre estas no setor alimentício (SABAGH *et al.*, 2020).

No Brasil, o milho é uma das culturas mais significativas, com alta produção, e ocupando a terceira posição em produtividade mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (COÊLHO, 2023). Na safra 2022/23 o país obteve uma produção total de 131.865 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2023). De acordo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), no 8º e último levantamento as safra 2023/24, a produção de milho

já alcançava 111.638 milhões de toneladas (CONAB, 2024). Sendo que a estimativa para a safra 2023/24 é de 112,75 milhões de toneladas (CNN BRASIL, 2024).

Entretanto, devido às alterações climáticas decorrentes do El Niño, a produtividade de milho no Brasil, pode sofrer reduções (COÊLHO, 2023; CNN BRASIL, 2024). As mudanças climáticas previstas têm o potencial de impactar significativamente a produção agrícola, a biodiversidade e os recursos hídricos (TAMM *et al.*, 2023; ALVES *et al.*, 2024). Entre os principais eventos climáticos que causam prejuízos à agricultura estão os longos períodos de estiagem e seca, que afetam a disponibilidade de hídrica no solo (TRIPATHY *et al.*, 2023; YUAN *et al.*, 2023).

A agricultura é extremamente dependente das condições climáticas, especialmente das precipitações. Portanto, durante períodos de seca, o estresse hídrico surge como um fator que limita a produtividade das culturas (MATOS *et al.*, 2019; VILLAGÓMEZ-ARANDA *et al.*, 2022). A escassez de água pode causar problemas como a inibição da fotossíntese e o impedimento do crescimento das raízes. Em casos mais extremos, pode levar à morte da planta devido ao fechamento dos estômatos como mecanismo de defesa (CAMPOS *et al.*, 2021).

Diante deste contexto, o uso de insumos agrícolas, em especial os biorreguladores, pode desempenhar um papel crucial na manutenção e até no aumento da produtividade em condições de déficit hídrico (NICOLAI, 2024). O biorregulador H2 RAIZ® é um enraizador líquido, que contém micronutrientes importantes para fixação biológica de nitrogênio, aminoácidos naturais, fitohormônios (Auxina, Citocinina e Giberelina) e extratos húmicos (H2 AGROSCIENCE, 2024). Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo identificar o efeito do H2 RAIZ® no estabelecimento de plantas de milho sob deficiência hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação coberta com plástico transparente e laterais em sombrite com interceptação de 50% da radiação solar, localizada na Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ipameri (Lat. 17° 42' 59,12 S, Long. 48°08'40,49''W, Alt. 773 m), Ipameri, GO. Essa região possui clima tropical com inverno seco e verão úmido (Aw) de acordo com a classificação de Köppen e temperatura média de 20 °C (ALVARES *et al.*, 2013).

Foram utilizadas sementes de milho (*Zea mays* L.), semeadas em vasos em casa de vegetação. Inicialmente, foi preparado o substrato contendo solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5. A irrigação ocorreu diariamente até completar 10 dias após a germinação. Posteriormente, as plantas receberam o enraizador H2 RAIZ® durante dois dias seguidos em diferentes concentrações, sendo T1 – sem concentração do produto, T2 – concentração de 0,25 ml/L⁻¹, T3 – concentração de 0,5 ml/L⁻¹, T4 – concentração de 0,75 ml/L⁻¹ e T5 – concentração de 1 ml/L⁻¹. Logo após, as plantas foram submetidas a cinco dias de déficit hídrico.

O volume de água foi aplicado com base na evapotranspiração diária da cultura do milho. Como o coeficiente da cultura (kc) para o milho ainda não foi determinado para a região de Ipameri, GO, utilizamos o kc igual a 1,00 seguindo estimativa da FAO 56 (ALLEN *et al.*, 1998) para um grupo de culturas em estágio de crescimento inicial.

O volume de água fornecido foi estimado determinando a evapotranspiração de referência e o coeficiente da cultura. Para determinar a evapotranspiração da cultura, utilizou-se a equação:

$$ET_c = E_{To} \times k_c$$

Onde:

ET_c = evapotranspiração da cultura

k_c = coeficiente da cultura

E_{To} = Evapotranspiração de referência

O cálculo da E_{To} diária foi feito pelo método de Penman-Monteith recomendado pela FAO (SMITH *et al.*, 1991) utilizando os dados diários de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento obtidos na Estação Meteorológica do INMET localizado no município de Ipameri, GO. A umidade nos vasos chegou a 6% do volume.

As seguintes variáveis foram analisadas: altura da planta, comprimento da raiz, massa seca parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), Biomassa, Transpiração (E) e clorofila total (CI Total).

Variáveis de crescimento: A altura da planta foi medida a partir da região de transição raiz-caule no nível do solo (coroa) até a ponta do caule usando régua graduada. O comprimento da raiz foi medido com uma régua graduada a partir da região de transição raiz-caule até a ponta da raiz. As raízes foram separadas da parte aérea (folhas e caule) e secas em estufa a 70°C até massa seca constante, em seguida foram pesadas separadamente. Com os dados de massa seca calculou-se a biomassa total, somando-se as massas de todas as partes da planta.

Transpiração: A transpiração diária total da planta foi determinada a partir da diferença de massa dos vasos. O conjunto de vasos com plantas foi colocado em sacos plásticos individuais fixados com elástico no caule da planta, deixando a copa (folhas e caule) exposta. Os vasos foram pesados às 12 horas (massa 1) e novamente 24 horas depois (massa 2). A transpiração total foi estimada com base na diferença entre a massa 1 e a massa 2.

Clorofila: O índice de clorofila foi determinado com o auxílio de um medidor portátil de clorofila (clorofilômetro), o qual forneceu valores de clorofila expressas em unidades chamadas Índice de Clorofila SPAD.

Os procedimentos estatísticos consistiram em análise de variância, e regressão linear e quadrática. Nos casos de significância da regressão pelo teste F, o coeficiente de determinação (R^2) foi calculado pela razão da soma dos quadrados da regressão sobre a soma total dos quadrados por intermédio do programa estatístico SigmaPlot 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2011) e para as variáveis canônicas utilizou-se o pacote candisc nos softwares R 4.0.1 (R CORE TEAM, 2023) e RBIO (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 demonstra o resultado obtido, visualmente, para a raiz de plantas de milho (*Zea mays* L.) sob diferentes níveis de concentração do enraizador H2 RAIZ®.

Na fase inicial de crescimento, o desenvolvimento do sistema radicular é reduzido e ainda incapaz de absorver água em maiores profundidades. Portanto, a fase inicial de crescimento representa um estágio de grande vulnerabilidade ao déficit hídrico. Conforme

Matos *et al.* (2019), para que a planta se desenvolva com tolerância aos estresses na fase adulta, é fundamental que o desenvolvimento inicial seja vigoroso, e a planta não enfrente estresses severos, pois em sua fase inicial, tal estresse pode ter como consequência a morte da planta.

O T5 (1 ml/L⁻¹ de H2 RAIZ®), apresentou volume de raiz nitidamente mais significativos que os demais tratamentos (Figura 1). Esse incremento pode ser atribuído ao estímulo promovido pelo H2 Raiz e pelo déficit hídrico quando as raízes desenvolvem em busca de umidade, sendo este um fator crucial para sobrevivência e crescimento das plantas, uma vez que a área de superfície e diâmetro de raiz maiores são benéficos para uma absorção total relativamente alta de nutrientes e umidade para manter a fotossíntese (WIJEWARDANA *et al.*, 2019).



Figura 1 – Resultado visual para raiz de plantas de milho (*Zea mays* L.) sob diferentes níveis de concentração do H2 RAIZ®.

Resultados referentes às análises de estatística para massa seca parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), clorofila total (Cl Total), transpiração (*E*) e Biomassa, para diferentes níveis de concentração do H2 RAIZ® são demonstrados na Figura 2.

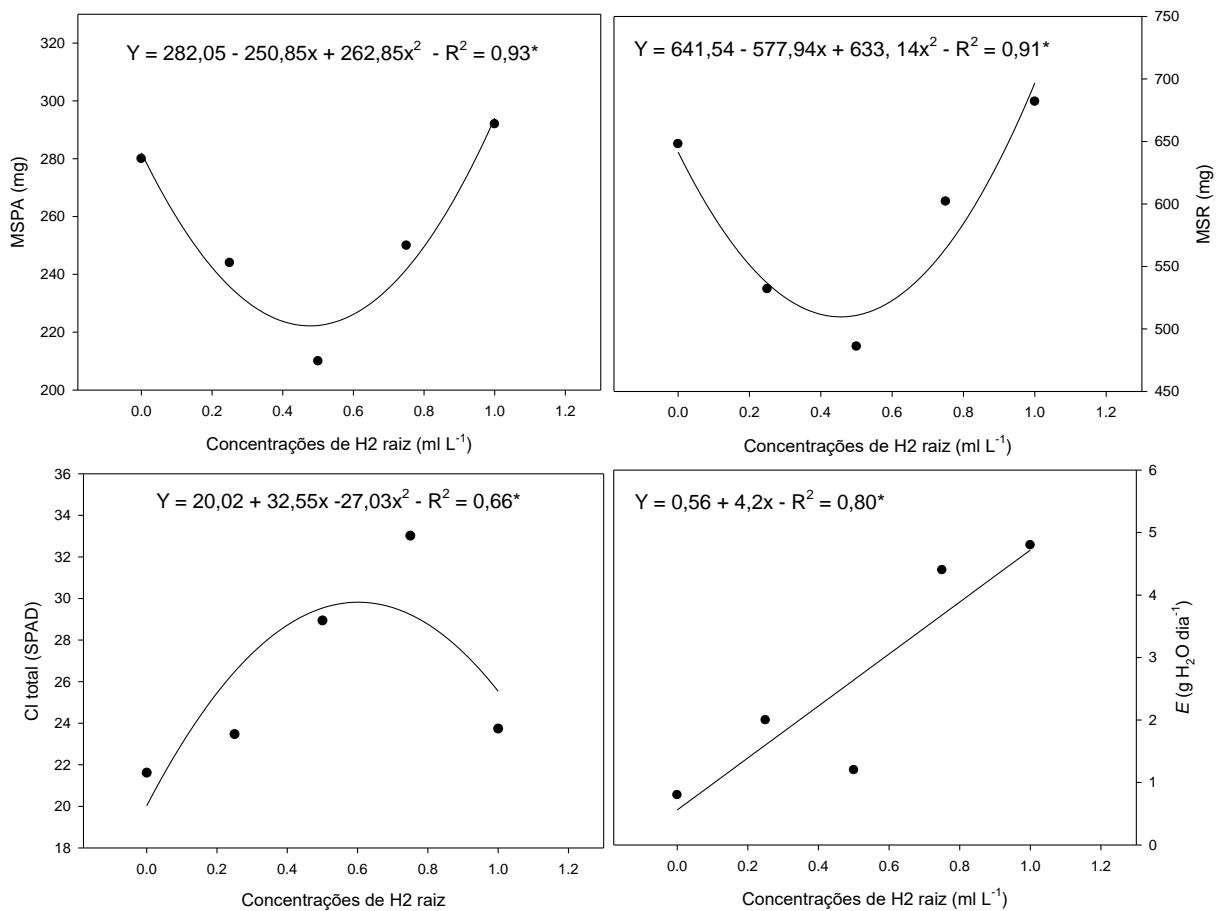
Os resultados demonstraram que o H2 RAIZ®, quando aplicado na dose de 1 ml/L, exerce um efeito benéfico significativo no desenvolvimento das plantas de milho. Esse resultado evidencia que a dosagem mencionada é ideal para promover o crescimento saudável dessas plantas. Nesse caso, concentrações inferiores a 1 ml/L não são recomendadas, pois não proporcionam os mesmos benefícios, podendo até mesmo não contribuir de maneira eficiente para o desenvolvimento das plantas de milho. No entanto, a boa atuação do bioestimulador depende da espécie da planta e dose recomendada a ela (FERREIRA *et al.*, 2007).

A massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR) e Biomassa, reagiram da mesma maneira, decrescendo os resultados até T3, cujo tratamento apresentou o menor desempenho, e, em seguida, retomando o aumento dessas variáveis de T3 até T5. Os resultados positivos são semelhantes aos encontrados por Santos *et al.* (2013), que observaram, na cultura do milho, que o uso de bioestimulantes resultou em efeitos positivos para a maioria das características fisiológicas da planta e aumentou a massa seca das raízes.

Além disso, os resultados corroboram com o que foi dito anteriormente, em que há uma faixa ótima de dosagem para desempenhos satisfatórios dessa cultura sob estresse hídrico. Com isso, observa-se que o uso de H2 RAIZ®, na dosagem adequada, contribuiu para o aumento da

tolerância das plantas de milho à seca através do maior crescimento de raiz e precoce estabelecimento das plantas. Segundo Matos *et al.*, (2019), a imposição dos tratamentos com bioestimulantes antes do surgimento do estresse, pode ativar uma espécie de memória da planta e desencadear uma cascata de eventos de resposta.

Em relação a transpiração, foi possível observar aumentos lineares em relação à concentração de H₂ raiz aplicada. Isso demonstra que o uso do enraizador promove o desenvolvimento do sistema radicular e com maior acesso a água a planta absorve e transpira mais. Com o maior desenvolvimento radicular, as plantas de milho conseguiram executar ações importantes para seu crescimento, como a transpiração, um processo essencial para refrigeração da folha. Argumenta-se que a transpiração é benéfica às plantas porque causa o resfriamento das folhas, ascensão da seiva e aumento na absorção de nutrientes (KERBAUY, 2004).



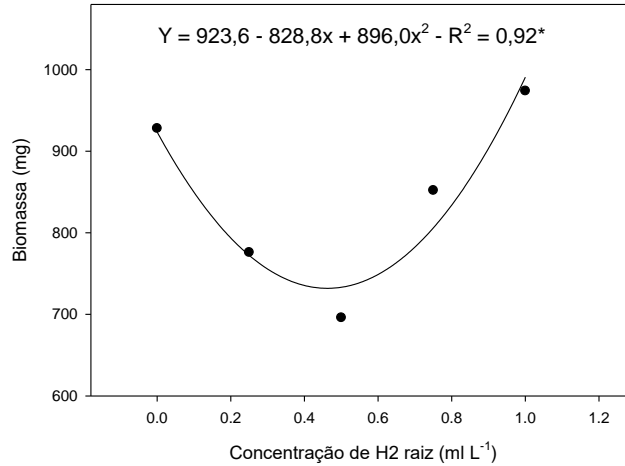


Figura 2 – Gráficos com equações de regressão para massa seca parte aérea (MSCA), massa seca radicular (MSR), clorofila total (CI Total), transpiração (*E*) e Biomassa de plantas de milho sob diferentes níveis de concentração do H2 RAIZ®. * Significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

A Figura 3 apresenta a análise de variáveis canônicas para agrupamento das variáveis e tratamentos aplicados.

É possível observar que a análise responde por 96,3% da variação dos dados e que as concentrações de maiores influências no crescimento da parte aérea e desenvolvimento de raiz ficaram à direita do eixo 1, ratificando o descrito anteriormente, de que a concentração de 1,0 ml/L recomendada pelo fabricante é a adequada para o estabelecimento de plantas de milho. A avaliação dos efeitos da aplicação de bioestimulantes no milho, associada a outras práticas de manejo é importante, uma vez que potencializará a identificação das melhores respostas no estabelecimento, desenvolvimento e produtividade da cultura (AMARO et al., 2023).

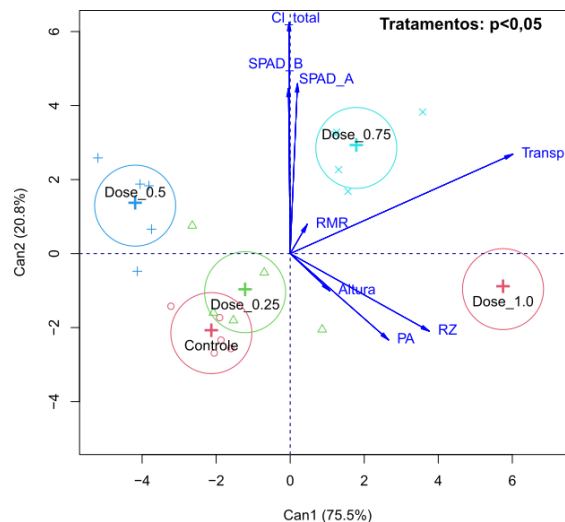


Figura 3 – Avaliação das semelhanças e diferenças entre os diferentes níveis de concentração do H2 RAIZ®, via análise de componentes principais (PCA).

CONCLUSÕES

O H2 RAIZ exerce importância em plantas de milho na dose de 1 ml/L por incrementar o crescimento da parte aérea e o estabelecimento da planta através do maior desenvolvimento do sistema radicular, permitindo maior exploração de volume de solo, podendo a planta assim executar ações importantes de absorção de solução do solo.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. *et al.* **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift.** 2014; 22(6): p. 711-728.
- ALVES, F. A. F. *et al.* Impactos de mudanças climáticas para a fisiologia e morfologia vegetal e à sociedade. **Revista Ambientale.** 2024; 16(1): p. 24–36.
- AMARO, H. T. R. *et al.* Tratamento de sementes com bioestimulante e disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial do milho. **MAGISTRA**, v. 33, n. 2023. Volume contínuo, 2023.
- BHERING, L. L. RBio: A Tool for Biometric and Statistical Analysis Using the R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17, p.187-190, 2017.
- CAMPOS, A. J. M. *et al.* Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development.** 2021; 10 (15): p. e311101523155.
- CNN BRASIL. **Conab reduz estimativa para safras 2023/24 de soja e milho.** 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/conab-reduz-estimativa-para-safras-2023-24-de-soja-e-milho/>. Acesso em: 17/05/2024.
- COÊLHO, J. D. Milho: Produção e Mercados. **Caderno Setorial ETENE.** 2023; 8(291): p. 1-10.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **12º Levantamento - Safra 2022/23.** Tabela de dados - Produção e balanço de oferta e demanda de grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 17/05/2024.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **8º Levantamento - Safra 2023/24.** Tabela de dados - Produção e balanço de oferta e demanda de grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 17/05/2024.
- FERREIRA, L. A. *et al.* Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.
- H2 AGROSCIENCE. **H2 RAIZ.** Disponível em: <https://h2agrosiences.com.br/>. Acesso em: 17/05/2024.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- MATOS, F. S. *et al.* Folha Seca: **Introdução à Fisiologia Vegetal.** 1. ed. Curitiba: Appris, 2019.

NICOLAI, A. B. **Desempenho do trigo em função da aplicação de biorreguladores e déficit hídrico no início do florescimento**. Dissertação (Mestrado em Ciência, área de concentração Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2024. 72p.

R CORE TEAM. **R: A language and environmental for statistical computing**. Vienna, Austria. [Internet], 2023. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SABAGH, A. E. *et al.*, Maize Adaptability to Heat Stress under Changing Climate. In: HOSSAIN, A. (ed.). **Plant Stress Physiology**. Rijeka: IntechOpen, 2020.

SANTOS, V.M., *et al.* Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 12 (3), 307-318, 2013.

SMITH, M. **Report on expert consultation on procedures for revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome: FAO, 1991.

SYSTAT SOFTWARE INC. (**SigmaPlot version 10.0**), San Jose, California, US, 2011.

TAMM, O. *et al.* The intensification of short-duration rainfall extremes due to climate change – Need for a frequent update of intensity–duration–frequency curves. **Climate Services**. 2023 (30), p. 100349.

TRIPATHY, K. P. *et al.* Climate change will accelerate the high-end risk of compound drought and heatwave events. **PNAS**. 2023; 120(28): p. e2219825120.

VILLAGÓMEZ-ARANDA, A. L. *et al.* Activating stress memory: eustressors as potential tools for plant breeding. **Plant Cell Reports**. 2022; 41(7): p. 1481-1498.

YUAN, X. *et al.* A global transition to flash droughts under climate change. **Science**. 2023; 380 (6641): p. 187-191.

WIJEWARDANA, C.; *et al.* Water Deficit Effects on Soybean Root Morphology and Early-Season Vigor. **Agronomy-Basel**, 9, n. 12, p. 15, Dec 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120836>.