

## Literature Review: The Role of Ascorbic Acid as a Priming Compound in the Physiological Response of Plants to Drought Stress

Muftia Nadhra<sup>1</sup>, Anggraini Anggraini<sup>1</sup>, Violita Violita<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Indonesia;

### Article History

Received : February 14<sup>th</sup>, 2026

Revised : February 23<sup>th</sup>, 2026

Accepted : March 25<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author:

**Violita Violita,**

Departemen Biologi, Fakultas  
Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam, Universitas  
Negeri Padang;

Email: [violita@fmipa.unp.ac.id](mailto:violita@fmipa.unp.ac.id)

**Abstract:** Drought stress is a major abiotic factor that limits plant growth and productivity by disrupting photosynthesis, water uptake, and cellular metabolism. One strategy to enhance plant tolerance to drought is seed priming using ascorbic acid (AsA), which functions as an important antioxidant in plant defense systems. This study aims to systematically review the role of AsA as a priming compound in improving plant physiological responses under drought stress. A systematic literature review was conducted following the PRISMA framework. Relevant articles were collected from Google Scholar, ScienceDirect, and MDPI databases using keywords related to drought stress, seed priming, and ascorbic acid. Selected studies were analyzed descriptively to identify patterns of plant responses. The results indicate that AsA priming enhances antioxidant enzyme activities, reduces reactive oxygen species accumulation, maintains membrane stability, and improves germination, photosynthesis, and early seedling growth across several crop species. In conclusion, AsA seed priming is an effective approach to improve plant tolerance to drought stress. Future studies are recommended to explore optimal concentrations and molecular mechanisms of AsA application in different crop species.

**Keywords:** Ascorbic acid, drought, plant, priming, oxidative stress.

### Pendahuluan

Air menjadi kebutuhan primer bagi tanaman karena berperan penting dalam fotosintesis, transportasi nutrisi, serta pemeliharaan tekanan turgor sel yang menentukan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Taiz *et al.*, 2015). Keterbatasan air akibat cekaman kekeringan yang semakin meningkat seiring perubahan iklim global menjadi salah satu faktor utama pembatas produksi tanaman. Kondisi ini mengganggu proses fisiologis tanaman melalui penurunan penyerapan nutrisi, berkurangnya tekanan turgor, serta hambatan fotosintesis yang membatasi pembelahan sel, dan akumulasi biomassa sehingga berdampak pada penurunan pertumbuhan dan hasil tanaman (Khamis *et al.*, 2025; Nyaupane, 2024).

Cekaman kekeringan menyebabkan penutupan stomata dan penurunan konduktansi

stomata yang membatasi difusi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) ke dalam jaringan daun sehingga menurunkan laju fotosintesis (Flexas *et al.*, 2014). Kondisi tersebut mendorong peningkatan produksi *reactive oxygen species* (ROS) yang memicu stres oksidatif dan menurunkan efisiensi fotosintesis (Hamim & Violita, 2017; Mittler, 2017). Akumulasi ROS dapat merusak membran lipid, protein, serta struktur seluler lainnya, sementara tanaman melakukan adaptasi melalui perubahan anatomi daun, seperti penebalan jaringan pelindung dan modifikasi jaringan mesofil, untuk mengurangi kehilangan air dan mempertahankan fungsi fisiologis selama kekeringan (Zagoto & Violita, 2019).

Peningkatan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan tidak hanya bergantung pada mekanisme adaptasi alami, tetapi juga dapat dilakukan melalui pendekatan agronomis, salah satunya teknik priming benih (*seed priming*). Priming merupakan perlakuan awal yang

mengaktifkan proses metabolik dan sistem pertahanan sebelum tanaman mengalami stres sehingga mampu meningkatkan kecepatan perkecambahan, vigor bibit, serta efisiensi penggunaan air melalui penguatan sistem antioksidan tanaman (Paparella *et al.*, 2022; Zulfiqar *et al.*, 2023). Salah satu senyawa yang banyak digunakan dalam teknik priming adalah asam askorbat (AsA), antioksidan non-enzimatik utama yang berperan dalam menetralkan ROS, menjaga stabilitas membran sel, serta mempertahankan efisiensi fotosintesis pada kondisi ketersediaan air terbatas (Srivastava, 2020; Ali *et al.*, 2021; Sharma *et al.*, 2024; Raut *et al.*, 2025).

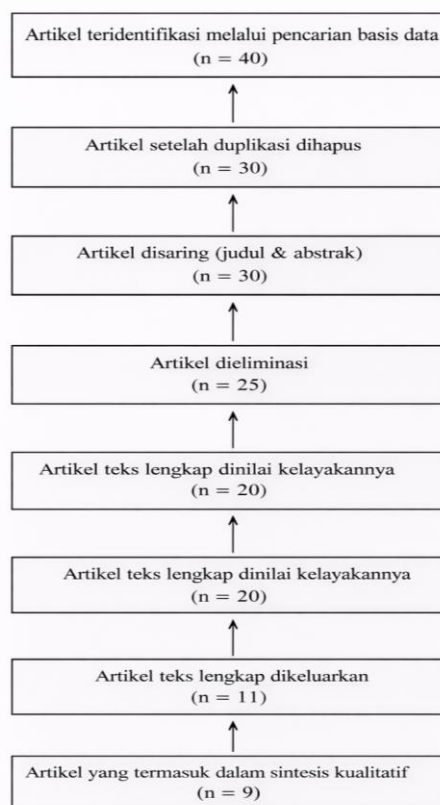
Berbagai penelitian melaporkan bahwa asam askorbat mampu meningkatkan aktivitas enzim antioksidan seperti superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), dan askorbat peroksidase (APX) sehingga menekan akumulasi ROS selama cekaman kekeringan (Zhang *et al.*, 2024). Selain itu, senyawa ini berperan dalam peningkatan akumulasi osmolit kompatibel, seperti prolin dan gula larut, yang menjaga keseimbangan osmotik dan stabilitas sel (Anjum *et al.*, 2021; Alam *et al.*, 2023). Meskipun manfaat fisiologis asam askorbat telah banyak dilaporkan (Al-Demrardash *et al.*, 2025; Khamis *et al.*, 2025), kajian review yang secara sistematis mengintegrasikan mekanisme fisiologis, respons antioksidan, serta efektivitas asam askorbat sebagai agen priming pada kondisi cekaman kekeringan masih terbatas dibandingkan review sejenis. Oleh karena itu, artikel review ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif peran asam askorbat sebagai senyawa priming dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan guna memperkuat dasar ilmiah pengembangan strategi mitigasi stres abiotik berbasis priming benih.

## Bahan dan Metode

Penelitian ini merupakan studi literatur (*literature review*) yang bertujuan mengkaji peran asam askorbat sebagai senyawa priming dalam respon fisiologis tanaman terhadap cekaman kekeringan. Pengumpulan literatur dilakukan melalui basis data ilmiah Google Scholar dan ScienceDirect dengan menggunakan kata kunci *plant stress*, *seed priming*, *abiotic stress*, *drought stress*, *ascorbic acid*, dan *rice*,

baik dalam bahasa Inggris maupun bahasa Indonesia.

Proses seleksi artikel dilakukan secara sistematis dengan mengadaptasi tahapan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) yang meliputi tahap identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi artikel. Literatur yang digunakan dibatasi pada publikasi ilmiah bereputasi dalam rentang tahun 2020–2025.



**Gambar 1.** Alur pengumpulan data

Kriteria inklusi meliputi: (1) penelitian menggunakan tanaman sebagai objek penelitian, (2) melibatkan perlakuan priming benih menggunakan asam askorbat, (3) mencantumkan konsentrasi perlakuan secara jelas, (4) menjelaskan jenis cekaman abiotik khususnya kekeringan, serta (5) melaporkan parameter fisiologis tanaman. Artikel yang tidak menyajikan data eksperimen yang jelas, menggunakan organisme non-tanaman, atau tidak relevan dengan topik toleransi cekaman abiotik dikeluarkan dari kajian.

Data yang diekstraksi dari setiap artikel

meliputi jenis tanaman, perlakuan priming, jenis cekaman abiotik, parameter fisiologis yang diamati, serta hasil utama penelitian. Data selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif dan disajikan dalam bentuk narasi serta tabel sintesis untuk mengidentifikasi pola respon fisiologis tanaman terhadap aplikasi asam askorbat dalam kondisi cekaman kekeringan.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa aplikasi priming asam askorbat memberikan berbagai respon fisiologis positif pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan. Respon tersebut meliputi peningkatan aktivitas sistem antioksidan, perbaikan status air jaringan, serta peningkatan pertumbuhan awal tanaman. Ringkasan hasil penelitian dari berbagai studi yang dianalisis disajikan pada Tabel 1 untuk menunjukkan pola respon fisiologis tanaman terhadap perlakuan priming asam askorbat.

## Gandum (*Triticum aestivum*)

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa aplikasi priming benih menggunakan asam askorbat pada tanaman gandum memberikan respon fisiologis yang positif terhadap cekaman kekeringan. Parameter fisiologis utama yang mengalami peningkatan meliputi *relative water content* (RWC), laju fotosintesis, dan biomassa tanaman. Peningkatan nilai parameter tersebut menunjukkan kemampuan tanaman dalam mempertahankan keseimbangan air jaringan pada kondisi defisit air.

Priming asam askorbat terbukti meningkatkan status air jaringan tanaman melalui peningkatan efisiensi penggunaan air dan regulasi bukaan stomata (Ur Rahman *et al.*, 2021). Kondisi ini memungkinkan proses difusi CO<sub>2</sub> tetap berlangsung sehingga aktivitas fotosintesis tidak mengalami penurunan drastis selama cekaman kekeringan. Asam askorbat berperan sebagai antioksidan non-enzimatik yang melindungi aparatus fotosintetik dari kerusakan akibat akumulasi ROS.

**Tabel 1.** Kajian literatur peran asam askorbat sebagai senyawa priming dalam respon fisiologis tanaman terhadap cekaman kekeringan

Tanaman	Perlakuan	Parameter yang Diamati	Hasil	Referensi
Gandum ( <i>Triticum aestivum</i> )	Priming AsA 1 mM	RWC, fotosintesis, biomassa	AsA meningkatkan efisiensi penggunaan air	(Ur Rahman <i>et al.</i> , 2021)
Tomat ( <i>Solanum lycopersicum</i> )	Priming AsA 1-5 mM	Germinasi, ROS, MDA	AsA mengoptimalkan perkecambahan dan menekan stres oksidatif	(Maaroufi-Dguimi <i>et al.</i> , 2023)
Padi ( <i>Oryza sativa</i> L.)	Priming AsA	Panjang akar, ROS, gen YUC	AsA meningkatkan pertumbuhan akar melalui regulasi auksin	(Zhang <i>et al.</i> , 2024)
Bayam ( <i>Spinacia oleracea</i> )	Priming AsA + microwave	Vigor, klorofil, biomassa	AsA meningkatkan toleransi stres	(Abubakar <i>et al.</i> , 2024)
Canola ( <i>Brassica napus</i> )	Priming AsA 0,5-1 mM	Germinasi, pertumbuhan awal	AsA meningkatkan kecepatan dan persentase perkecambahan	(Tasan <i>et al.</i> , 2024)
Oat ( <i>Avena sativa</i> )	Priming AsA	Viabilitas, ROS, MDA	AsA mempertahankan vigor benih dan stabilitas membran	(Mi <i>et al.</i> , 2025)
Kapas ( <i>Gossypium hirsutum</i> )	Priming AsA	Antioksidan, pertumbuhan bibit	AsA meningkatkan toleransi stres sejak fase awal perkecambahan	(Han, 2025)

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Zhang *et al.* (2024) dan Sharma *et al.* (2024) yang melaporkan bahwa peningkatan sistem antioksidan mampu mempertahankan integritas

kloroplas selama stres kekeringan. Namun demikian, efektivitas priming sangat dipengaruhi oleh konsentrasi perlakuan dan spesies tanaman. Implikasi dari temuan ini menunjukkan bahwa

priming asam askorbat berpotensi digunakan sebagai strategi agronomis untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air pada tanaman sereal di lingkungan kering.

### **Tomat (*Solanum lycopersicum*)**

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa priming benih menggunakan asam askorbat pada tanaman tomat mampu meningkatkan persentase dan kecepatan perkecambahan pada kondisi cekaman osmotik. Selain itu, terjadi penurunan akumulasi ROS dan kandungan malondialdehid (MDA) yang menjadi indikator kerusakan membran sel. Respon tersebut menunjukkan adanya peningkatan toleransi awal tanaman terhadap stres kekeringan.

Priming asam askorbat berfungsi melindungi jaringan embrio selama fase imbibisi melalui mekanisme detoksifikasi ROS sehingga metabolisme perkecambahan berlangsung lebih stabil (Maaroufi-Dguimi *et al.*, 2023). Penurunan MDA menunjukkan bahwa stabilitas membran sel tetap terjaga meskipun tanaman berada pada kondisi cekaman.

Temuan ini konsisten dengan laporan Alam *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa asam askorbat berperan dalam menjaga keseimbangan redoks sel tanaman. Perbedaan respon antar penelitian kemungkinan disebabkan oleh variasi durasi priming dan tingkat cekaman yang diberikan. Secara praktis, hasil ini mengindikasikan bahwa priming AsA efektif meningkatkan vigor awal tanaman hortikultura pada kondisi kekeringan.

### **Padi (*Oryza sativa* L.)**

Hasil sintesis menunjukkan bahwa priming asam askorbat meningkatkan panjang akar serta mengendalikan akumulasi ROS pada tanaman padi yang mengalami kekeringan. Selain itu, terjadi peningkatan ekspresi gen yang berkaitan dengan hormon auksin. Respon tersebut menunjukkan adanya peningkatan kemampuan adaptasi tanaman terhadap keterbatasan air.

Secara fisiologis, peningkatan pertumbuhan akar memungkinkan tanaman meningkatkan kapasitas eksplorasi air di dalam tanah (Zhang *et al.*, 2024). Regulasi hormon auksin berperan dalam pembentukan akar lateral yang mendukung efisiensi penyerapan air dan

nutrien. Temuan ini sejalan dengan konsep adaptasi morfologis tanaman terhadap kekeringan yang menekankan pentingnya perkembangan sistem perakaran. Implikasi hasil ini menunjukkan bahwa priming AsA mampu meningkatkan toleransi kekeringan melalui mekanisme fisiologis dan hormonal secara simultan.

### **Bayam (*Spinacia oleracea*)**

Kajian literatur menunjukkan bahwa kombinasi priming asam askorbat mampu meningkatkan vigor, kandungan klorofil, dan biomassa tanaman bayam pada kondisi kekeringan. Parameter tersebut menunjukkan peningkatan efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif tanaman. Peningkatan klorofil menjadi indikator penting keberlangsungan aktivitas metabolik tanaman. Asam askorbat berperan melindungi struktur kloroplas dari degradasi akibat stres oksidatif sehingga efisiensi fotosintesis tetap terjaga (Abubakar *et al.*, 2024). Aktivasi metabolisme benih yang lebih cepat juga meningkatkan pertumbuhan awal tanaman. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan priming tidak hanya berfungsi sebagai perlindungan seluler tetapi juga meningkatkan performa pertumbuhan tanaman. Implikasinya, priming AsA dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas tanaman daun pada kondisi cekaman air.

### **Canola (*Brassica napus*)**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa priming asam askorbat meningkatkan persentase perkecambahan dan pertumbuhan awal tanaman canola pada kondisi cekaman osmotik. Tanaman menunjukkan perkembangan kecambah yang lebih cepat dibandingkan kontrol. Hal ini menunjukkan peningkatan toleransi pada fase awal pertumbuhan. Asam askorbat membantu menjaga keseimbangan osmotik sel selama proses imbibisi sehingga tekanan osmotik tidak menghambat pembelahan sel (Tasan *et al.*, 2024). Stabilitas sel yang terjaga memungkinkan pertumbuhan kecambah berlangsung optimal. Hasil tersebut memperkuat teori bahwa keberhasilan fase awal pertumbuhan menentukan ketahanan tanaman pada fase selanjutnya. Secara aplikatif, priming AsA berpotensi meningkatkan keberhasilan establishment tanaman minyak pada kondisi kering.

### Oat (*Avena sativa*)

Kajian literatur menunjukkan bahwa priming asam askorbat meningkatkan viabilitas benih serta menurunkan akumulasi ROS dan MDA pada tanaman oat. Stabilitas membran sel tetap terjaga selama kondisi kekeringan. Respon ini menunjukkan peningkatan toleransi fisiologis benih terhadap stres lingkungan. Peran utama asam askorbat berkaitan dengan perlindungan lipid membran dari peroksidasi oksidatif (Mi *et al.*, 2025). Integritas membran yang baik mendukung proses perkecambahan normal. Temuan ini mendukung laporan penelitian terbaru mengenai peran antioksidan dalam menjaga kualitas benih selama stres abiotik. Implikasinya, priming AsA dapat digunakan untuk mempertahankan kualitas fisiologis benih sereal.

### Kapas (*Gossypium hirsutum*)

Hasil kajian menunjukkan bahwa priming asam askorbat meningkatkan aktivitas antioksidan dan pertumbuhan bibit kapas pada fase awal perkecambahan. Tanaman menunjukkan toleransi stres yang lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan. Respon tersebut menunjukkan aktivasi sistem pertahanan sejak tahap awal pertumbuhan. Asam askorbat menekan stres oksidatif melalui peningkatan aktivitas enzim antioksidan (Han, 2025). Mekanisme ini mendukung pertumbuhan bibit yang lebih stabil pada kondisi lingkungan tidak optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa keberhasilan adaptasi tanaman terhadap kekeringan dimulai sejak fase perkecambahan. Implikasi praktisnya adalah penggunaan priming AsA dapat meningkatkan keberhasilan pertumbuhan awal tanaman serat di daerah kering.

### Kedelai (*Glycine max* L.)

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa priming asam askorbat mampu menekan peroksidasi lipid pada jaringan akar kedelai di bawah cekaman kekeringan. Perlindungan jaringan akar memungkinkan fungsi penyerapan air tetap berlangsung optimal. Kondisi ini mendukung keberlangsungan pertumbuhan tanaman selama stres. Asam askorbat berperan menjaga integritas anatomi akar melalui pengendalian akumulasi ROS (Rosawanti *et al.*, 2015). Stabilitas struktur akar meningkatkan

efisiensi penyerapan air dan nutrisi pada kondisi terbatas air. Hasil ini sejalan dengan penelitian Violita dan Hamim (2010) yang menunjukkan pentingnya sistem pertahanan antioksidan dalam adaptasi kedelai terhadap kekeringan. Implikasi penelitian ini menegaskan bahwa priming AsA berpotensi meningkatkan ketahanan fisiologis tanaman legum terhadap cekaman kekeringan.

### Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan artikel ini.

### Kesimpulan

Priming benih dengan asam askorbat (AsA) terbukti efektif meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dengan cara memperkuat sistem antioksidan, menekan akumulasi ROS, menjaga stabilitas membran sel, serta mempertahankan status air jaringan dan efisiensi fotosintesis. Selain itu, AsA mendukung pertumbuhan awal, khususnya perkembangan akar dan regulasi hormon, sehingga tanaman mampu bertahan lebih baik pada kondisi ketersediaan air terbatas. Efek positif AsA konsisten ditemukan pada berbagai spesies tanaman, baik sereal maupun hortikultura, menunjukkan bahwa priming benih dengan AsA merupakan strategi praktis untuk mitigasi stres kekeringan dan perbaikan performa fisiologis tanaman.

### Referensi

- Abubakar, M. A., Yusuf, M., Lawal, A. A., & Sadiq, I. S. (2024). Synergistic effects of ascorbic acid and microwave seed priming on growth, chlorophyll content, and stress tolerance of spinach (*Spinacia oleracea*) under drought conditions. *Journal of Plant Stress Physiology*, 15(2), 101–110.
- Alam, M. M., Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2023). Exogenous ascorbic acid enhances drought tolerance by regulating antioxidant defense and osmolyte accumulation in plants. *Plant Stress*, 7, 100147.

- <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100147>
- Ali, S., Rizwan, M., Hussain, A., Rehman, M. Z. U., Ali, B., Yousaf, B., & Ahmad, P. (2021). Ascorbic acid mitigates drought stress in plants: Physiological and molecular insights. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(3), 1385–1400. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10158-9>
- Al-Demrdash, F. M., El-Sabagh, A., Hossain, A., & Barutçular, C. (2025). Role of antioxidants in improving plant tolerance to drought stress. *Agronomy*, 15(1), 112. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010112>
- Anjum, S. A., Tanveer, M., Ashraf, U., Hussain, S., Shahzad, B., Khan, I., & Wang, L. (2021). Osmoregulation and antioxidant production in plants under drought stress. *Plants*, 10(2), 246. <https://doi.org/10.3390/plants10020246>
- Flexas, J., Diaz-Espejo, A., Gago, J., Gallé, A., Galmés, J., Gulías, J., & Medrano, H. (2014). Photosynthetic limitations in Mediterranean plants under drought stress. *Plant, Cell & Environment*, 37(6), 1274–1287. <https://doi.org/10.1111/pce.12241>
- Violita, V., & Hamim, H. (2010). Sistem pertahanan tanaman kedelai yang mendapat perlakuan cekaman kekeringan. *Eksakta*, 2.
- Hamim, H., Violita, V., Triadiati, T., & Miftahudin, M. (2017). Oxidative stress and photosynthesis reduction of cultivated (*Glycine max* L.) and wild soybean (*G. tomentella* L.) exposed to drought and paraquat. *Asian Journal of Plant Sciences*, 16(2), 65–77. <https://doi.org/10.3923/ajps.2017.65.77>
- Han, Y. (2025). Seed priming with ascorbic acid enhances antioxidant defense and early seedling tolerance of cotton (*Gossypium hirsutum*) under abiotic stress. *Plant Stress*, 7, 100145. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100145>
- Khamis, M. H., Hassan, F. A., & Seleiman, M. F. (2025). Drought stress effects on crop productivity and mitigation strategies. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1298743. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1298743>
- Khazaee, H. R., Estaji, A., & Niknam, V. (2019). Effect of seed priming with ascorbic acid on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation of pepper (*Capsicum annuum*) seedlings under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 246, 395–401. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.025>
- Maaroufi-Dguimi, H., Ben Abdallah, F., & Bouaziz, M. (2023). Ascorbic acid seed priming improves germination and reduces oxidative stress in tomato (*Solanum lycopersicum*) under osmotic stress. *South African Journal of Botany*, 156, 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.01.014>
- Mi, J., Liu, H., Zhang, Y., & Wang, Q. (2025). Seed priming with ascorbic acid improves seed viability and membrane stability of oat (*Avena sativa*) under drought stress. *Seed Science and Technology*, 53(1), 45–56.
- Mittler, R. (2017). ROS are good. *Trends in Plant Science*, 22(1), 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.08.002>
- Nyaupane, D. (2024). Plant growth and productivity under water deficit conditions. *Plant Physiology Reports*, 29(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s40502-023-00729-6>
- Paparella, S., Araujo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2022). Seed priming: State of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 41(5), 993–1011. <https://doi.org/10.1007/s00299-021-02796-5>
- Raut, V. V., Bapat, V. A., & Yadav, S. R. (2025). Ascorbic acid-mediated stress tolerance in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 208, 108560. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108560>
- Rosawanti, P., Ghulamahdi, M., & Khumaida, N. (2015). *Respon anatomi dan fisiologi akar kedelai terhadap cekaman kekeringan*. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 43(3), 186–192. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i3.11243>
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2024). Ascorbate

- metabolism and drought stress tolerance in plants. *Physiologia Plantarum*, 176(2), e14015. <https://doi.org/10.1111/ppl.14015>
- Srivastava, A. K. (2020). Ascorbic acid: An essential plant antioxidant. *Biologia Plantarum*, 64(1), 1–11. <https://doi.org/10.32615/bp.2020.001>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Tasan, S., Kaya, C., & Ashraf, M. (2024). Ascorbic acid seed priming enhances germination and early seedling growth of canola (*Brassica napus*) under osmotic stress. *Journal of Plant Nutrition*, 47(4), 512–523. <https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2278901>
- Ur Rahman, M., Gul, S., Ahmad, I., & Khan, A. (2021). Seed priming with ascorbic acid improves water relations, photosynthesis, and biomass production of wheat (*Triticum aestivum*) under drought stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27(5), 1021–1031. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-00980-3>
- Zagoto, A. D. P., & Violita, V. (2019). Leaf anatomical modification in rice drought. *Eksakta*, 20(2), 42–52. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol20-iss2/176>
- Zhang, L., Chen, Y., Wang, M., & Li, Z. (2024). Ascorbic acid seed priming enhances root growth and auxin-related gene expression in rice (*Oryza sativa* L.) under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 201, 107921. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107921>
- Zhang, Y., Liu, X., Li, Y., & Wang, J. (2024). Ascorbic acid regulates antioxidant enzymes under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 203, 108201. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108201>
- Zulfiqar, F., Ashraf, M., & Siddique, K. H. M. (2023). Seed priming improves drought tolerance in crops. *Agronomy*, 13(2), 486. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020486>